

größeren Scheitelhöhendifferenzen – ein Herabsetzen der Fahrgeschwindigkeit auf 1 bis 1,2 m/s, um ein Ansteigen des Anteils zu hoch geköpfter Rüben zu vermeiden (mit allen Konsequenzen für den Maschinenbesatz).

Entscheidenden Einfluß auf die Köpfqualität hat die gegenwärtige Leitstabgeometrie:

- zu tiefes Köpfen – bei richtiger Köpfdickenvoreinstellung – erfolgt nur bei entsprechend großen Rübenfreiabständen mit nachfolgend hoher Rube
- hoher Anteil zu flach geköpfter Rüben entspricht der Häufigkeit kleiner Rübenfreiabstände, die bei Verwendung von Leitstäben ein Absinken der Köpfeinheit um die gegebene Scheitelhöhendifferenz im geforderten Toleranzbereich nicht zulassen.

5. Zusammenfassung

Fehlköpfungen beim Einsatz der untersuchten Köpfeinrichtungen ergeben sich vorrangig aus den Einsatzgrenzen der verwendeten mechanischen Wirkprinzipie in ungleichmäßigen Beständen, vor allem aus der gegenwärtigen Leitstabgeometrie. Bei beiden Köpfeinrichtungen kann ihr Anteil durch sorgfältige Wahl der Betriebsparameter auf ein der Konstruktion und der Variabilität der Bestandsbedingungen entsprechendes Minimum reduziert werden. Die geforderte Ertragssteigerung bei Zuckerrüben durch größere Bestandsdichte bei gleichzeitiger Erhöhung der Köpfqualität ist jedoch nur durch eine durchgreifende Verbesserung der Bestandsgleichmäßigkeit oder durch Verwendung neuer Wirkprinzipie zu erzielen.

Literatur

- [1] Olbrich, A.: Beitrag zur Maschineneinstellung am Beispiel der Köpfeinrichtungen der Zuckerrübenköpflader 6-ORCS/SC1-03 und SC1-04. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion, Dissertation 1986.
- [2] Olbrich, A.: Getriebetechnische Analyse eines Viergelenk-Koppelgetriebes am Beispiel der Köpfeinrichtungen der Zuckerrübenköpflader 6-ORCS/SC1-03 und SC1-04. Wissenschaftliche Beiträge der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, 6 (1987) 4.
- [3] Olbrich, A.: Versuchsprotokolle und Analyseergebnisse aus Kennwertuntersuchungen in Zuckerrübenbeständen der DDR in den Jahren 1981–1984. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion.
- [4] Karwowski, T.: Hackfrüchternemaschinen. Lehrbuch der Reihe Landmaschinentechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1974. A 5040

Reinigungsintensitätsregelung an Zuckerrübenerntemaschinen

Dipl.-Agr.-Ing. S. Hofmann/Dipl.-Ing. S. Lungwitz, KDT/Dr.-Ing. C. Leitholdt, KDT
Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Bodenbearbeitungsgeräte „Karl Marx“ Leipzig

1. Problemstellung

Die Entwicklung der Zuckerrübenproduktion in der DDR ist gegenwärtig u. a. durch die Orientierung auf handarbeitsarme Verfahren bei Gewährleistung optimaler Wachstumsbedingungen sowie eine verlustarme Ernte bei geringsten Beschädigungen gekennzeichnet. Die in der Praxis ermittelten Qualitätsparameter z. B. für Rübenverluste, Beschädigungen und Beimengungsanteile sind besonders unter schweren Erntebedingungen unbefriedigend. Als neue agrotechnische Forderungen (ATF) der Landwirtschaft sind für Rübenverluste $\leq 3\%$, Beimengungen $\leq 8\%$ und starke Beschädigungen $\leq 8\%$ vorgesehen. Eine Realisierung dieser Forderungen muß im Komplex betrachtet werden. So haben neben den Maßnahmen der Züchtung geeigneten Saatgutes landwirtschaftliche und agrotechnische Maßnahmen, die entsprechende Erntetechnologie sowie besonders die Entwicklung der Erntetechnik mit Automatisierungseinrichtungen wesentlichen Einfluß. Mit Hilfe einer Reinigungsintensitätsregelung können der Besatz sowie die Beschädigungsanteile der Zuckerrüben erheblich reduziert werden, woraus eine Senkung der Verluste resultiert. Durch Senkung des Besatzes kommt es zur Entlastung der Transportkapazität und damit zur Energieeinsparung im landwirtschaftlichen Verfahren selbst. Weiterhin verbessert sich die Verfügbarkeit der Erntemaschine, da eine Überlastung und Verstopfung der Förderbaugruppe unterbunden wird. Damit vergrößert sich gleichzeitig die Flächenleistung der Erntemaschine. Aufgrund des hohen Beimengungsanteils muß in den Zuckerfabriken bzw. am Einlagerungsort gegenwärtig noch ein großer Teil der angelieferten Rüben mit hohem energetischen Aufwand gesäubert und der anfallende Besatz abtransportiert werden, der der Landwirtschaft überwiegend verlorengeht. Entsprechend den o. g. Forderungen bestand die Aufgabe, eine Beeinflussung der Rübenreinigungsorgane unabhängig von der Arbeitsgeschwindigkeit durch automatisches Einstellen ihrer Reinigungsintensität in Abhängigkeit von der Rübenverschmutzung

vorzunehmen. Dabei sind die zulässigen Beschädigungen entsprechend den ATF einzuhalten. Bei Ausschöpfung des Regelbereichs ist weiterhin eine notwendige Veränderung der Fahrgeschwindigkeit der Erntemaschine dem Mechanisator zu signalisieren. Grundlage der durchzuführenden Untersuchungen waren folgende technische Parameter einer sechsreihigen Rübenerntemaschine:

- Arbeitsgeschwindigkeit 3 bis 9 km/h
- Geschwindigkeit der Fördereinrichtung 1,2 m/s
- Durchsatz bis maximal 45 kg/s.

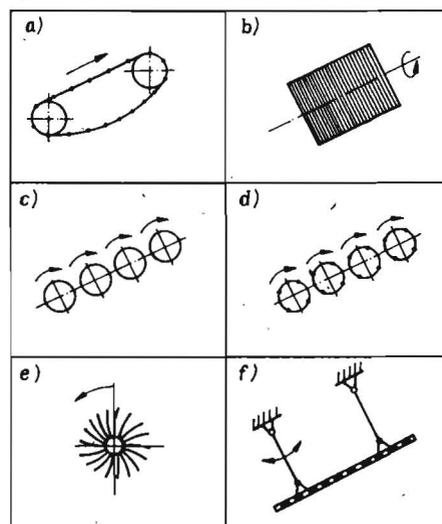
2. Analyse bekannter Reinigungsorgane

Untersuchungen in [1] zu Einflußgrößen auf die Reinigung der Rüben von Beimengungen ergaben, daß die Bodenart, der Bodenzustand zum Zeitpunkt der Ernte, die Art der Rodewerkzeuge, die Arbeitstiefe sowie die Arbeitsgeschwindigkeit, besonders aber die Reinigungsorgane, Einfluß haben. Von den im Bild 1 dargestellten Reinigungs-

organen wird die *Siebketten* am häufigsten verwendet. Das resultiert aus ihrer relativen Unempfindlichkeit gegen Steine und Verstopfungen, der guten Absiebbarkeit sowie aus der Einsetzbarkeit unter verschiedenen Erntebedingungen. Um die Beschädigungen der Zuckerrüben zu reduzieren, können die Siebstäbe mit Gummi oder Plast ummantelt werden. Die *Siebtrommel* hat häufig die Form eines Zylinders. Ihre Mantelfläche besteht aus axialen und/oder radialen Siebstäben. Auf feuchten, lehmigen und tonigen Böden ist sie weniger geeignet, da es zur „Kloßbildung“ kommen kann. Die Siebtrommel neigt leicht zum Verstopfen durch Krautreste. *Siebwalzen* können längs und quer zur Drehrichtung fördern. Auf adhäsiven Böden kann eine Minderung der Teilchengröße erzielt werden. Wegen ihres begrenzten freien Siebdurchgangs haben die Siebwalzen eine geringe Siebwirkung und kommen deshalb oft als zweite Reinigungseinrichtung in Zuckerrübenerntemaschinen zum Einsatz. Sind jedoch Wendeln auf den Siebwalzen aufgebracht, erfolgen eine intensivere Abscheidung von Hafterde und ein teilweises Abschlagen von Krautresten. Bei zu hohen Wendeln und geringem Erddolster kann es jedoch zu Beschädigungen der Rüben und damit zu Verlusten kommen. Das *Siebrad* scheidet unter mittleren bis leichten Bedingungen die Beimengungen gut ab. Die in den derzeitigen Maschinen eingesetzten Siebräder lassen sich meist in der Drehzahl stufen einstellen, so daß eine Anpassung an den Durchsatz bzw. Beimengungsanteil erfolgen kann. An den Leitstäben des Siebrades können bei zu hoher Umfangsgeschwindigkeit die Wurzelspitzen abbrechen. Mit dem *Schwingsieb* kann eine hohe Absiebbarkeit erzielt werden. Der Antrieb ist allerdings konstruktiv aufwendig. Oft sind die Schwingsiebe mit den Rodeorganen direkt verbunden. Gegenwärtig werden sie kaum verwendet.

Entsprechend der Aufgabenstellung erscheint das Siebrad am geeignetsten für eine Beeinflussung der Intensität der Reinigung.

Bild 1. Reinigungsorgane für Rübenerntemaschinen;
a Siebkette, b Siebtrommel, c Siebwalzen,
d Schneckenwalzen, e Siebrad,
f Schwingsieb



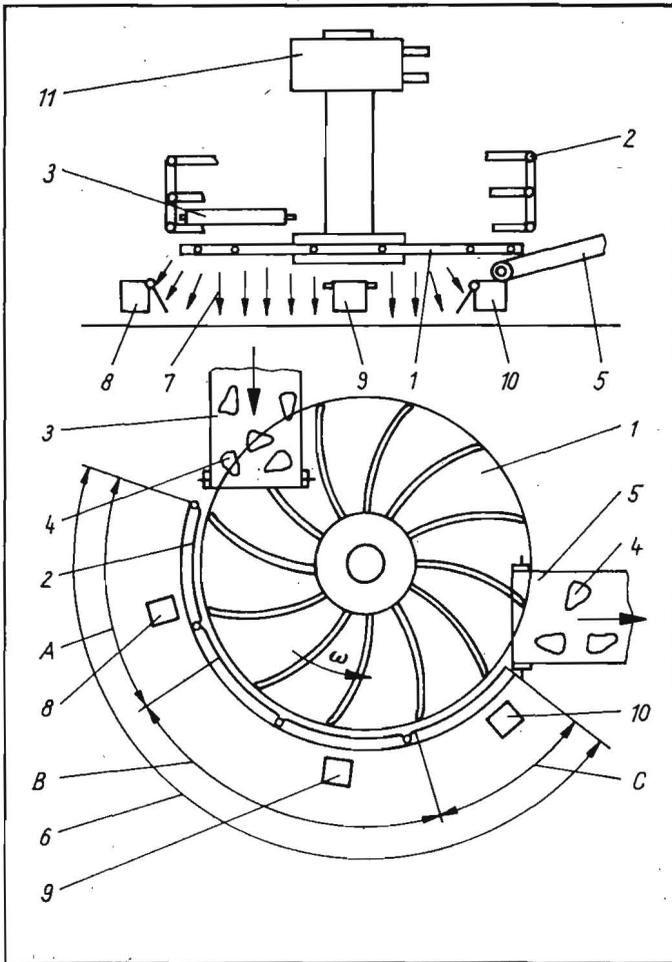
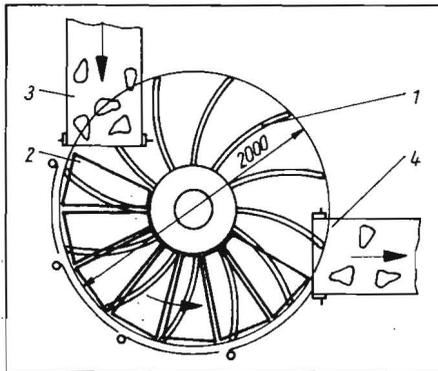


Bild 2
Vorderansicht und
Draufsicht der Ver-
suchseinrichtung;
1 Siebrad, 2 Leitrost, 3
Zuführband, 4 Rüben-
Erde-Gemenge, 5 Ab-
fuhrband, 6 Umfang
des Siebrades, 7 Sieb-
durchgang, 8, 9, 10
Meßwertgeber, 11
elektromagnetische
Stelleinheit

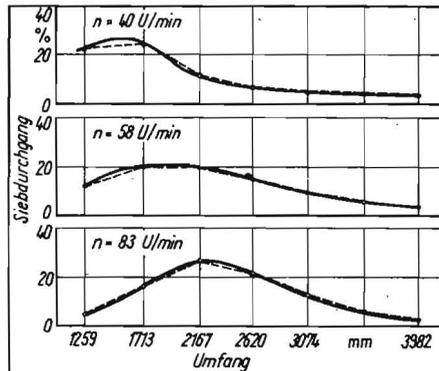
- A Bereich I:
45° bis 150°
B Bereich II:
150° bis 240°
C Bereich III:
240° bis 300°

Bild 3
Anordnung der
Meßbehälter;
1 Siebrad, 2 Meß-
behälter, 3 Zuführband,
4 Abfuhrband

Bild 4
Siebdurchgang (Mas-
senanteil) in Abhän-
gigkeit vom Umfang
des Siebrades bei un-
terschiedlichen Dreh-
zahlen;
— Mittelwert-
kurve
- - - - - approximier-
ter Kurventeil



3



4

3. Theoretische Voruntersuchungen zum Aufbau der Reinigungsintensitätsregelung

Aus den in [1] beschriebenen Möglichkeiten zur Regelung des Prozesses wurde die Erfassung des Siebdurchgangs unterhalb der Reinigungseinrichtung zur Grundlage der weiteren Betrachtungen.

Für den zu automatisierenden Prozeß wurden als Regelstrecke das Siebrad, als Stellgröße die erfaßte Änderung des Siebdurchgangs an verschiedenen Stellen der Regelstrecke und als Stellantrieb eine elektromechanische Stelleinheit festgelegt. Danach bestand die Aufgabe, für die Messung des Siebdurchgangs an verschiedenen Stellen der Regelstrecke eine geeignete Meßgröße zu definieren.

Die in [1] analysierten Meßgrößen wurden hinsichtlich folgender Bewertungskriterien beurteilt:

- nach der Definition
- nach der Messung des Erdanteils

- nach dem Zusammenhang Meßgröße - Stellgröße
 - nach Grenzwerten
 - nach dem Auftreten nicht definierter Zustände
 - nach Beeinflussungen der Meßgröße.
- Folgende Meßgrößen und physikalische Effekte wurden analysiert:
- physikalische Meßgrößen zur Bestimmung von Masse, Impuls und Reaktionsmomenten
 - Mikrowellen
 - physikalische Effekte (Gammastrahlung, Röntgenstrahlung).

Im Ergebnis dieser Analysen wurde der Impuls über den Drehwinkel der abgeschleuderten Erdteilchen als Meßgröße zur Erfassung des Siebdurchgangs an der Regelstrecke (Siebrad) definiert. Er beruht auf der elektronischen Auswertung der Aufteilung des abgeschleuderten Siebdurchgangs am Siebrad. Dies bedeutet, daß die erfaßte Änderung des Siebdurchgangs an verschiede-

nen Stellen der Reinigungsstrecke zur Realisierung der Reinigungsintensitätsregelung dient.

Aufgestellt wurde die Hypothese, daß die Verteilung des Siebdurchgangs über den Drehwinkel des Siebrades eine Funktion des Erdanteils der Rüben ist. Nachfolgend sollte diese Hypothese durch praktische Versuche bewiesen werden.

4. Versuchsdurchführung

Im Ergebnis der theoretischen Untersuchungen war folglich anzunehmen, daß ein Ansteigen des Erdanteils im Rüben-Erdebeimengungen-Gemenge zu einem notwendig erhöhten Anteil abzusiebender Erde durch das Siebrad und zur Veränderung der Siebdurchgangswerte über den Drehwinkel des Siebrades führt. Diese Annahme war durch die praktische Versuchsdurchführung zu beweisen.

Der schematische Aufbau des Prüfstands wird aus Bild 2 ersichtlich. Über das Zuführband 3 gelangte das Rüben-Erde-Gemenge 4 mit einem definierten Durchsatz (19 kg/s und 45 kg/s) auf das Siebrad 1. Der Durchmesser des Siebrades betrug 2000 mm. Die Versuche wurden jeweils mit einer Siebraddrehzahl von 40 U/min, 58 U/min und 83 U/min durchgeführt.

Auf dem Siebrad kam es durch bekannte Wirkprinzipie zur Abscheidung des Erdanteils 7 (Siebdurchgang). Dieser abgeschleuderte Siebdurchgang wurde an definierten Stellen des Siebrades angebrachten Meßwertgeber 8, 9 und 10 erfaßt und elektronisch ausgewertet. Parallel dazu wurde der gesamte Siebdurchgang mit 7 Meßbehältern (Bild 3), die unterhalb des Siebrades angeordnet waren, ermittelt. Dabei wurden alle Meßbehälter nach jeder Messung einzeln gewogen und der prozentuale Anteil an der Gesamtsumme für jeden Behälter errechnet. Daran schlossen sich, ausgehend von der Tatsache, daß je Meßvariante 3 Wiederholungen durchgeführt wurden, eine Mittelwertbildung sowie eine Bestimmung des prozentualen Anteils für jeden einzelnen Meßbehälter an.

Im Ergebnis von Prüfstanduntersuchungen konnte festgestellt werden, daß ein Ansteigen des Erdanteils im Rüben-Erde-Gemenge zu einem notwendig erhöhten Anteil abzusiebender Erde durch das Siebrad und zur Veränderung der Siebdurchgangswerte über den Drehwinkel des Siebrades führte. Aus den im Bild 4 dargestellten Zusammenhängen ist ersichtlich, wie sich die Siebdurchgangswerte in Abhängigkeit vom Umfang des Siebrades bei verschiedenen Drehzahlen ändern. Diese Erkenntnisse sind jedoch kein Maß für die Reinigungsintensität, die durch die Menge der abgeschleuderten Erde je Zeiteinheit gekennzeichnet ist. Bezogen auf die Darstellungen im Bild 4, wurde durch die Berechnung der drei Flächen unter den drei Mittelwertkurven bewiesen, daß sich die Reinigungsintensität R_i wie folgt verändert:

$$R_{i \max} (\text{bei } 83 \text{ U/min}) > R_i (\text{bei } 58 \text{ U/min}) > R_{i \min} (\text{bei } 40 \text{ U/min}).$$

Daraus wird erkennbar, daß die Reinigungsintensität mit zunehmender Drehzahl ansteigt. In Auswertung dieser Ergebnisse wurde ein Algorithmus erarbeitet, mit dessen Hilfe eine Reinigungsintensitätsregelung über einen Mikrorechner möglich ist.

5. Möglichkeiten zur weiteren Verwendung der Ergebnisse

Der angegebene Lösungsweg für eine Regelung der Reinigungsintensität in der Zuckerrübenerntetechnik [2] kann auch für andere Reinigungsrichtungen (z. B. Futterrübenerntemaschinen, Schwadlader, Mietenlader, Reinigungsanlagen in Zuckerfabriken, Kartoffelerntetechnik) bzw. andere Fruchtarten angewendet werden, wobei folgende Voraussetzungen zu erfüllen sind:

- Siebdurchgang muß den o. g. Forderungen entsprechen
- abgesiebte Teilchen müssen an den Stellen, wo sie abgesiebt werden, das Reinigungsorgan verlassen
- Reinigungsorgane müssen in ihrer Intensität verstellbar sein.

6. Zusammenfassung

Das beschriebene neue Wirkprinzip einer Reinigungsintensitätsregelung für Zuckerrübenerntemaschinen stellt eine Möglichkeit

dar, die Verluste und Beschädigungen der Zuckerrüben während ihrer maschinellen Ernte zu senken.

Ausgehend von den o. g. technischen Parametern einer Zuckerrübenerntemaschine wurde ein Optimum zwischen Beschädigungs- und Reinigungsintensität in Abhängigkeit von den ATF und verschiedenen Beeinflussungsfaktoren gesucht. Im Ergebnis wurde für die vorgestellte Reinigungsintensitätsregelung die erfaßte Änderung des Siebdurchgangs an verschiedenen Stellen der Regelstrecke (Siebrad) als Stellgröße definiert. Danach wurde die Beschleunigung bzw. Impulskraft der Erdteilchen durch die Umfangsgeschwindigkeit des Siebrades unter den gegebenen Bedingungen als günstigste Meßgröße herausgearbeitet. Der hypothetische funktionelle Zusammenhang zwischen der Verteilung des Siebdurchgangs über den Drehwinkel des Siebrades und des Erdanteils im Zuckerrüben-Erde-Gemenge wurde in umfangreichen Prüfstandunter-

suchungen nachgewiesen. Damit stand fest, daß ein Ansteigen des Erdanteils im Rüben-Erde-Gemenge zu einem notwendig erhöhten Anteil abzuschleuderter Erde durch das Siebrad und zur Veränderung der Siebdurchgangswerte über den Drehwinkel führt. In Auswertung der Prüfstandergebnisse wurde ein Algorithmus aufgestellt, mit dem eine Reinigungsintensitätsregelung durch einen Mikrorechner möglich ist.

Literatur

- [1] Hofmann, S.: Analyse des Prozesses der Erdscheidung in der Zuckerrübenerntetechnik hinsichtlich der Reinigungsintensitätsregelung; Versuch der Definition einer Meßgröße zur Regelung der Reinigungsintensität durch Messung des Siebdurchgangs an verschiedenen Stellen der Regelstrecke. VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig, Studie 1982.
- [2] Hofmann, S.; Lungwitz, S.; Kretschmar, H.: Reinigungsvorrichtung für Rübenerntemaschinen. Patentschrift DD 209 946 1. Ausgabetag: 30. Mai 1984. A 5020

DK-Einsparungen in der Welksilageproduktion

Dr. agr. F. Hertwig, KDT/Dr. agr. M. Fechner
Institut für Futterproduktion Paulinenaue der AdL der DDR

1. Einleitung

In der DDR werden jährlich rd. 3800 kt Trockensubstanz schwer vergärbare Gräser und Gras-Leguminosen-Gemische als Welkgut siliert. Dabei sind zur Produktion einer Tonne Trockensubstanz Welksilage durchschnittlich etwa 2,5 AKh und 15 l DK erforderlich. Auch in der Welksilageproduktion kommt es darauf an, den spezifischen Aufwand an DK sowie an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit weiter zu senken. Tafel 1 gibt einen Überblick über diese Aufwendungen bei der Welksilierung und weist über die Größe des relativen Anteils der einzelnen Arbeitsgänge am Gesamtaufwand darauf hin, in welchen Verfahrensabschnitten die größten Möglichkeiten für Aufwandsminderungen bestehen.

2. Einflußfaktoren auf den DK-Verbrauch und Möglichkeiten zur Aufwandsenkung

Der DK-Verbrauch in der Welksilageproduktion wird von einer Vielzahl von natürlichen, technisch-technologischen, organisatorischen und subjektiven Faktoren beeinflusst (Bild 1).

Nachfolgend sollen einige dieser Faktoren

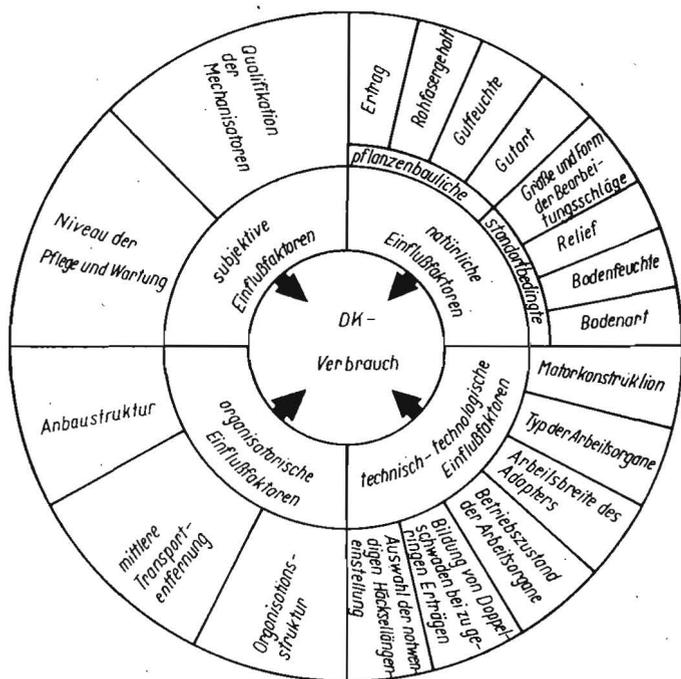
näher betrachtet und in ihrer Wirkung auf die Aufwandsenkung an DK quantifiziert werden. Die vorgestellten Ergebnisse sind im praktischen Einsatz der einzelnen landtechnischen Arbeitsmittel gemessen worden, die ausgewiesenen Aufwandsminderungen im Verfahren sind Kalkulationsergebnisse.

2.1. Arbeitsbreite der Schneidwerke bei Schwadmäh

Die Entwicklung der Leistungen und Aufwendungen beim Schwadmähen in der Gesamtarbeitszeit T_{08} beim Einsatz unterschiedlicher Erntemaschinen ist in Tafel 2 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß bereits Ende der 70er Jahre durch die Weiterentwicklung des

Schwadmähers E 301 (Grundmaschine E 305, Motor D-50 mit einer Leistung von 37,5 kW) zum Schwadmäher E 302 (Grundmaschine E 307, Motor D-242 mit einer Leistung von 45 kW) bei gleichbleibender konstruktiver Arbeitsbreite und Funktionsweise des Schneidwerks E 023 (Breite 4,20 m) ein Leistungszuwachs von rd. 20%, der auch entsprechende Aufwandsenkungen zur Folge hatte, erreicht wurde. Ausgehend vom Schwadmäher E 302/E 023 erfolgte zu Beginn der 80er Jahre die Entwicklung zum Schwadmäher E 303, der aus der nur geringfügig veränderten Grundmaschine E 307 und dem Schneidwerk E 025 besteht, das eine konstruktive Arbeitsbreite von 5,10 m hat. Im

Bild 1
Wesentliche Einflußfaktoren auf den DK-Verbrauch im Verfahren der Welkgutsilierung



Tafel 1. Bedarf an lebendiger Arbeit und DK in der Welkguternte und -einlagerung (Schwadmäher E 302, Arbeitsbreite 4,20 m, Feldhäcksler E 281, Transporteinheit ZT 300 + 2HW 80, Transportentfernung 4 km, Ertrag 200 dt/ha Grünmasse $\hat{=}$ 36 dt/ha Trockensubstanz)

Arbeitsgang	lebendige Arbeit		DK	
	AKh/ha	%	l/ha	%
Mahd	0,70	12,0	3,7	9,5
Bearbeitung	0,65	11,1	2,4	6,1
Häckselladen	0,75	12,9	10,1	25,8
Transport	2,40	41,0	16,2	41,4
Einlagern	0,50	8,5	3,7	9,5
Verdichten	0,45	7,7	2,5	6,4
Zudecken	0,40	6,8	0,5	1,3
gesamt	5,85	100,0	39,1	100,0