

# Die Organisation leistungsfähiger Ernteketten für Anwelksilage und Silomais

Dr. H. Schön und Dipl. Ing. agr. H. Auernhammer, Weihenstephan 1)

## 1. Einleitung

Die maschinentechnische Entwicklung hat in vielen landwirtschaftlichen Produktionszweigen einen gewissen Abschluß erreicht. So auch bei den Geräten für die Silofutterernte. Die Aufgabe des Landtechnikers verschiebt sich deshalb zunehmend von der maschinentechnischen Beratung hin zur Lösung komplexer arbeitswirtschaftlicher und verfahrenstechnischer Probleme. Viele alte Streitfragen, so die Frage Lang- oder Kurzgut bzw. Hoch- oder Flachsilo, verlieren dabei an Bedeutung und müssen einer differenzierten Betrachtungsweise und Zuordnung Platz machen. Diese Entscheidung kann nur einzelbetrieblich erfolgen, wobei folgendes Vorgehen zu empfehlen ist:

1. Ermittlung der erforderlichen Schlagkraft.
2. Ermittlung differenzierter, möglichst betriebsspezifischer Planzeitwerte.
3. Erstellung von Verfahrensmodellen und Berechnung des jeweiligen Arbeits-, Leistungs- und Kapitalbedarfes.

Aufgabe dieses Referates kann es lediglich sein, anhand ausgewählter Beispiele dieses Vorgehen exemplarisch darzustellen.

## 2. Methode

Die Ermittlung der erforderlichen Schlagkraft ist auch heute noch problematisch, da nach der üblichen Zeitspannenmethode der Faktor Risiko und Verlustminderung nur ungenügend beachtet wird. Obwohl an verschiedenen Stellen nach besseren Planungsmethoden gesucht wird, ist vorerst keine andere praktikable Methode greifbar. Im allgemeinen empfiehlt es sich aber, je nach örtlichen Erfahrungen Zuschläge zu den errechneten Werten zu machen.

Anders bei der Berechnung der Ernteleistung verschiedener Mechanisierungsverfahren. Hier ist mit der Teilzeitmethode ein geeignetes methodisches Instrumentarium geschaffen worden. Bei dieser Methode wird bekanntlich der gesamte Arbeitsgang in definierte Teilzeiten zerlegt, die frei als Bausteine in einem Arbeitsmodell zusammengesetzt werden können. Bei den Teilzeiten unterscheiden wir zwischen unabhängigen und ab-

---

1) Bei der Datenbeschaffung waren Dr. Schurig, Dipl. Ing. agr. Pirkelmann, Dr. Kromer und Ing. agr. Wagner behilflich. Die Untersuchungen wurden in dankenswerter Weise durch das KTBL und das BML finanziell gefördert.

hängigen Größen (Abb. 1). Abhängige Größen können graphisch, besser aber in Form von Funktionsformeln dargestellt werden. Unabhängige Größen werden dagegen zweckmäßig als Verteilung behandelt. Aus diesen, möglichst statistisch abgesicherten Planteilzeiten können rechnerisch differenzierte Planzeitwerte bei unterschiedlichen Bedingungen und Arbeitsverfahren ermittelt werden. Diese umständliche Rechenarbeit kann durch Simulationsmodelle erleichtert werden, die heute mit preiswerten programmierbaren Tischrechenmaschinen durchgeführt werden können (Abb. 2). Für die Praxis genügt aber auch häufig die vereinfachte Darstellung in Balkendiagrammen, wie sie in folgenden Beispielen bei der Ernte von Anwelkfutter und Silomais gezeigt werden sollen.

### 3. Verfahren zur Ernte von Anwelksilage

#### 3.1 Erforderliche Schlagkraft

Die laufende Aufstockung der Milchviehherden führt weniger im Stall, sondern vielmehr bei der Futterbergung zu einem spürbaren arbeitswirtschaftlichen Engpaß. (Abb. 3)

Stehen dem Betrieb zur Futterbergung täglich 6 Stunden zur Verfügung, müssen im 20er Kuhstand 3,2 t/h, im 40er Kuhstand 6,2 t/h und im 80er Kuhstand 9,3 t/h Anwelksilage eingebracht werden.

Die Organisation der dafür erforderlichen Ernteketten wird durch die Geräte (Lang- oder Kurzgut), durch die Siloform, durch die zur Verfügung stehenden Schlepper und durch die Zahl der vorhandenen Arbeitskräfte bestimmt.

#### 3.2 Einmannverfahren

Steht lediglich eine Arbeitskraft für die Futterbergung zur Verfügung (Abb. 4), sind Arbeitskettensysteme nur in Verbindung mit dem Hochsilo möglich. Geeignete Ladegeräte sind Ladewagen und Häckselladewagen, die ohne hohe Rüstzeiten auch den Transport des Futters übernehmen können. Die Einlagerung erfolgt bei der Langgutkette über Dosierstationen und Gebläsehäcksler, bei der Kurzgutkette mit Wurfgebläsen. Die Leistung der Langgutkette wird vor allem durch die Ladewagengröße bestimmt. Während kleinere Ladewagen Verfahrensleistungen von 2,6 t/h ermöglichen, steigt diese bei Großraumladewagen auf 3,7 t/h an.

Bei der Kurzgutkette wird die Bergeleistung vorrangig von der Antriebsleistung für den Häckselladewagen und für das Wurfgebläse bestimmt. Bei 40 PS-Schleppern ist eine stündliche Bergeleistung von 3,1 t/h, bei 90 PS von 4,2 t/h möglich. Diese Verfahrensleistungen genügen aber nur für kleinere Kuhbestände bis 25 Tiere. Spezialisierte Milchviehbetriebe benötigen schlagkräftige Ernteketten, die nur mit mehreren Arbeitskräften durchgeführt werden können.

### 3.3 Zwei-Mann-Verfahren

Bei Zwei-Mann-Verfahren treten bereits erhebliche Organisationsprobleme auf, da die einzelnen Arbeitsglieder aufeinander abgestimmt werden müssen (Abb. 5).

Bei der Langgut-Hochsilo-Kette mit Greifereinlagerung ist dies nur bei Großraumladewagen möglich. Bei dieser Kette sind Bergeleistungen bis zu 5,1 t/h möglich. Anders bei der Einlagerung in Flachsilos. Hier wird bei Großraumladewagen die Bergeleistung durch die mangelnde Einlagerung- und Walzleistung auf 4,1 t/h eingeschränkt.

Bei der Kurzgut-Hochsilo-Kette lassen sich Lade- und Transportgespann gut aufeinander abstimmen. So sind bei 40 PS-Schleppern 5,7 t/h, bei 90 PS bis zu 9 t/h Bergeleistungen möglich. Eine Steigerung der Arbeitsleistung ist sowohl beim Laden als auch beim Einlagern unbedingt erforderlich. Dagegen ist die Steigerung der Ladekapazität von untergeordneter Bedeutung. Eine volle Nutzung der Ladeleistung unserer Geräte ist allerdings erst bei der Drei-Mann-Kette möglich.

### 3.4 Drei-Mann-Verfahren (Abb. 7)

Bei der Langgutkette werden beim Drei-Mann-Verfahren zweckmäßiger Weise zwei Ladewagengespanne eingesetzt, auch wenn durch die Einlagerungsleistung eine gewisse Begrenzung gegeben ist. Beim Hochsilo ist dies der Gebläsehäcksler, der die Bergeleistung auf 9 t/h begrenzt, beim Flachsilo der Walzschlepper. Dieser sollte von allen Einlagerungsarbeiten entlastet werden. Deshalb überfahren die Ladewagengespanne das Flachsilo und übernehmen die grobe Gutverteilung.

Bei der Häckselkette ist bei Hoch- und Flachsilo eine gleichmäßige Arbeitsauslastung der verschiedenen Glieder nur bei starken Schleppern möglich. Hier sind sowohl beim Flach- als auch beim Hochsilo Bergeleistung bis zu 11 t/h möglich.

### 3.5 Zuordnung der Verfahren

Je nach der geforderten Leistung können nun die einzelnen Ernteverfahren bestimmten Bestandsgrößen zugeordnet werden.

Ein-Mann-Ketten sind nur in Verbindung mit Hochsilos sinnvoll und genügen lediglich für Betriebe bis zu 25 Kühen (ohne Nachzucht). Gleiches gilt für die Zwei-Mann-Kette bei Ladewagen und Flachsilo, deren Maximalleistung gegebenenfalls für 30 Kuhbestände ausreicht. Hohe Arbeitsleistungen sind bei der Zwei-Mann-Kette nur beim leistungsstarken Feldhäcksler möglich, die für Bestände bis zu 70 Kühen genügen können. Maximale Leistungen können allerdings erst bei der Drei-Mann-Kette erzielt werden. Hier sind sowohl bei Kurz- als auch bei Langgut sowie bei Hoch-

und Flachsilos stündliche Einlagerungsleistungen bis zu 11 t möglich.

#### 4. Verfahren zur Ernte von Silomais

##### 4.1 Erforderliche Schlagkraft

Die Anforderungen an die Schlagkraft bei der Silomaisernte steigen aus folgenden Gründen:

1. Die zunehmende Spezialisierung auf die Bullenmast mit alleiniger Maissilagefütterung hat in vielen Betrieben zu einer starken Ausdehnung des Silomaisanbaues geführt.
2. Maximale Hektarerträge lassen sich nur mit spätreifen Sorten und besserer Ausreifung erzielen. Dadurch verringern sich die zur Verfügung stehenden Feldarbeitstage. Im folgenden Beispiel wurden lediglich 14 Feldarbeitstage unterstellt. In Abbildung 9 ist die erforderliche Bergeleistung in t/h bzw. in m<sup>3</sup> gefüllten Siloraum/Stunde bei verschiedenen Herdengrößen dargestellt.

In vielseitigen Betrieben mit kleineren Tierbeständen unter 50 Bullen genügt demnach eine stündliche Bergeleistung von 3 bis 4 t/h, in spezialisierten Betrieben bis zu 250 Tieren ist aber bereits eine Verfahrensleistung von 15 t/h, bei Beständen ab 400 Mastbullen sogar von 25 t/h erforderlich. Diese Schlagkraft kann durch leistungsfähige Lade- bzw. Abladegeräte sowie durch eine bessere Organisation der Verfahren erreicht werden.

##### 4.2 Die Organisation absätziger Ernteverfahren

Bei absätzigen Ernteverfahren übernimmt eine Arbeitskraft voll das Häckseln auf dem Feld, den Transport zum Hof und die Einlagerung in den Silobehälter. Echte Ein-Mann-Arbeit ist nur bei Hochsilos möglich (Abb. 10).

Bei einreihigen Maisfeldhäckseln an einem 40 PS-Schlepper, einem 3 t Wagen und einem Fördergebläse mit 15 PS-Antriebsleistung benötigt eine AK etwa 13 Stunden um 1 ha Silomais abzuernten. Dies entspricht einer Bergeleistung von 3,5 t/h. Beim Einsatz eines 80 PS-Schleppers für Ernte und Einlagerung (Durchtrieb) und eines 4 t-Transportwagens kann die Bergeleistung aber bereits auf 6,3 t/h gesteigert werden.

Für die Einlagerung in das Flachsilo sind auch beim absätzigen Verfahren 2 Arbeitskräfte erforderlich. Eine Arbeitskraft häckseln, übernimmt den Transport zum Hof und entleert das Gut vor dem Silo. Hierzu sind etwa 7 - 9 h/ha erforderlich. Der Walzschlepper übernimmt das Einlagern und Verdichten; er ist trotzdem nicht voll ausgelastet. Die Verfahrensleistung wird eindeutig vom Häckselgespann bestimmt und liegt mit 2 Mann nicht wesentlich über der des Ein-Mann-Verfahrens bei der Hochsilokette. Noch

ungünstiger wird das Verhältnis bei weiteren Feldentfernungen, so daß bei Flachsilos zum Fließverfahren übergegangen werden soll.

#### 4.3 Die Organisation von Fließverfahren

Beim Fließverfahren ist eine Arbeitskraft lediglich mit dem Häckseln und Wagenanhängen beschäftigt, während 1 oder 2 weitere Arbeitskräfte den Transport und die Einlagerung des Gutes übernehmen. In dem in Abb. 1 dargestellten Beispiel wurden einreihige Feldhäcksler mit 40 bis 80 PS-Antriebsleistung und zweireihige Feldhäcksler, die von 80 bis 120 PS-Schlepper gezogen werden unterstellt. Die so erzielte Ladeleistung zwischen 6,5 t/h bis 13,6 t/h kann nur dann in eine echte Verfahrensleistung umgewandelt werden, wenn dem Feldhäckslergespann entsprechend schlagkräftige Transport- und Einlagerungsverfahren zugeordnet werden. Beim Hochsilo sind dazu bei einreihigen Feldhäckslern Gebläseantriebsleistungen ab 40 PS, bei zweireihigen Feldhäckslern solche ab 80 PS erforderlich. Als nächstes sollte bei Fließverfahren die Ladekapazität der Transportfahrzeuge erhöht, bei weiten Feldentfernungen zusätzlich die Fahrgeschwindigkeit gesteigert werden.

Ähnliches gilt, wenn auch in abgeschwächter Form, für das Befüllen von Flachsilos. Hier begrenzt zusätzlich das dritte Arbeitsglied für das Festwalzen des Gutes bei schlagkräftigen Ketten die Arbeitsleistung. Insgesamt gelingt es bei Fließverfahren je nach Wahl der Geräte zwischen 5 bis 13 t/h zu ernten. Für darüber hinausgehende Ansprüche an die Schlagkraft der Ernteketten sollte das Parallelverfahren gewählt werden.

#### 4.4 Die Organisation der Parallelverfahren

Beim Parallelverfahren werden die Transportwagen nicht mehr an den Feldhäcksler angehängt, sondern fahren mit eigenem Schlepper seitlich und übernehmen so das Häckselgut. Dabei entfällt das An- und Abhängen der Wagen, so daß die Schlagkraft leistungsstarker Häcksler voll genutzt werden kann. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß Abtransport und Einlagerung reibungslos ablaufen.

Bei Hochsiloketten ist dies nur dann möglich, wenn die Wagen das Gut am Hof abkippen und automatisch arbeitende Dosiergeräte die weitere Einlagerung übernehmen. Bei kurzen Feldentfernungen und zweireihigen Feldhäckslern reichen dazu zwei Wagengespanne aus bei dreireihigen Feldhäckslern und größeren Feldentfernungen ist dagegen ein dritter Transportwagen erforderlich.

#### 4.5 Zuordnung und Folgerungen

Die landwirtschaftlichen Anforderungen, die heute an die Schlagkraft der Silomaisernteverfahren gestellt werden, lassen sich durch die Wahl ent-

sprechender Geräte und Organisationsformen erfüllen. (Abb. 12)

So genügt für vielseitige Betriebe bis zu 50 Mastbullen der einreihige Maisfeldhäcksler an einem Schlepper mit etwa 40 PS. Für Betriebe bis zu 150 Mastbullen füllt der neu angebotene, verstärkt gebaute einreihige Feldhäcksler an einem 80 PS-Schlepper eine echte Lücke. Sollen in einem Betrieb 250 Mastbullen gehalten werden, dürfte der zweireihige Feldhäcksler mit 100 bis 120 PS-Antriebsleistung ausreichen. Spezialisierte Betriebe bis zu 350 Tieren benötigen bereits einen stärker ausgelegten zweireihigen Feldhäcksler für 120 bis 150 PS-Schlepperantrieb. Bei größeren Beständen über 400 Mastbullen kann nur ein dreireihiger Feldhäcksler ab 150 PS-Antriebsleistung die erforderliche Ernteleistung erbringen.

Einen spürbaren Engpaß stellt dagegen die Einlagerung in den Silobehälter dar. Vor allem die Gebläseeinlagerung mit niedriger Antriebsleistung genügt nicht mehr den Anforderungen schlagkräftiger Häcksler. Hier fehlen am deutschen Markt spezielle Wurfgebläse, die für 80 bis 100 PS-Antriebsleistung ausgelegt sind. Besonders vorteilhaft wäre es, diese mit stationären Dosiergeräten zu kombinieren, damit anstelle der Häckselverteiltwagen vielseitige Kipper eingesetzt werden können. Beim Einlagern in das Flachsilo stellt die zusätzliche erforderliche Arbeitskraft für das Festwalzen einen arbeitswirtschaftlichen Engpaß vor allem für mittlere Betriebe dar. Schließlich ist es besonders bei Fließ- und Parallelverfahren erforderlich, die bisher mangelnde Ladekapazität der Transportfahrzeuge zu erhöhen.

## 5. Zusammenfassung

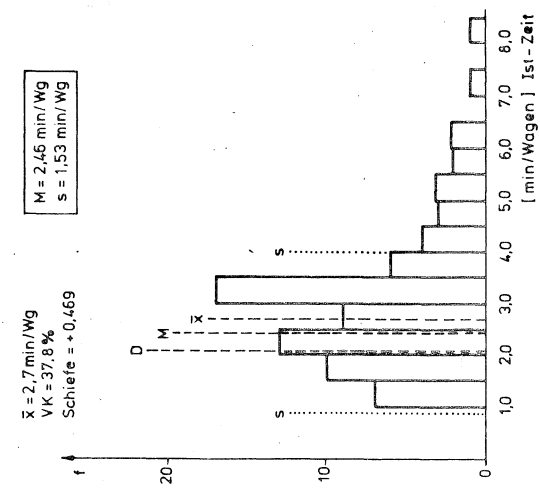
Eine pauschale Zuordnung von Mechanisierungsverfahren dürfte in Zukunft den einzelbetrieblichen Anforderungen nicht mehr genügen, so daß versucht werden muß, Mechanisierungsverfahren für die jeweiligen betrieblichen Bedingungen zu planen. Dafür stehen zur Organisationsplanung geeignete Methoden und umfangreiche Daten zur Verfügung. Einen weiteren bedeutenden Fortschritt dürfte zusätzlich die bundeszentrale Datenbank bringen.

Wesentlich problematischer ist die betriebspezifische Planung der erforderlichen Kapazitäten. Hier ist noch umfangreiche Forschungsarbeit zu leisten, bevor praktikable Methoden zur Verfügung stehen.

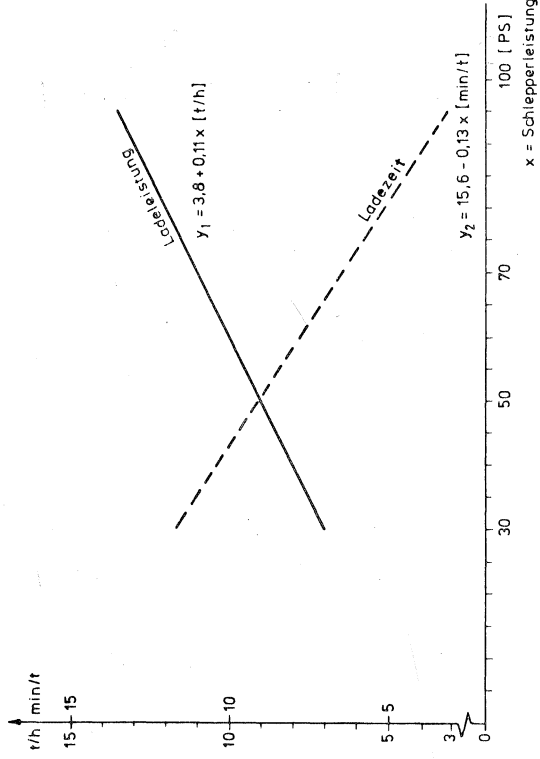
unabhängige Größe  
(n=76)

$\bar{x} = 2,7 \text{ min/Wg}$   
 $VK = 37,8\%$   
 Schiefe = +0,469

$M = 2,46 \text{ min/Wg}$   
 $s = 1,53 \text{ min/Wg}$



abhängige Größe  
(n=31)



Schnellentleerung von Ladewagengut

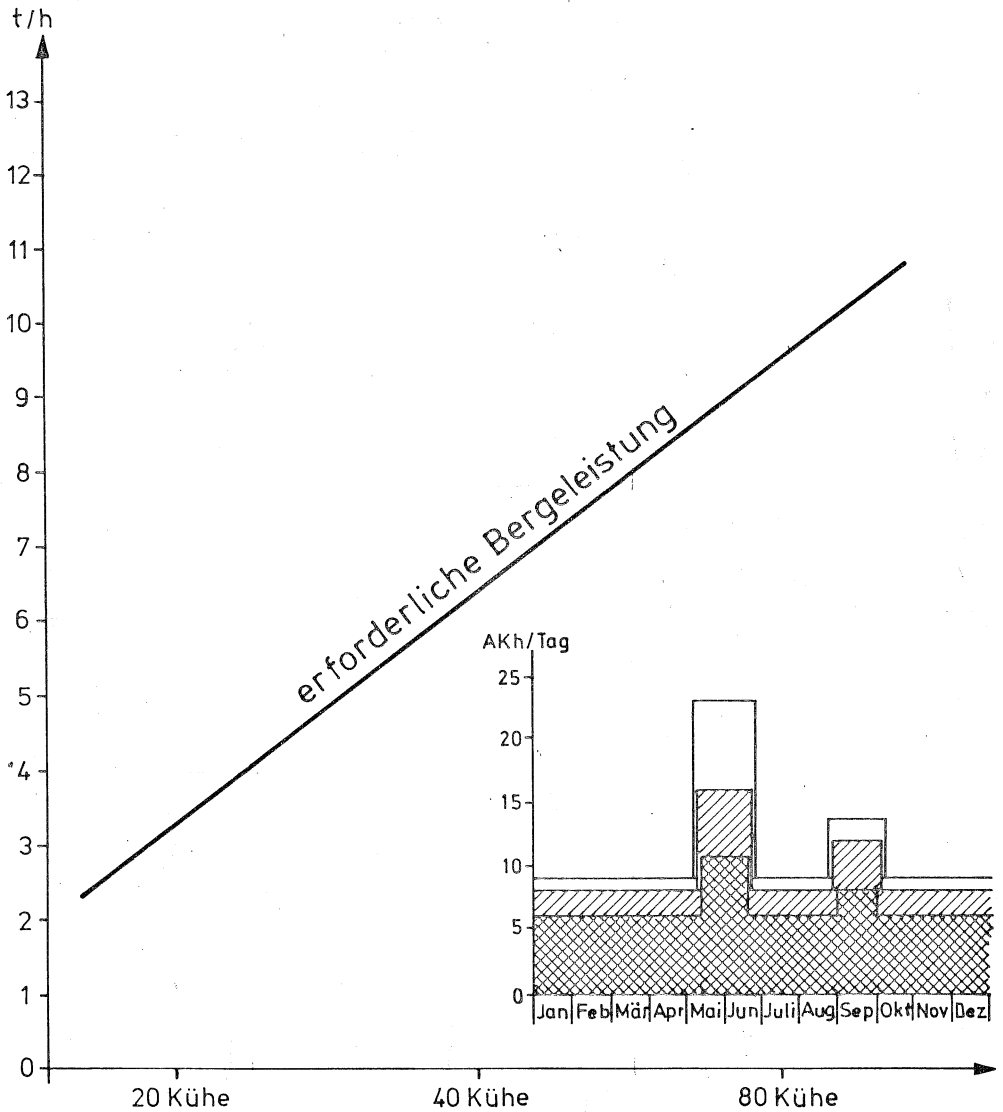
Ladeleistung von Mais-FH in Abhängigkeit von der Schlepperleistung

Auernhammer  
Schön

Darstellung von Planzeitwerten



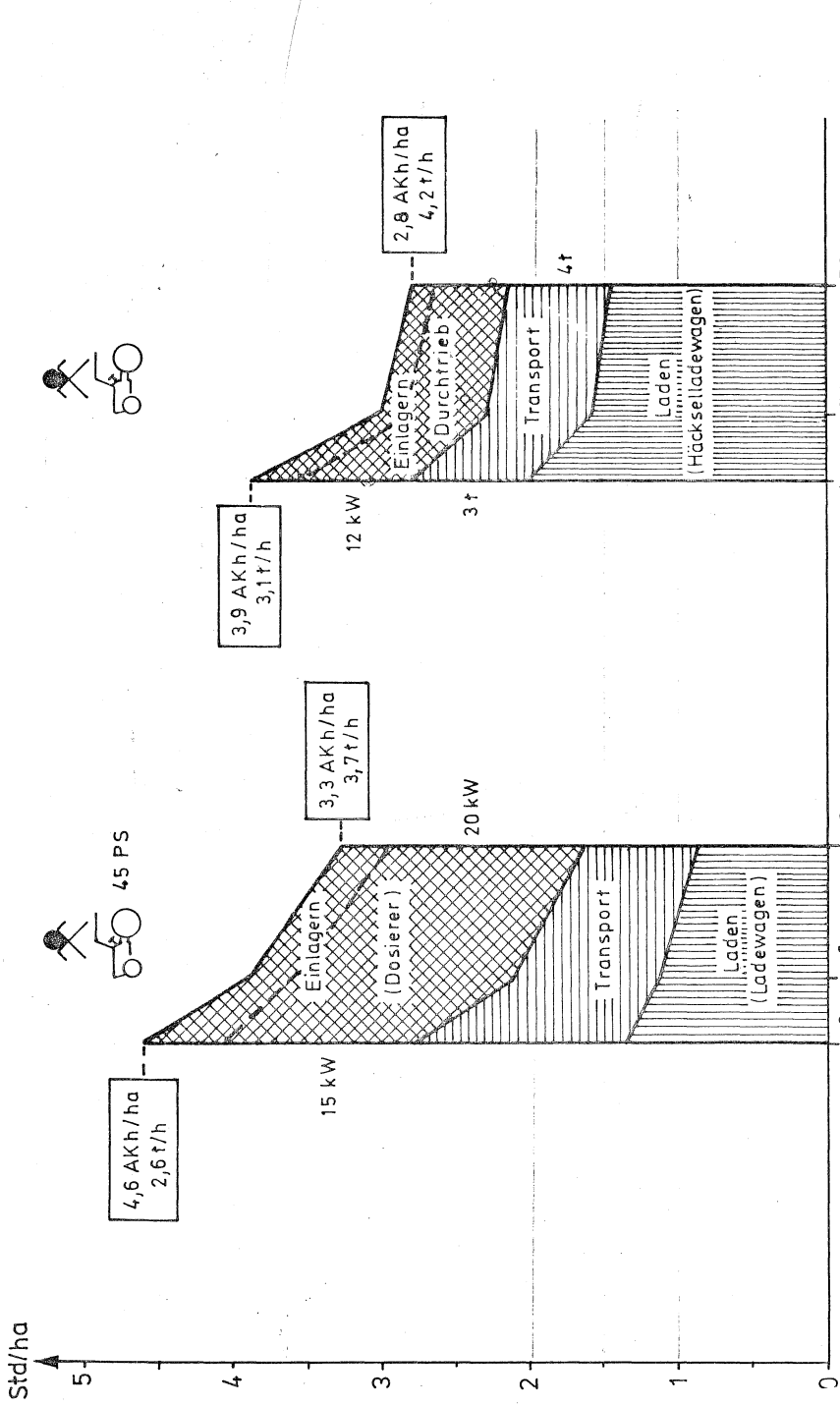
Erforderliche Schlagkraft bei der  
Bergung von Anweilsilage  
 (6×2 Tagesperioden; 6 Std/Tag; 30 kg/Tag mit 33%;  
 200 Tage Winterfütterung)





# Arbeitszeitbedarf beim 1-Mann-Verfahren bei der Anweklsilagebereitung

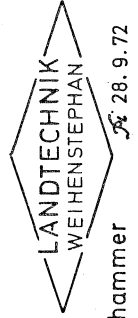
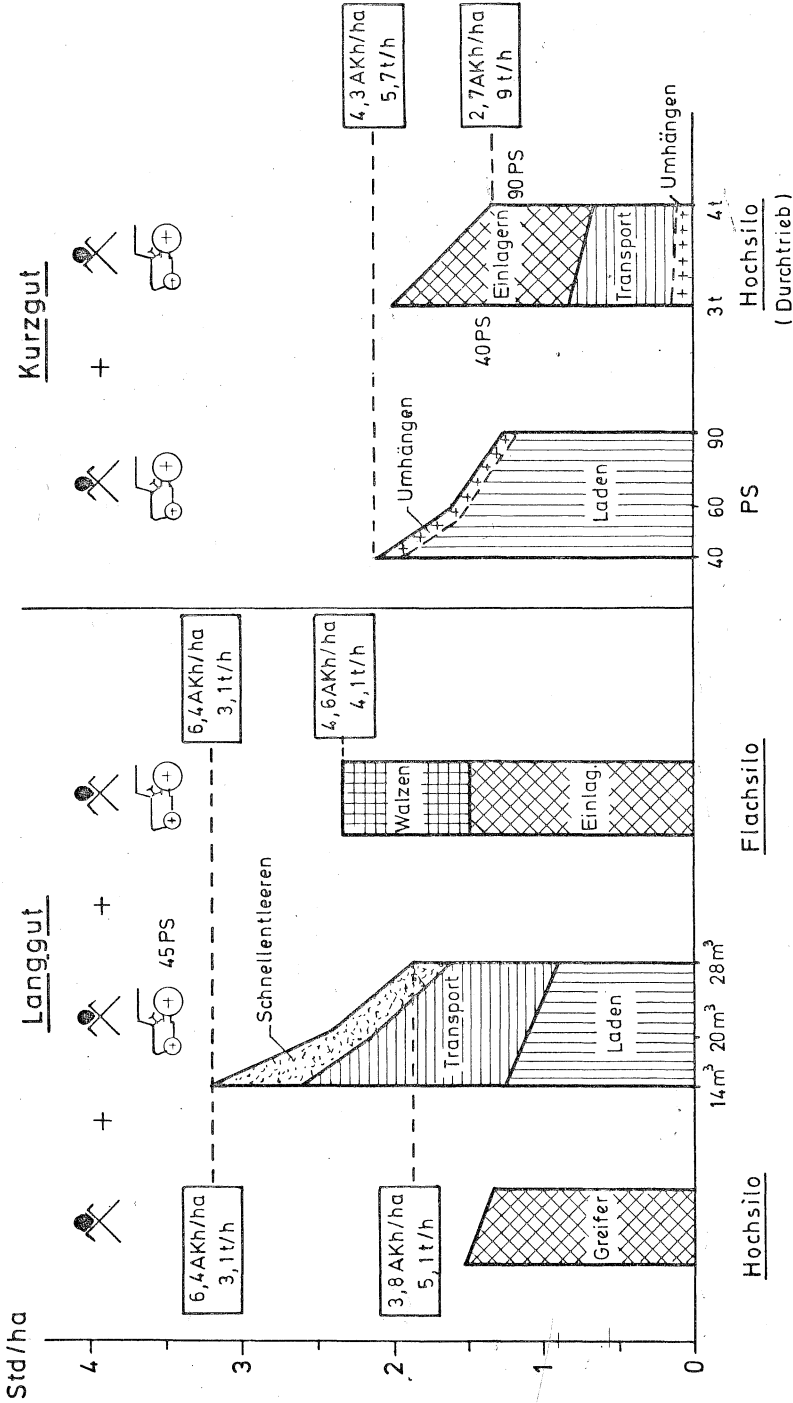
(33% TM; 1000 m FE; 120 dz/ha; 300 m Schlaglänge; 12 km/Std Transport)



**LANDTECHNIK**
  
**WEIHENSTEPHAN**
  
 Schön/Auernhammer Pö 28.9.72

# Arbeitszeitbedarf beim 2-Mann-Verfahren bei der Anwekksilagebereitung

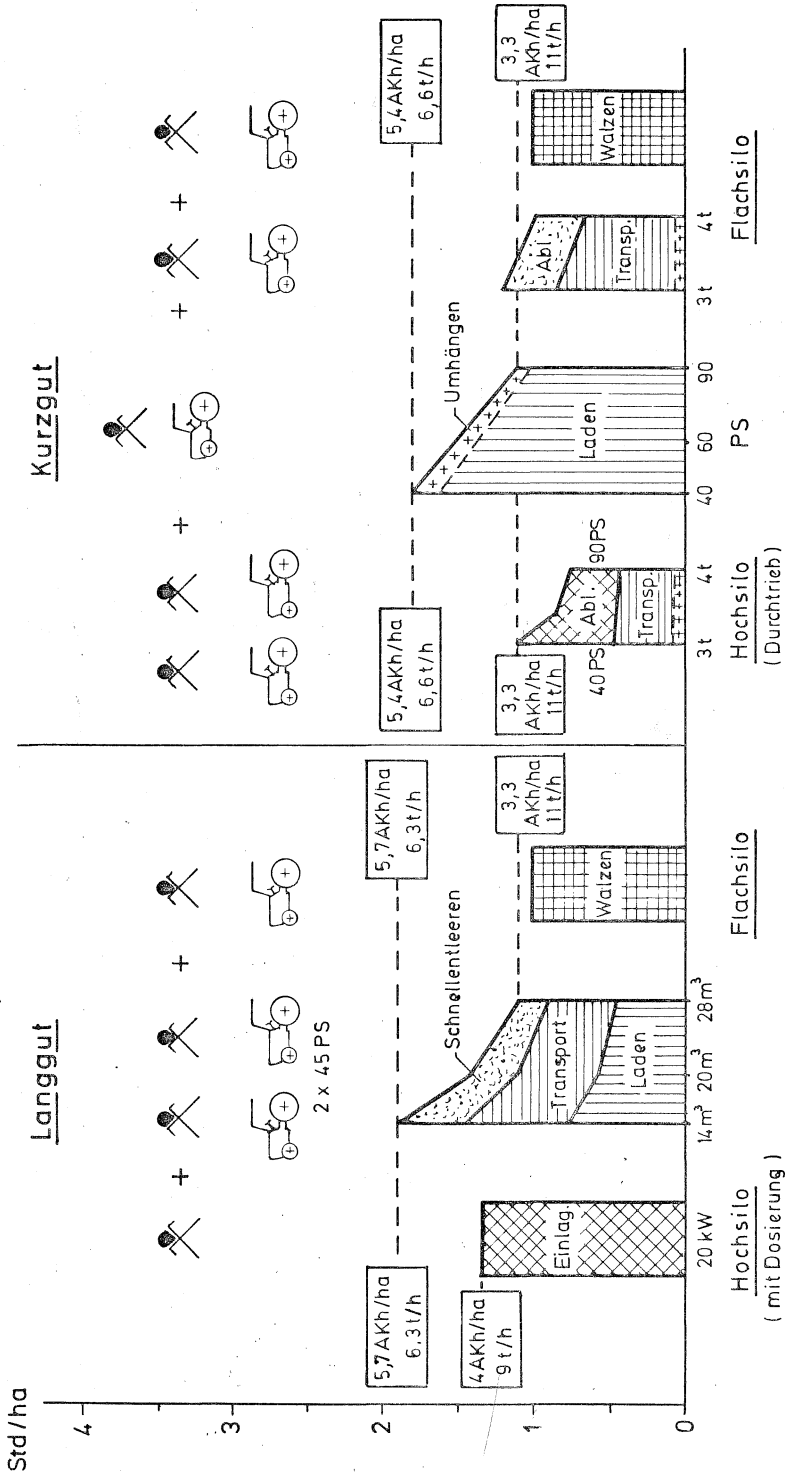
( 33% TM ; 1000 m FE ; 120 dz/ha ; 300 m Schlaglänge ; 12 km/Std. Transport )



Schön/Auernhammer 28. 9. 72

# Arbeitszeitbedarf beim 3-Mann-Verfahren bei der Anweklsilagebereitung

( 33% TM ; 1000 m FE ; 120 dz/ha ; 300 m Schlaglänge ; 12 km/Std. Transport )

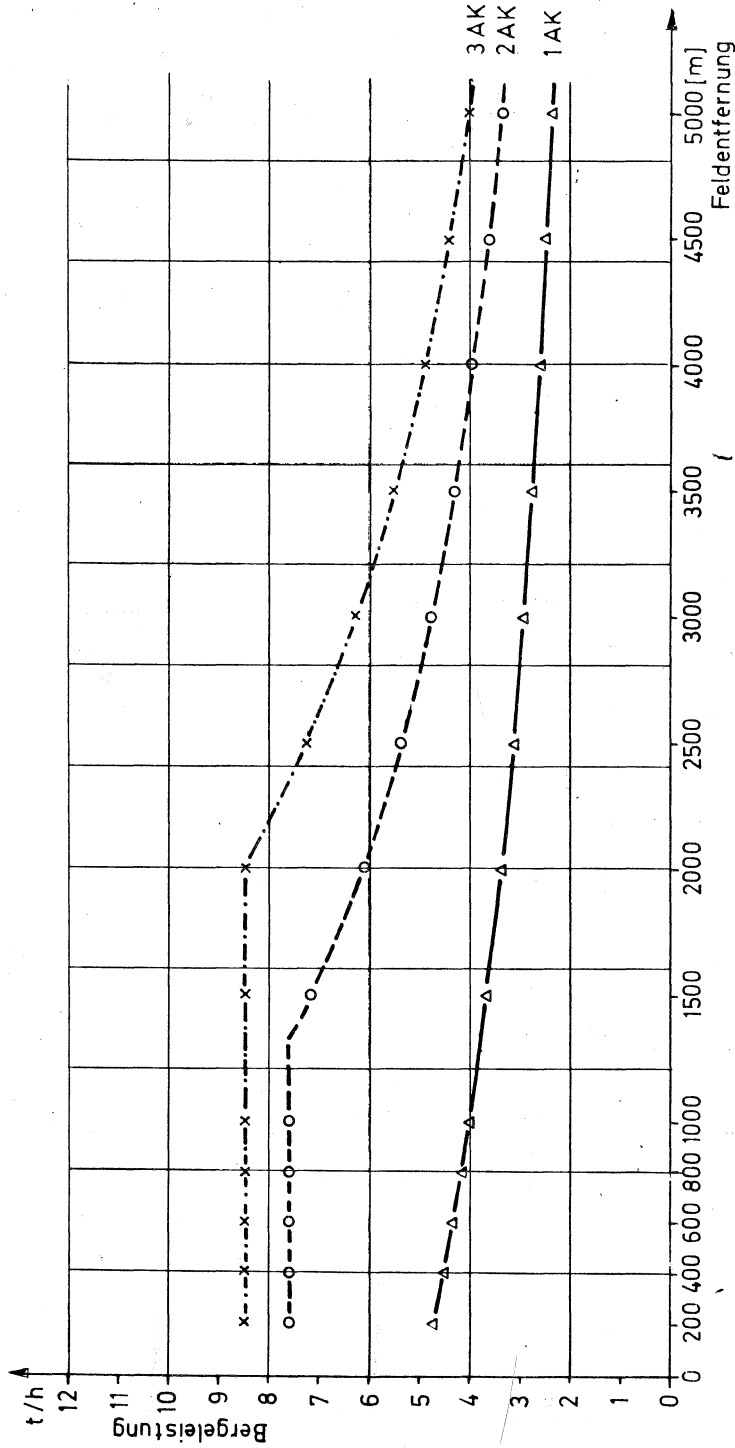


Schön/Auernhammer

28.9.72

# Einfluß der Feldentfernung bei der Ernte von Anweklsilage

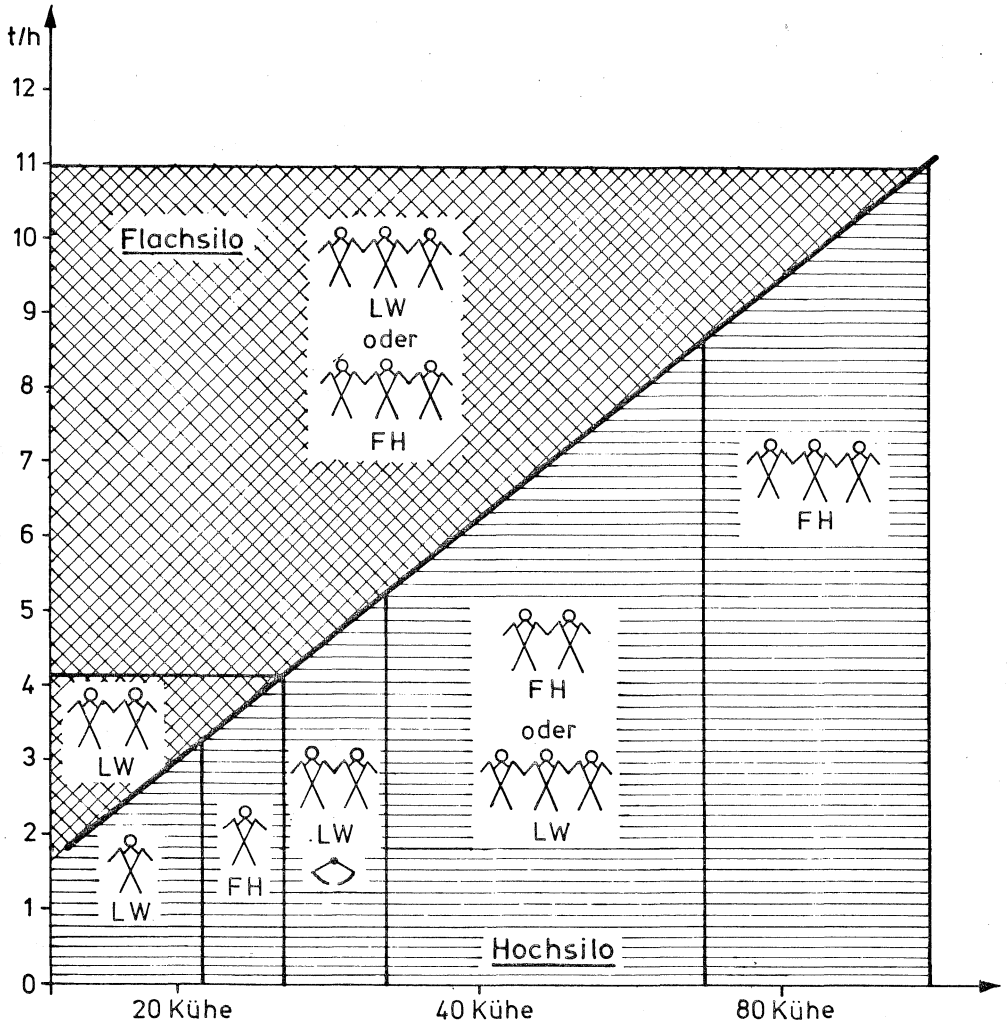
(60 PS; 30 % TM; Hochsilo; 300m Schlaglänge; 12 km/h; 4t)



Auernhammer/Schön Pö 3.10.72

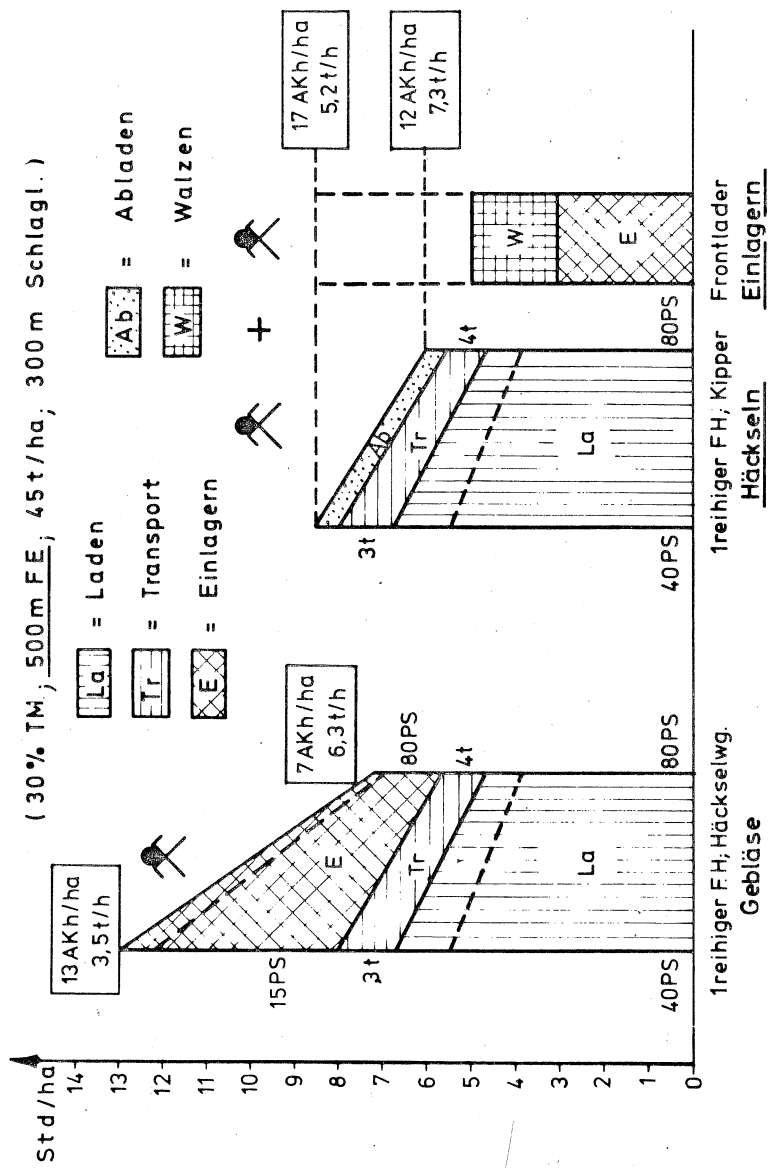
# Erforderliche Schlagkraft bei der Bergung von Anwelksilage

(6+2 Tagesperioden ; 6 Std/Tag ; 90 kg/Tag ; mit 33 %  
200 Tage Winterfütterung)




  
 Schön Pö 2.10.72

# Arbeitszeitbedarf bei absätzigen Verfahren in der Silomaiserte

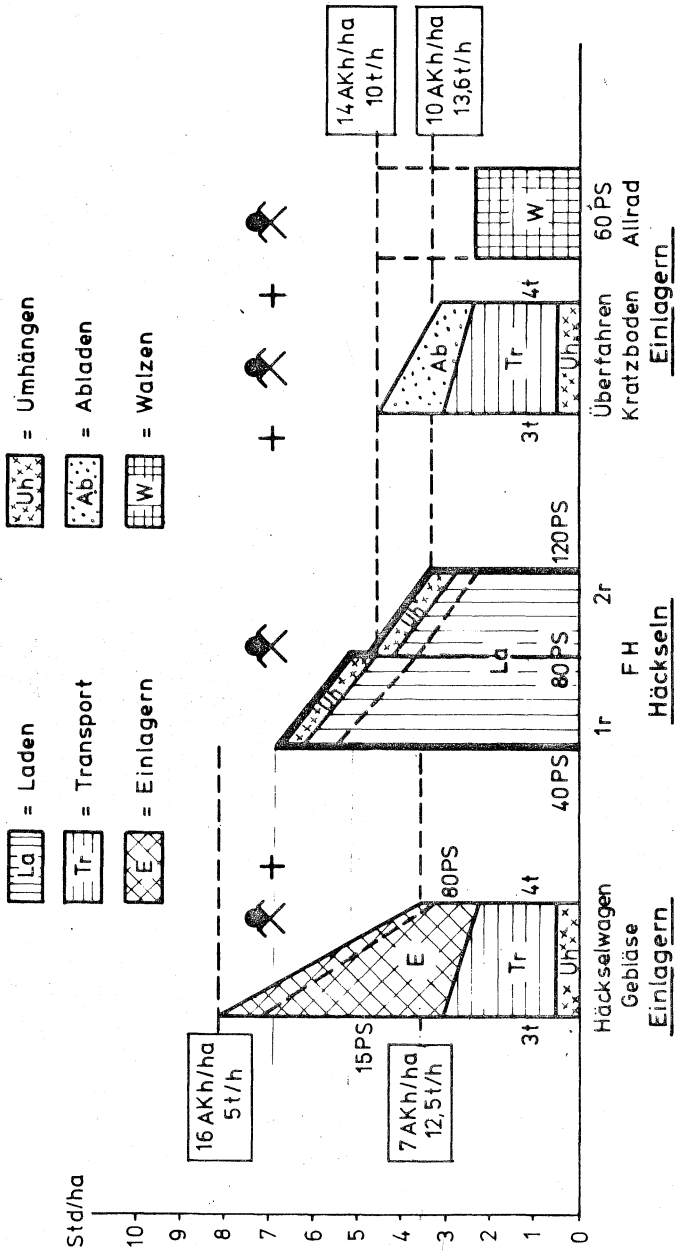


**Flachsilo**

**Hochsilo**

# Arbeitszeitbedarf bei Umhängeverfahren in der Silomaiserte

(30% TM; 1000m FE; 45 t/ha, 300m Schlagl.)

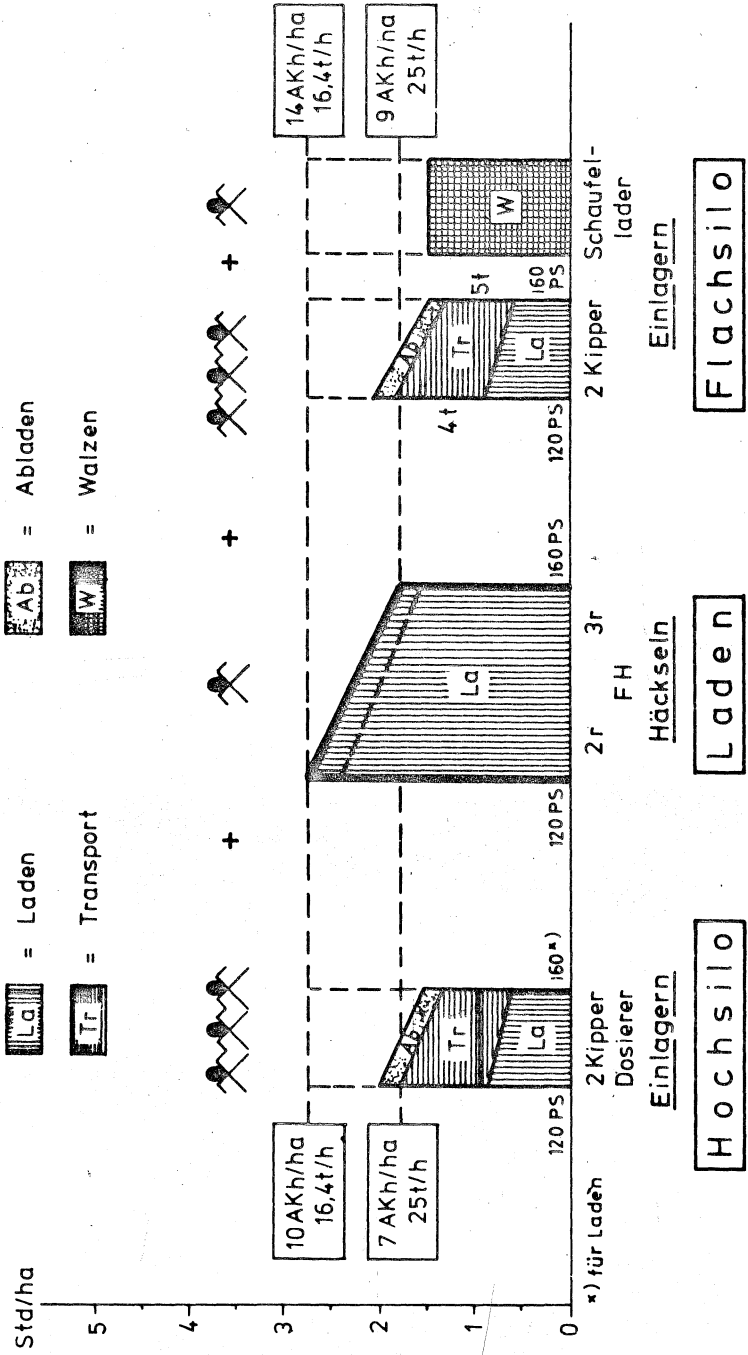


Hochsilo

Flachsilo

# Arbeitszeitbedarf bei Parallelverfahren in der Silomaiserte

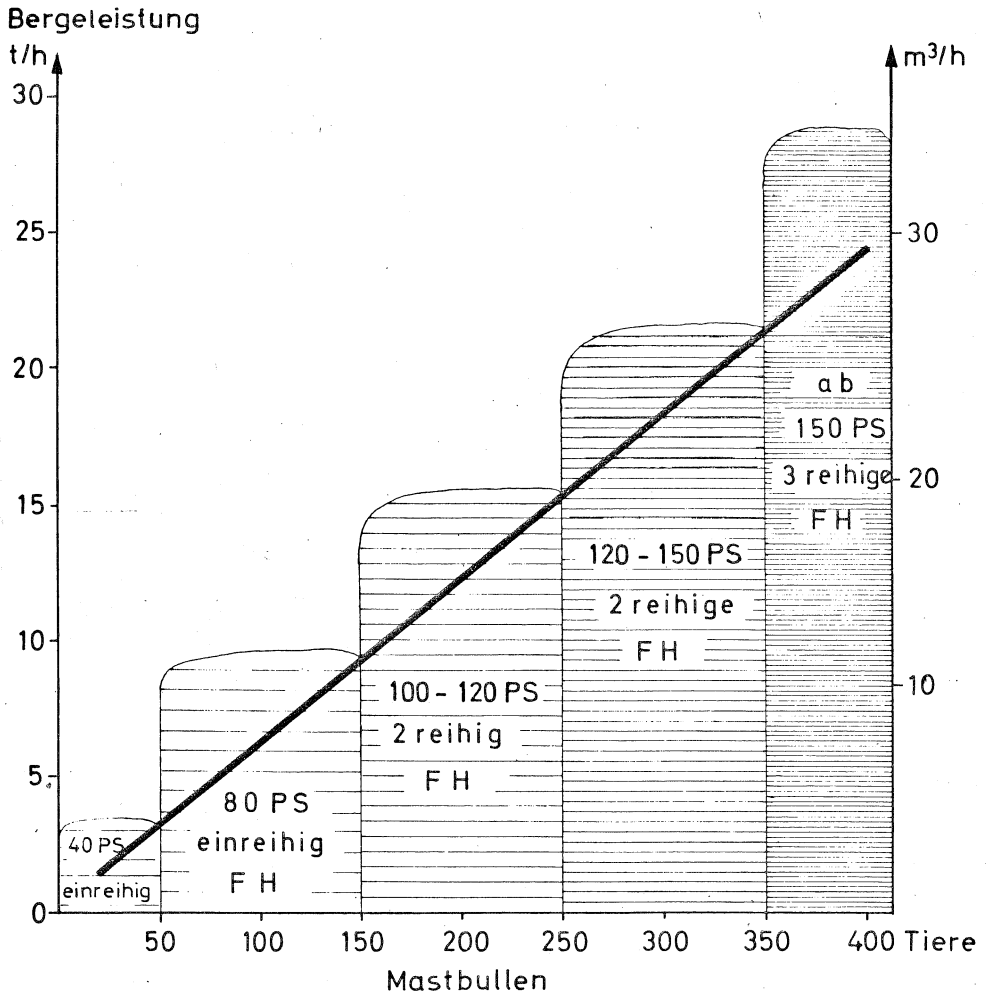
(30% TM; 1500 FE; 45 t/ha; 300 m Schlagl.)





# Erforderliche Schlagkraft bei der Silomaisernernte in spezialisierten Mastbullenbetrieben

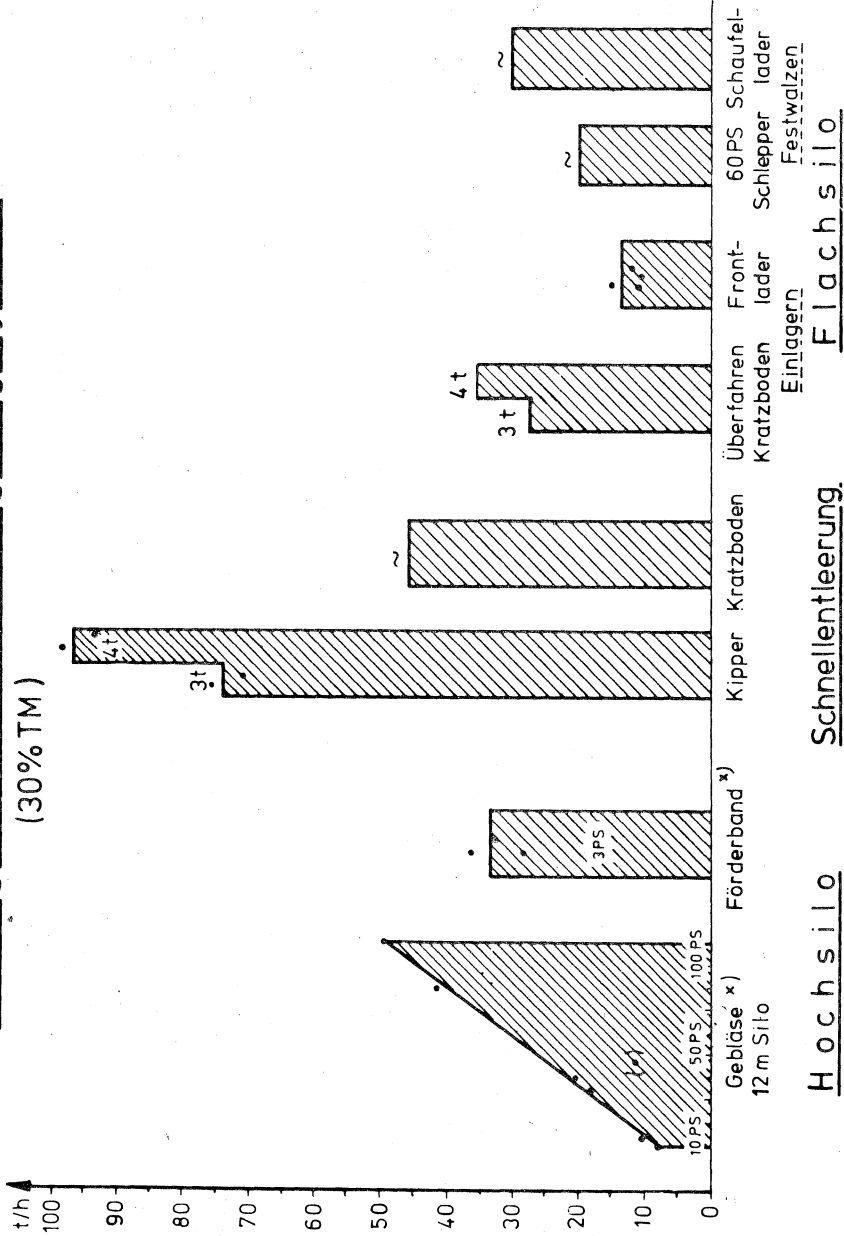
(14 FAT; 8 Std/ Tag; ganzjährige Silagefütterung)



  
 Schön Pö 29.9.71

# Leistung verschiedener Einlagerungssysteme

(30% TM)

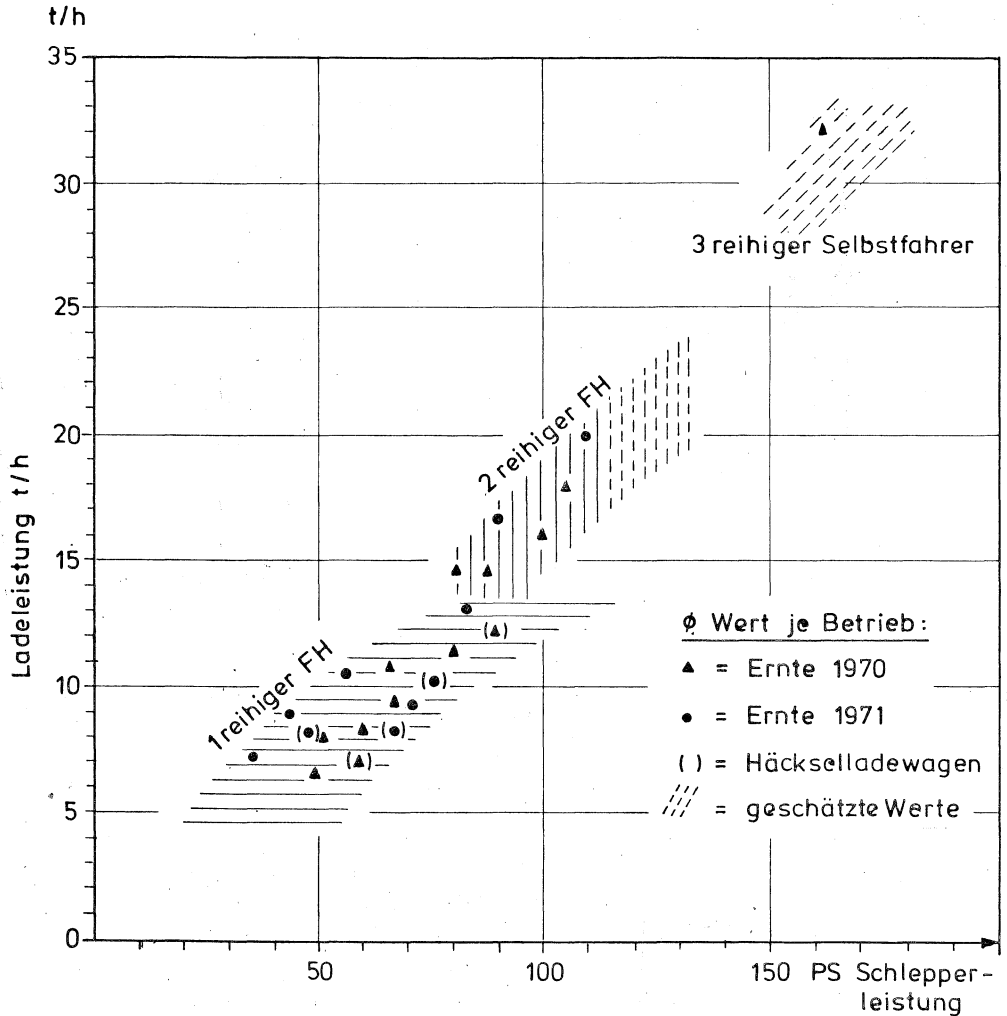


x) ohne Nebenzeiten



# Ladeleistung von Feldhäckslern bei Silomais in Abhängigkeit von der Schlepperleistung

( 30% TM ; ohne Nebenzeiten )

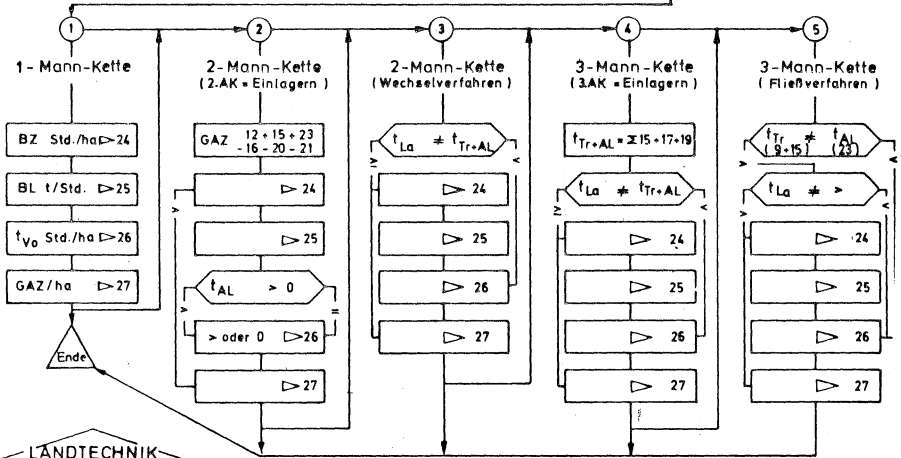
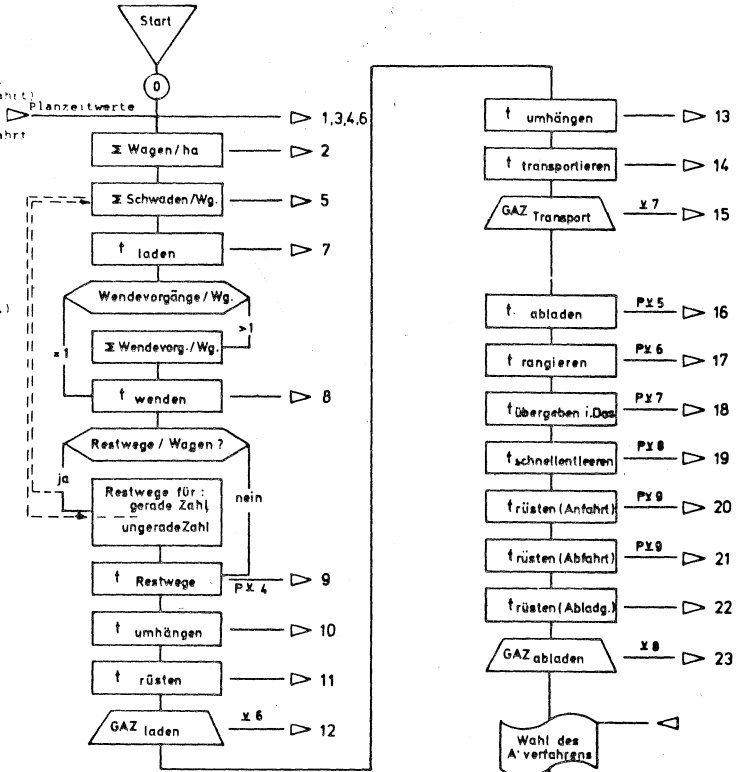


  
 Schön 30.9.71

# Flußdiagramm: Bergen von Silofutter

Abladeleistung  
 Rangierzeit (Hof)  
 Übergabezeit  
 Schnellentleerzeit  
 Rüstzeit (Mit Anzahl)

Planzeitwerte  
 1,3,4,6  
 Rüstzeit (Hof-Abfahrt)  
 Rüstzeit (Gebäude)  
 Ertrag/ha  
 Ladegewicht/Wg.  
 Schwadstärke  
 Ladeleistung  
 Schlaglänge  
 Rüstzeit (Feld)  
 Wendezeit  
 Umhängezeit  
 (Ladeschlepper  
 = (Transportchl.)  
 Fahrgeschw. Feld  
 Weg  
 Feldentfernung



  
 Auernhammer 13.7.72