

# Grundlagen der Landtechnik

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Herausgegeben mit Unterstützung durch die  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft  
Braunschweig-Völkenrode (FAL)

Schriftleitung: Dr. F. Schoedder,  
Institut für Biosystemtechnik

Grundl. Landtechnik Bd. 39 (1989) Nr. 1, S. 1 bis 28

## Anforderungen an die Maschinenleistung bei modernen Anwelkverfahren

Von Ate H. Bosma, Wageningen, Niederlande\*)

DK 631.552:631.363.1

In der Viehhaltung wird die Fütterung der Tiere immer wichtiger, wobei die Qualität des Grundfutters die höchste Priorität hat. Anwelksilage (ohne Sickersaft) spielt bei der Futtergewinnung eine wichtige Rolle. Mit der Arbeitskette: Mähen mit Mähauflbereiter, sofortiges und wiederholtes Zetten, Schwaden und Einfahren läßt sich das Erntegut meistens schnell vortrocknen. Eine richtige Abstimmung zwischen der Maschinenleistung und der auf einmal zu bearbeitenden Fläche ist dafür ebenso erforderlich wie die Abstimmung der Leistung der einzelnen Maschinen aufeinander. Dieser Beitrag behandelt die Frage der Abstimmung der Maschinenleistung.

### 1. Allgemeines

Bei der Entwicklung neuer Landmaschinen muß der Tatsache Rechnung getragen werden, daß die Maschinenleistung immer größere Bedeutung gewinnt. Ständig ist man darum bemüht, die Investitionen und die Kosten, den Energieverbrauch und die Verluste weiter zu senken. Dies trifft besonders für die Futterernte und -konservierung zu.

Der Arbeitszeitbedarf bei der Futterernte ist in den letzten Jahrzehnten schon stark reduziert worden. 1955 wurde beim Einsilieren von Gras mit Einsatz von 5 oder 6 Leuten eine Leistung von 7 oder 8 t/h erreicht. Jetzt gibt es für das Einsilieren Verfahren mit einer Leistung bis 40 t/h bei Einsatz von 2 bis 5 Leuten. Selbstverständlich ist dies mit dem Einsatz größerer und überbetrieblich einsetzbarer Maschinen einhergegangen. Bei der Weiterentwicklung der Erntetechnik ist nun bezüglich der Maschinenleistung kein großer Gewinn mehr zu erwarten.

Dadurch, daß seit 1984 Quotenregelungen für die Milchproduktion eingeführt wurden, kann eine Weiterentwicklung der Futter-

erntetechnik nur in einer betriebswirtschaftlichen Verbesserung gefunden werden. In diesem Rahmen kommen besonders höhere Milchleistungen pro Tier in Betracht, wobei die Fütterung optimiert wird. Moderne Verfahren müssen dies ermöglichen. Allerdings bedeutet dies, daß der Fütterung mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden muß. Um hohe Leistungen zu erbringen, muß das Tier ausreichend Futter hoher Qualität aufnehmen können.

Aus **Tafel 1** [1] sind die Prioritäten für die Entwicklung abzulesen. Es sind dort für eine Milchquote des Betriebes von 420000 kg verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, die bei einer Leistungszunahme von 6000 auf 7000 kg/Kuh und der damit verbundenen Herdabsetzung der Herdengröße von 70 auf 60 Kühe bestehen. Wird Kraftfutter in unveränderter Menge eingesetzt (B), dann kann etwa 11 % des Grundfutters gespart werden. Wird durch eine verbesserte Fütterungstechnik erreicht, daß die gesamte Grundfutteraufnahme bei 60 Tieren mit einer Leistung von 7000 kg genau so hoch ist wie bei 70 Tieren mit einer Leistung von 6000 kg (C), ist für die Herde insgesamt eine Verminderung der Kraftfuttergabe um etwa 16 % möglich. Durch qualitativ hochwertigeres Grundfutter (D), u.a. zu erreichen über ein besseres Konservierungsverfahren, wird eine noch weitergehende Verminderung des Kraftfutterbedarfs möglich sein. Aus dieser Zusammenstellung läßt sich schließen, daß die größte Wirkung mit einer höheren Grundfutterqualität durch verbesserte Ernte- und Konservierungsverfahren zu erwarten ist.

Betrieb	Herdengröße (Kühe)	Leistung (kg/Kuh)	Grundfutter			Kraftfutter	
			MJ (kg TS)	Total (kg TS)	%	Total (kg TS)	%
A	70	6000	6,0	243000	100	143000	100
B	60	7000	6,0	217000	89	143000	100
C	60	7000	6,0	245000	100	120000	84
D	60	7000	6,7	244000	100	99000	69

**Tafel 1.** Auswirkungen einer höheren Leistung pro Tier und einer höheren Futteraufnahme bzw. Qualität des Grundfutters auf den Gesamtbedarf an Grund- und Kraftfutter bei einer Milchquote des Betriebes von 420000 kg.

Als Vortrag gehalten bei der internationalen Tagung Landtechnik, 27./28. Oktober 1988 in Neu-Ulm.

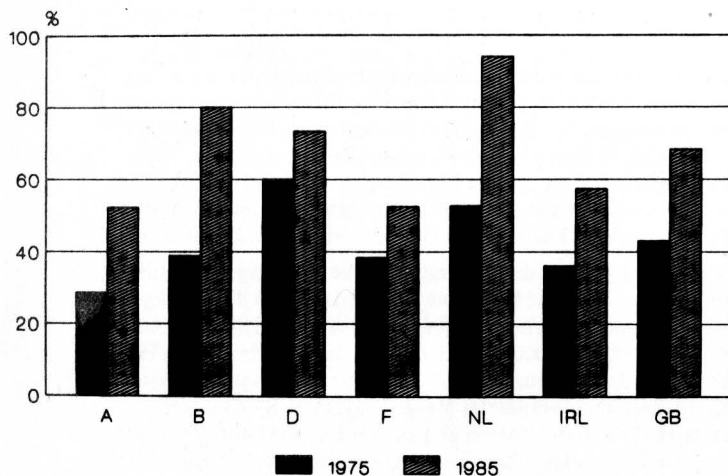
\*) Ing. A.H. Bosma ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technik der Viehhaltung am Institut für Landtechnik (IMAG), Wageningen, Niederlande.

## 2. Anforderungen an das Ernteverfahren

In den feuchten Klimazonen im Nordwesten Europas wird viel Gras zu Gärfutter verarbeitet, **Bild 1**, und voraussichtlich wird die Bedeutung des Silierens gegenüber der Heuwerbung noch weiter zunehmen. Dabei wird es sich besonders um die Bereitung von Anwelksilage handeln, denn mit diesem Verfahren lassen sich die Ernte- und Lagerverluste einschränken, und zugleich kann einer Umweltbelastung durch Sickersaft vorgebeugt werden.

Für Anwelksilage muß das Erntegut schnell vorgetrocknet und mit einem Trockenmassegehalt von mindestens 30–35 % einsiliert werden. Sollten die Witterungsverhältnisse verhindern, daß das Gras schnell und ausreichend anwelkt, empfiehlt es sich, nach einer kurzen Feldperiode ein wirksames Siliermittel zuzusetzen. Dadurch kann aus gutem Ausgangsmaterial doch noch gutes Futter bereit werden.

Die Versuche im Institut für Landtechnik, Wageningen, haben nachgewiesen, daß durch Einsatz der Arbeitskette: Mähen mit dem Mähauflbereiter, sofortiges und wiederholtes Zetten und Schwaden sich das Erntegut meistens schnell auf einen Trockenmassegehalt von 30–35 % vortrocknen läßt [2, 3]. Wenn dann auch das Einsilieren sorgfältig stattfindet, darf man eine gute Konservierung erwarten, und ausgehend von einer guten Qualität des Grases wird eine Silage guter Qualität hergestellt.

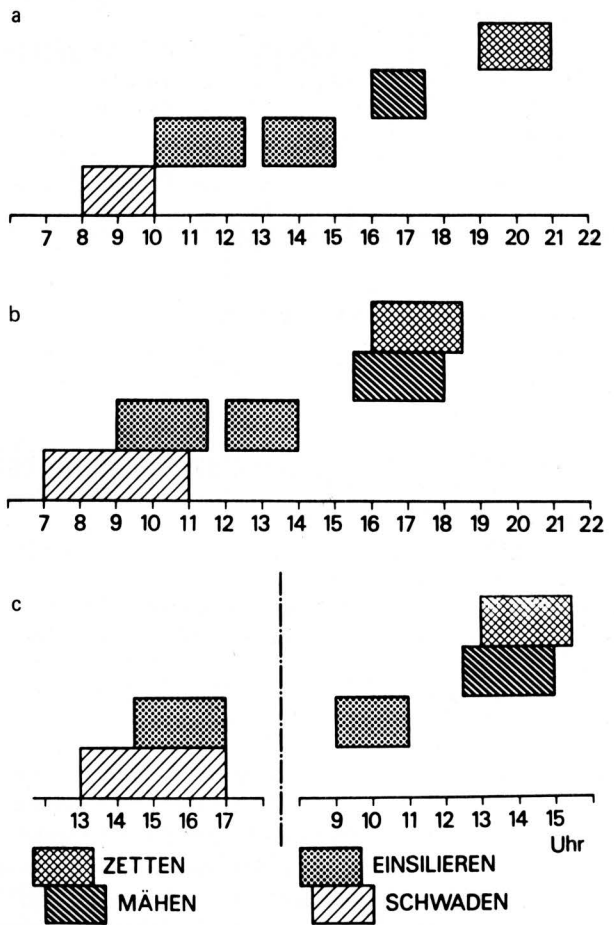


**Bild 1.** Silageanteil des Grundfutters in einigen Ländern Westeuropas.

Für ein gutes Ergebnis ist es erforderlich, daß die einzelnen Vorgänge gut und rechtzeitig durchgeführt werden, **Bild 2**. Wenn dies nicht gelingt, verlängert sich die Feldperiode – mit zusätzlichem Wetterrisiko, Verringerung der Futterqualität und Verspätung des Wiederaufwuchses. Die richtige Durchführung der einzelnen Vorgänge erfordert deshalb eine richtige Abstimmung zwischen der Maschinenleistung und der auf einmal zu bearbeitenden Fläche. Die Zugabe eines Siliermittels verlangt eine gute Dosier- und Verteiltechnik [3, 4], wozu jetzt mehrere Möglichkeiten verfügbar sind.

In der Praxis wird oft mit Maschinen gearbeitet, die in bezug auf Leistung und Funktion nicht richtig miteinander in Einklang sind. Dadurch ist die Arbeitskette nicht optimal einzusetzen. Vielleicht ist die Arbeitsqualität nicht optimal, oder die Leistungsfähigkeit der einzelnen Maschinen wird nur teilweise genutzt. Durch eine bessere Abstimmung der Maschinenleistungen läßt sich oft die gesamte Effektivität steigern (höhere Leistung bzw. geringere Investitionen).

Auch Verluste während Ernte, Lagerung und Konservierung spielen eine bedeutende Rolle. Eine gute Betriebsführung und ein guter Einsatz von Maschinen und Hilfsmitteln können geringere Verluste und eine bessere Futterqualität bewirken.



**Bild 2.** Drei Möglichkeiten der Arbeitsorganisation für die Herstellung von Anwelksilage.

- a Ein-Mann-Verfahren
- b Einsatz mehrerer Leute, Mähen und Einsilieren am gleichen Tag
- c Einsatz mehrerer Leute, Mähen am Nachmittag, Einsilieren am nächsten Tag

## 3. Auf einmal zu erntende Fläche und notwendige Maschinenleistung

Die auf einmal zu erntende Fläche ist von Hof zu Hof verschieden. Doch mähen viele Betriebe oft noch zu viel auf einmal. Entweder braucht man dann im Anschluß eine zu große Maschinenleistung oder die folgenden Arbeitsgänge werden zu spät durchgeführt. Über eine gute Betriebsplanung ist es möglich, die jeweils auf einmal zu erntende Fläche zu reduzieren.

Um die auf einmal zu erntende Fläche zu bestimmen, wird beispielsweise davon ausgegangen, daß mit dem ersten Schnitt etwa 60 % der insgesamt für die Silagebereitung vorgesehenen Fläche bzw. der gesamten Silagemenge geerntet werden. Bei einer gezielten, guten Betriebsführung (mit unterschiedlichen Düngergaben und Ausbringedaten sowie mit einem Beginn des Mähens, wenn die Erntemengen noch gering sind, usw.) kann die gesamte Erntedauer auf einen Zeitraum von drei bis vier Wochen verlängert werden.

In diesem Zeitraum gibt es erfahrungsgemäß – je nach Gebiet – eine bestimmte Zahl von Erntetagen. Davon ausgehend, daß es in einer Woche mindestens zwei für die Ernte geeignete Tage geben wird, stehen insgesamt sechs bis acht Tage für die Ernte des ersten Schnittes zur Verfügung. Weiter wird davon ausgegangen, daß jedesmal mindestens 4 ha auf einmal geerntet werden. Die in dieser Weise auf einmal zu erntende Fläche ist in **Tafel 2** wiedergegeben. Aus den Zahlen geht hervor, daß die Flächen erheblich kleiner sind, als in der Praxis oft üblich ist.

Gesamtfläche der Futterwerbung ha	Fläche beim 1. Schnitt ha	Auf einmal zu mähende Fläche bei vorgeseh. Zeitdauer	
		3 Wochen ha	4 Wochen ha
20	12	4	4
30	18	4	4
60	36	6	4,5
90	54	9	7
120	72	12	9

**Tafel 2.** Auf einmal zu erntende Fläche bei unterschiedlicher Gesamtfläche für die Futterwerbung.

Bei Verwendung der Arbeitskette: Mähen mit dem Mähauflbereiter, sofortiges und wiederholtes Zetten, Schwaden und Einfahren läßt sich aus gutem Gras eine gute Anwekksilage herstellen. Damit die Arbeitsvorgänge rechtzeitig durchgeführt werden können, sollen die Leistungen der einzelnen Maschinen, das Arbeitskräfteangebot und die Arbeitsorganisation mit der bearbeiteten Fläche im Einklang sein. Dabei muß auch die Arbeitsbreite der einzelnen Maschinen zueinander passen.

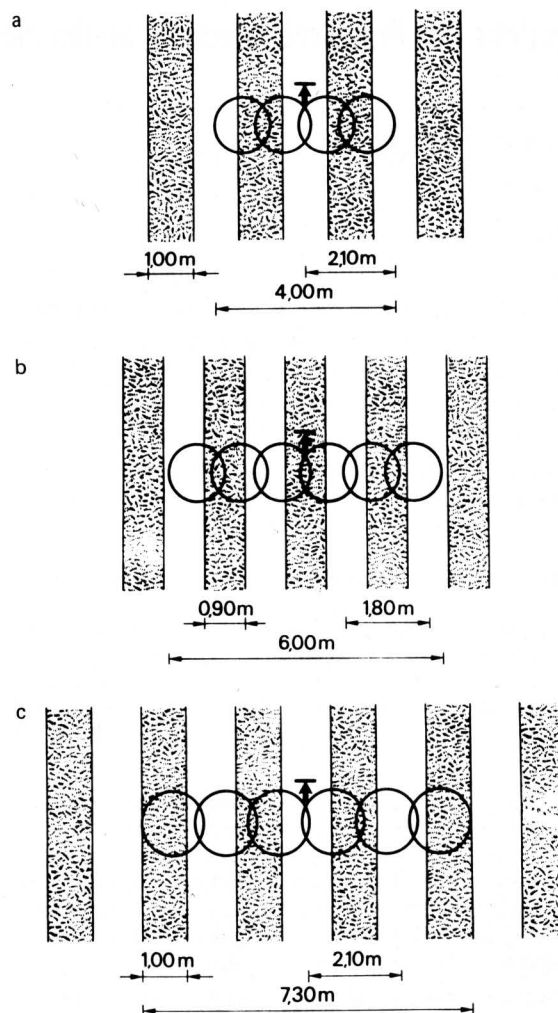
Die Leistung einer Maschine hängt von der Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitsbreite ab. Die richtige Fahrgeschwindigkeit ist außerdem für die Qualität der Arbeit von Bedeutung. **Tafel 3** gibt Fahrgeschwindigkeiten an, die eine gute Arbeitsqualität ermöglichen. Die angegebenen Leistungen basieren auf einer Ausnutzung von 85 %.

Arbeitsgang	Geschwindigkeit m/s	Arbeitsbreite in m								
		1,8	2,2	2,7	3,3	4,5	5,2	6,0	7,3	
Mähauflbereiten	2,5	1,4	1,7	2,1	2,5	3,4				
Zetten, 1. Mal	1,5			1,2		2,1	2,4			3,4
Zetten, 2. Mal	2,0			1,6		2,8	3,2			4,5
Schwaden	2,0			1,6	2,0	2,8	3,2	3,7		4,5

**Tafel 3.** Leistung verschiedener Arbeitsgänge in ha/h.

Aufgrund der Daten aus **Tafel 2** und **3** und **Bild 2** kann die benötigte Arbeitsbreite für die Maschinen gefunden werden. Zudem muß für eine optimale Wirkung der Maschinen die Arbeitsbreite von Zetter und Mähauflbereiter abgestimmt werden. Ein Kreiselzetter hat die beste Wirkung, wenn die Zinkenkreisel paarweise einen Mähswad bearbeiten. Außerdem wird verlangt, daß der Schlepper beim ersten Arbeitsgang nicht über die Mähswade fährt. Wenn die Maschine gerade hinter dem Schlepper gefahren wird, bedeutet dies, daß nur Kreiselzettwender mit zwei oder sechs Kreiseln verwendet werden können, **Bild 3**, wobei die Arbeitsbreite eines Kreiselpaars der Breite eines Mähswads entspricht.

Die Arbeitsbreite des Schwadrechens muß mit dem Volumen des Ladeschwades im Einklang sein. Es wird davon ausgegangen, daß das optimale Schwadvolumen für die verschiedenen Ladegeräte zwischen 6 und 8 kg/m liegt. Bei Gras mit einem Trockenmassegehalt von 35 % und einer Trockenmassemenge von 3,5 t/ha muß für ein Schwadvolumen von 6–8 kg/m das Erntegut von einer Breite von 6–8 m zusammengereicht werden. Die Kapazität des Rechens muß der Geschwindigkeit des Aufsammelns entsprechen. Dies bedeutet, daß bei leistungsfähigen Ernteverfahren die Arbeitsbreite der Schwader 6–8 m sein soll.



**Bild 3.** Abstimmung der Arbeitsbreite von Mähgerät und Zetter.

- a Falsche Abstimmung: 2 Kreiselemente bearbeiten 1 Mähswad, aber der Zetter hat 4 Elemente, so daß der Schlepper über den Mähswad fährt
- b Gute Abstimmung: 2 Kreiselemente bearbeiten 1 Mähswad, der Zetter hat 6 Elemente, Schlepper fährt nicht über den Schwad
- c Falsche Abstimmung: die Arbeitsbreite von 2 Kreiselementen stimmt nicht mit der Breite des Mähswads überein

### Schrifttum

- [ 1 ] *Ipema, A.H. u. W. Rossing:* Rechnergesteuerte Einzeltierfütterung von Grundfutter. VDI/MEG Kolloquium Mikroelektronik in der Tierhaltung, Braunschweig-Völkenrode 8./9. Dez. 1987; VDI/MEG Kolloquium Heft 5, S. 66/77.
- [ 2 ] *Bosma, A.H.:* Mähen, Wenden und Aufbereiten von Halmgut. KTBL-Fachgespräch Grundfütterernte und -konservierung, Darmstadt 18./19. März 1987; KTBL-Schrift 318, S. 31/45.
- [ 3 ] *Bosma, A.H. u. A.P. Verkaik:* Voordroogkuil binnen en dag. Teil I – Het veldwerk, Teil II – de oogst. Landbouwmecanisiaie Bd. 37 (1986) Nr. 4, S. 394/97 und 402/403.
- [ 4 ] *Bosma, A.H. u. J. Cornelissen:* Toedienen van inkuilmiddelen. Landbouwmecanisiaie Bd. 35 (1984) Nr. 6, S. 586/89.