



Einflussgrößen auf das Raumgewicht von Grassilagen

Raymond ROHNER und Ueli WYSS, Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG), CH-1725 Posieux

Seit 1976 erhebt die Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG) in Posieux laufend Daten über die Silierung von Grünfutter. In einer Analyse des Datenmaterials wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen den Raumgewichten (Trocken- und Frischsubstanzdichte) des einsilierten Futters und verschiedenen Parametern zu ermitteln. Es zeigt sich, dass vor allem bezüglich der Schnittlänge, dem Trockensubstanz- und dem Rohfasergehalt erhebliche Unterschiede bei der Verdichtung zu erwarten sind.

Eine wesentliche Voraussetzung der Silageherstellung ist eine gute und schnelle Verdichtung des Siliergutes. Sie verringert das Porenvolumen und schafft dadurch die notwendigen sauerstofffreien Bedingungen. Die Verdichtung lässt sich durch das Raumgewicht der Silage beschreiben, das auch eine wichtige Grösse zur Berechnung von Siloraumbedarf, Futterplänen und statischen Belastungen ist. Das Raumgewicht von Grassilagen wird durch mehrere verschiedenartige Faktoren bestimmt, die sich grob in einen futtereigenen und einen technischen Faktorenkomplex ordnen lassen. Von den futtereigenen Faktoren spielen die Gehaltswerte und die botanische Zusammensetzung eine wichtige Rolle. Zu den technischen Faktoren der Silierung zählen die Schnittlänge, die Art und Grösse des Silos und die mechanische Verdichtung durch Festtreten und Gewichtsaufgabe. Ausgewertet wurden die Raumgewichte nach dem Auflegen der Wasserpresse, so dass die Zahlen für die Schätzung des Siloraumbedarfes am Tag des Einsilierens verwendet werden können. Da für die Erhebung des vorliegenden Datenmaterials nur Hochsilos zu 9 und 13 m³ (2,20 m Durchmesser) verwendet wurden, konnten die Einflüsse der Silogrösse und der mechanischen Verdichtung nicht untersucht werden. Inwiefern aber die übrigen Faktoren die Verdichtung beeinflussten, ist im folgenden Beitrag dargestellt.

Kurzes Futter lässt sich stärker verdichten

In 68 von insgesamt 140 Silierversuchen wurde während der Ernte ein Häcksler

eingesetzt. Die Schnittlänge des Feldhäckslers ist im Vergleich zu derjenigen des Ladewagens kürzer und gleichmässiger.

Trotz des Einsatzes von bis zu 32 Messern variiert die Struktur des Ladewagenfutters viel stärker. Die mehr oder weniger intakten Halme bilden ein voluminöses und elastisches Futter. Obwohl das Futter im Durchschnitt in beiden Verfahren den gleichen Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) aufweist, sind die Raumgewichte des mit dem Ladewagen zerkleinerten Siliergutes deutlich tiefer als beim Futter, das mit dem Feldhäcksler bearbeitet wurde (Tab. 1). Einen Unterschied lässt

Tab. 1. Mittelwert und Streuung der Gehaltswerte, botanische Zusammensetzung, Trockensubstanz- und Frischsubstanzdichte (TS- bzw. FS-Dichte) bei gehäckseltem und ungehäckseltem Futter (Häcksler bzw. Ladewagen)

Merkmal	Häcksler (N=68)		Ladewagen (N=72)		Signifikanz
	Mittelwert	Streuung	Mittelwert	Streuung	
Trockensubstanz %	28	7	27	9	NS
Rohasche g/kg TS	142	39	130	59	NS
Rohprotein g/kg TS	175	36	161	29	**
Rohfaser g/kg TS	213	52	228	39	*
Anteil Gräser %	47	31	56	26	NS
Anteil Leguminosen %	40	31	41	26	NS
Anteil Kräuter %	13	23	3	7	**
FS-Dichte kg/m ³ TS	681	166	499	133	**
TS-Dichte kg/m ³ TS	182	34	129	33	**

Signifikanzen: NS (nicht signifikant); * (p=0,05); ** (p=0,01); Die Gehaltswerte und botanische Zusammensetzung beziehen sich auf das einsilierte Grünfutter, die Raumgewichte wurden rund einen Tag nach dem Einsilieren ermittelt.

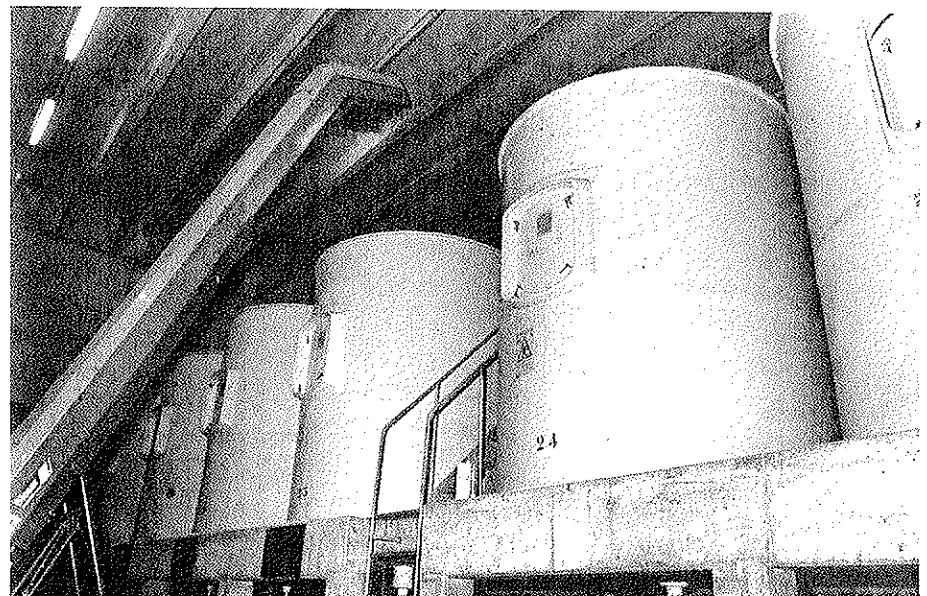
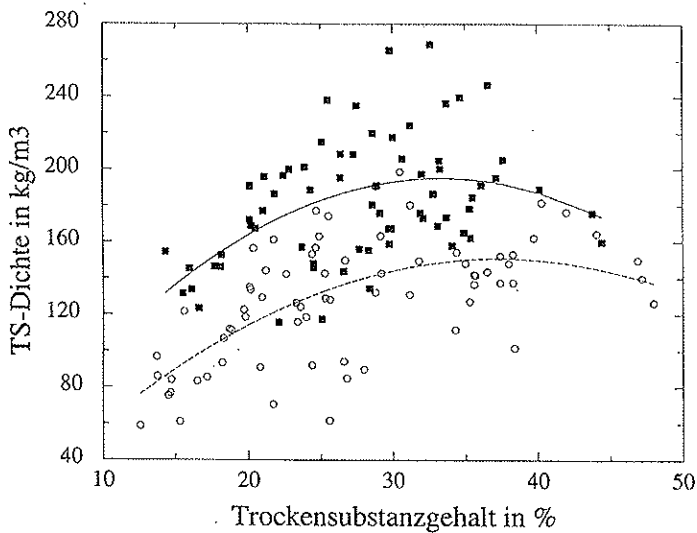


Abb. 1. Für die Silierversuche wurden Silos mit 9 und 13 m³ verwendet. Die Abdeckung und Verdichtung erfolgte mit einer Wasserpresse (40 cm Wasserhöhe).



Häckslers: ■ = Einzelwerte, — = Regression; Ladewagen: ○ = Einzelwerte, - - - = Regression

Abb. 2. Trockensubstanzdichte in kg/m^3 für Siliergut mit unterschiedlicher Schnittlänge in Abhängigkeit des Trockensubstanzgehaltes in %.

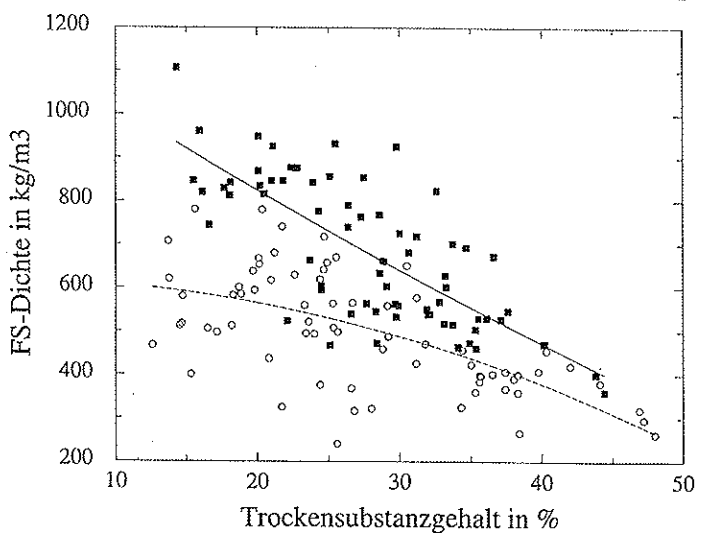
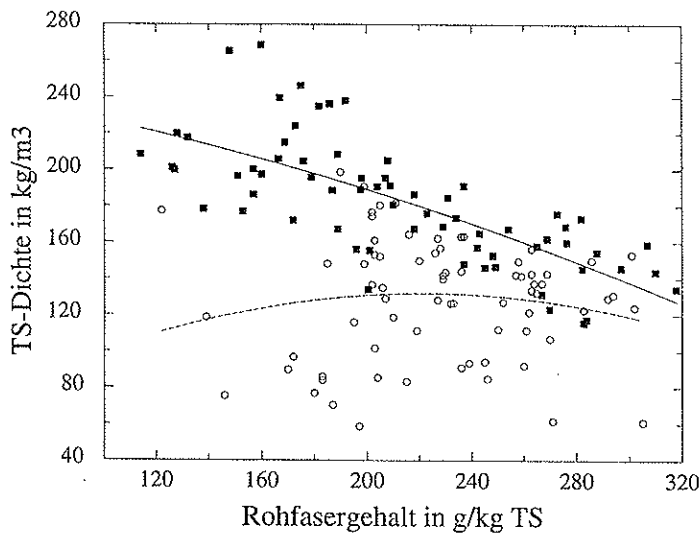


Abb. 3. Frischsubstanzdichte in kg/m^3 für Siliergut mit unterschiedlicher Schnittlänge in Abhängigkeit des Trockensubstanzgehaltes in %.



Häckslers: ■ = Einzelwerte, — = Regression; Ladewagen: ○ = Einzelwerte, - - - = Regression

Abb. 4. Trockensubstanzdichte in kg/m^3 für Siliergut mit unterschiedlicher Schnittlänge in Abhängigkeit des Rohfasergehaltes in g/kg TS .

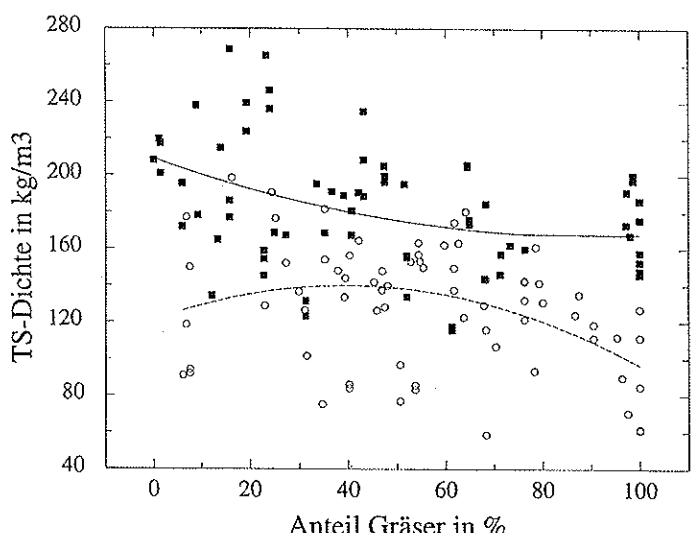
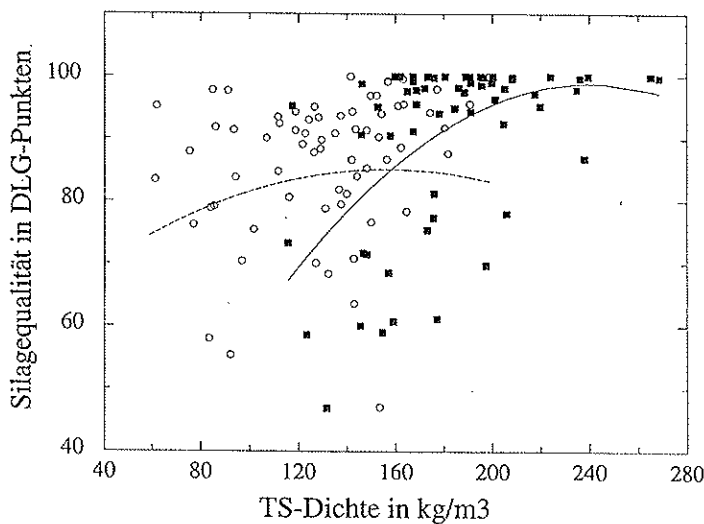


Abb. 5. Trockensubstanzdichte in kg/m^3 für Siliergut mit unterschiedlicher Schnittlänge in Abhängigkeit des Gräseranteils in %.



Häckslers: ■ = Einzelwerte, — = Regression; Ladewagen: ○ = Einzelwerte, - - - = Regression

Abb. 6. Silagequalität in DLG-Punkten für Siliergut mit unterschiedlicher Schnittlänge in Abhängigkeit der Trockensubstanzdichte in kg/m^3 .

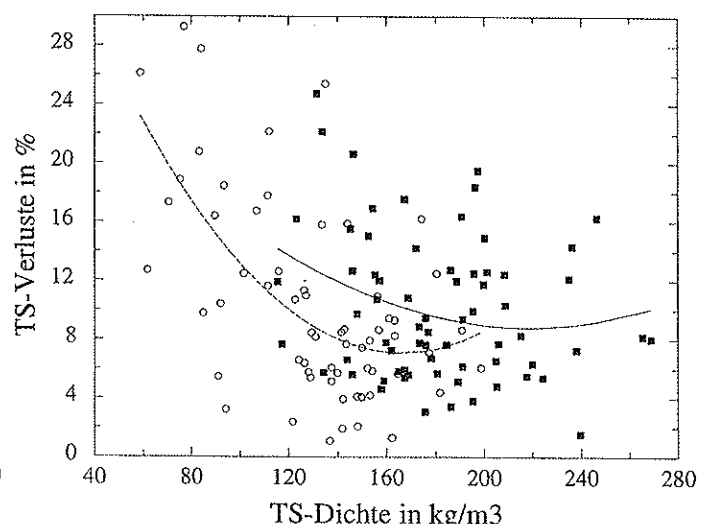


Abb. 7. Trockensubstanzverlust in % für Siliergut mit unterschiedlicher Schnittlänge in Abhängigkeit der Trockensubstanzdichte in kg/m^3 .

sich auch in der Veränderung des Silagevolumens während der Gärungsphase feststellen. Die Bestimmung des Volumens rund einen Monat später zeigte, dass ungehäckseltes Futter eine Volumenreduktion von durchschnittlich 28 % (Streuung $s = 16$) erfuhr, während gehäckseltes Futter eine solche von durchschnittlich 17 % ($s = 8$) aufwies.

Höchste TS-Dichte bei 35 % TS

Die Höhe des TS-Gehaltes wirkt sich ebenfalls auf die Verdichtung des Silierfutters aus. Die Korrelationskoeffizienten zwischen TS-Gehalt und Trockensubstanzdichte (TS-Dichte) betragen bei gehäckseltem Futter 0,38 und beim Ladewagenfutter 0,54. Aus der Kurvencharakteristik der in Abbildung 2 dargestellten quadratischen Regressionen ist ersichtlich, dass bezüglich der TS-Dichte ein Optimum bei einem TS-Gehalt von rund 35 % zu erwarten ist. Futter mit tieferem oder höherem TS-Gehalt weist jeweils eine geringere Dichte auf. Die Frischsubstanzdichte (FS-Dichte) hingegen sinkt mit zunehmendem TS-Gehalt (Abb. 3). Zwischen dem TS-Gehalt und der FS-Dichte ergeben sich Korrelationen von -0,75 bei gehäckseltem und -0,61 bei ungehäckseltem Futter.

Einfluss des Alters

Der Nährwert von Silagen ist unter anderem durch den Rohfaser- und Rohprotein gehalt (RF- bzw. RP-Gehalt), die eng mit dem Alter des einsilierten Grünfutters zusammenhängen, mitbestimmt (FAG 1994). Anhand äusserer Merkmale bestimmter Futterpflanzen kann das Altersstadium von Wiesenbeständen relativ einfach bestimmt und die entsprechenden RF- und RP-Gehalte aus Nährwerttabellen entnommen werden. Im Verlaufe des Wachstums der Pflanzen erhöht sich der RF-Gehalt während der RP-Gehalt sinkt. Die Korrelation zwischen diesen Gehaltswerten ist bei beiden Schnittvarianten etwa gleich. Sie beträgt bezüglich des gesamten Datenmaterials -0,47. Der RF- und der RP-Gehalt zeigen vor allem bei gehäckseltem Futter eine deutliche Korrelation mit der TS-Dichte (-0,72 bzw. 0,47). Wie in Abbildung 4 ersichtlich, sinkt bei steigendem RF-Gehalt die TS-Dichte des Silierfutters. Den gleichen Verlauf lässt sich auch bei der FS-Dichte beobachten. Bei ungehäckseltem Futter

hingegen ist der Zusammenhang zwischen dem RF-Gehalt und den Raumgewichten kaum festzustellen. Es ist hier vermutlich auch weniger der Gehalt als die Sperrigkeit, beziehungsweise die Elastizität der Rohfasern massgebend.

Raumgewicht variiert mit dem Gräseranteil

Die Bedeutung der pflanzlichen Faser widerspiegelt sich auch im Einfluss der botanischen Zusammensetzung des Grünfutters auf die Verdichtung. Gräser haben in vergleichbaren Entwicklungsstadien einen höheren Gehalt an Rohfaser als Futterleguminosen (FAG 1994). Ein zunehmender Anteil an Gräsern verringert die Raumgewichte. Bei der TS-Dichte ist dieser Zusammenhang relativ unabhängig von der Schnittlänge (Abb. 5) Die Korrelation beträgt für gehäckseltes Futter -0,36 und für ungehäckseltes -0,29. Bezüglich der FS-Dichte hingegen lässt sich der Einfluss der botanischen Zusammensetzung nur bei gehäckseltem Siliergut erkennen ($r = -0,44$). Bei ungehäckseltem Futter besteht mit $r = -0,07$ keine Korrelation mehr zwischen dem Gräseranteil und der FS-Dichte.

Silagequalität und Verdichtung

Die Silagequalität wird durch mehrere Merkmale beschrieben. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Zusammenhang zwischen den Raumgewichten und der DLG-Punktierung untersucht. Die DLG-Punktierung berechnet sich nach einem Schlüssel, der den Gehalt an Buttersäure, Essigsäure, Ammoniak und den pH-Wert miteinbezieht (Weissbach und Honig 1992). Die Qualitätsnote beträgt maximal 100 Punkte. Die durchschnittliche Qualität der an der FAG untersuchten Silagen ist hoch, was unter anderem dem Einsatz von Siliermitteln bei nassem Fut-

ter zuzuschreiben ist. Mit durchschnittlich 90 Punkten ist die Qualität der gehäckselten Silage etwas besser als diejenige ungehäckselter Silagen (83 Punkte). Die optimale Punktzahl ist je nach Schnittlänge auf unterschiedlich hohen Niveaus der TS-Dichte zu erwarten (Abb. 6). Sie entsprechen jedoch in beiden Fällen einem Siliergut von rund 30 - 35 % TS-Gehalt. In denselben Bereichen des TS-Gehaltes verzeichnen die Silagen auch die geringsten TS-Verluste (Abb. 7). Der durchschnittliche TS-Verlust beträgt unabhängig von der Schnittlänge rund 10 %.

Regressionsgleichungen

Die Abhängigkeit zwischen der TS-Dichte und den Gehaltswerten an Trockensubstanz und Rohfaser kann am besten mit einer mehrfach *nichtlinearen* Regressionsgleichung beschrieben werden. Bezüglich der FS-Dichte sind mehrfach *lineare* Regressionen angebracht (Tab. 2). Die Raumgewichtsschätzung bleibt jedoch mit relativ hohen Streuungen behaftet. Ein Vergleich mit anderen Publikationen zeigt zudem, dass hinsichtlich der Einflussfaktoren unterschiedliche Auffassungen bestehen. So verfolgte Landis (1970) in seiner Erhebung bezüglich Raumgewicht von Silagen den Einfluss der Schichttiefe im Silo und des TS-Gehaltes. Eine Untersuchung mit Silos ähnlicher Grösse wie bei der FAG liegt von Messer und Hawkins (1977) vor. Die Silagen wurden allerdings nicht mit einer Wasserpresse sondern durch Festtreten verdichtet. Im Gegensatz zur FAG-Erhebung fanden sie einen sehr geringen Einfluss des RF-Gehaltes. Dernerde (1983) dagegen konnte in einer detaillierten Untersuchung eine Abhängigkeit der Raumgewichte vom Rohfasergehalt feststellen. Seine Ergebnisse zeigten, dass die TS-Dichte bei zunehmendem RF-Gehalt ebenfalls abnahm. Er sieht im Rohfasergehalt sogar die bedeutendste pflanzliche Einflussgrösse.

Tab. 2. Regressionsgleichungen der Trocken- und Frischsubstanzdichten (TS- bzw. FS-Dichte) für gehäckselte und ungehäckselte Silagen (Häcksler bzw. Ladewagen)

Häcksler:

$$\text{TS-Dichte} = f(\text{TS}, \text{RF}) = 190,8 + 4,479 \text{ TS} - 0,051 \text{ TS}^2 - 0,431 \text{ RF} \quad (r^2 = 0,629 \quad s = 21,0)$$

$$\text{FS-Dichte} = f(\text{TS}, \text{RF}) = 1492,1 - 18,731 \text{ TS} - 1,354 \text{ RF} \quad (r^2 = 0,734 \quad s = 86,8)$$

Ladewagen:

$$\text{TS-Dichte} = f(\text{TS}, \text{RF}) = -5,9 + 9,496 \text{ TS} - 0,128 \text{ TS}^2 - 0,082 \text{ RF} \quad (r^2 = 0,405 \quad s = 26,0)$$

$$\text{FS-Dichte} = f(\text{TS}, \text{RF}) = 774,0 - 9,027 \text{ TS} - 0,126 \text{ RF} \quad (r^2 = 0,377 \quad s = 106,5)$$

Raumgewichte in kg/m^3 ; TS = Trockensubstanzgehalt in %; RF = Rohfasergehalt in g/kg TS; r^2 = Bestimmtheitsmass; s = Reststreuung

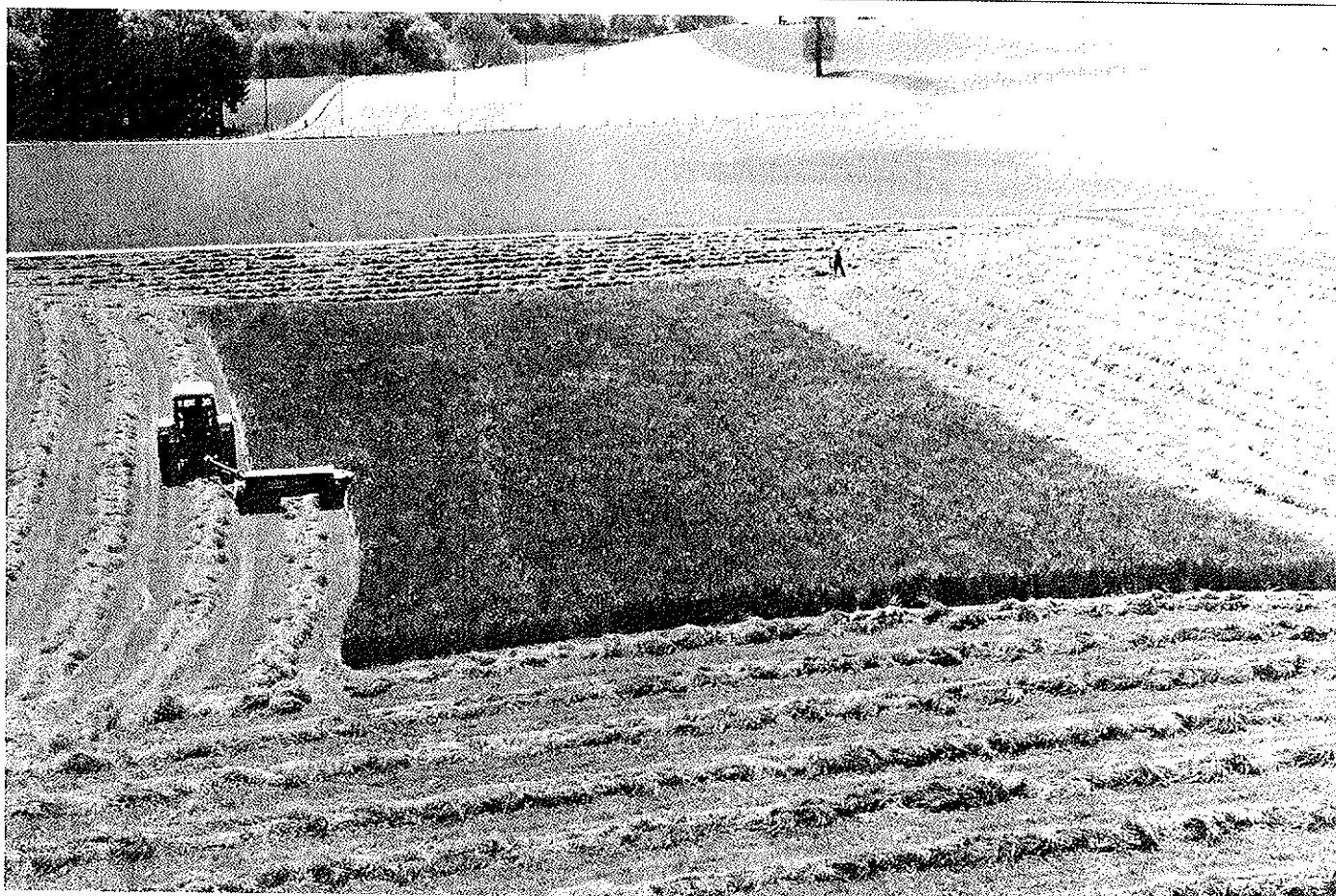


Abb. 8. Der für die optimale Verdichtung gewünschte TS-Gehalt von 35 Prozent stellt sich je nach Witterung und Futterart unterschiedlich schnell ein.

Die unterschiedliche Diskussion hinsichtlich der Bedeutung der Einflussfaktoren deutet darauf hin, dass die in Tabelle 2 erwähnten Regressionen mit Vorsicht in andere Praxisbedingungen zu übernehmen sind. Sie eignen sich am besten für Futter mit einem TS-Gehalt von 15 - 45 % und Silos von rund 3 m Höhe.

LITERATUR

Dernedde W., 1983. Der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Verdichtung von Gras in Lagerbehältern bei statischer Belastung. *Landbauforschung Völkenrode* 33, 4, 259-263.

Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG), 1994. Posieux, Schweiz (Hrsg.), Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. (3. überarb. Aufl.), Zollikofen, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale.

Landis, J., 1970. Kurzbericht über Erhebungen bezüglich Raumgewicht und Trockensubstanzgehalt von Silagen. Technische Kommission, Schweizerische Vereinigung für Silowirtschaft.

Messer H. J. M. and Hawkins J. C., 1977. The Influence of the Properties of Grass Silage on Bulk Density and Horizontal Pressure. *J. Agric. Engng. Res.* 22, 55-64.

Weissbach F. und Honig H., 1992. Ein neuer Schlüssel zur Beurteilung von Silagen auf der Basis der chemischen Analyse. Kongressband 1992 Göttingen, *VDLUFA-Schriftenreihe* 35, 489-494.

RÉSUMÉ

Facteurs influençant la densité des ensilages

Les données de 140 essais d'ensilage de la station fédérale de recherches pour la production animale ont permis de montrer qu'il existe une relation entre la densité du fourrage au moment du remplissage du silo et les paramètres teneur en matière sèche, teneur en cellulose brute, composition botanique et longueur de coupe de l'ensilage. Tandis qu'une teneur en matière sèche de près de 35 % conduisait à la densité maximale de la matière sèche, la densité de la matière fraîche diminuait avec l'augmentation des teneurs en matière sèche. La densité était négativement corrélée avec la teneur en cellulose brute, laquelle déterminait à certains égards l'influence de la composition botanique. La longueur de coupe a eu une influence sur la compression des fourrages. Le fourrage haché a eu une compression plus élevée et régulière (en moyenne 182 kg/m³ MS) que le fourrage récolté et coupé avec l'autochargeuse (en moyenne 129 kg/m³ MS). On suppose que les facteurs techniques d'ensilage et les caractéristiques structurelles du fourrage jouent un plus grand rôle sur la compression du fourrage non haché que sur le fourrage haché. On a en outre pu montrer que la densité de la matière sèche avait un effet positif sur la qualité de l'ensilage et réduisait les pertes de matière sèche.

SUMMARY

Factors influencing bulk density of grass silage

Data analysis comprising 140 experiments on grass silage beginning in 1976 showed that bulk density of the grass at the moment of silo filling is related to its dry matter content, fibre content, botanical composition and the chop length. A dry matter content of 35 % resulted in highest mean dry matter density, whereas fresh matter density decreased with increasing dry matter content. Bulk density is negatively correlated with fibre content which is, to a certain extent given by the age and the botanical composition of the grass. In 68 experiments the grass was harvested with a forage harvester leading to a shorter chop length and a more regular and higher compaction (182 kg/m³ DM) compared to grass picked up and cut by a self-loading trailer (72 experiments, 129 kg/m³ DM). We believe that silage technique and structural properties of the grass influence compaction to a greater degree in long-chopped grass than in short-chopped grass. Finally, we proved that a high dry matter density is associated with improved silage quality and reduced dry matter losses.

KEY WORDS: grass silage, bulk density, silage quality