

## Das Raumgewicht von Heu

### Neben der Technik mischt auch der Betriebsleiter mit

Jürg Baumgartner, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT),  
 CH-8356 Tänikon

Das Raumgewicht schwankt in einem grossen Bereich. Es hängt in erster Linie von der Stockhöhe, der Einfuhrfeuchte des Welkheus, vom Rohfasergehalt und von der Einfüll-

höhe ab. Unterschiede aufgrund der Einlagerungsgeräte – Gebläse oder Greifer – konnten in diesem Praxisversuch nicht bestätigt werden. Die Luftdruckmessung unter dem

Rost (bei laufendem Ventilator am Ende der Stocktrocknung) zeigt dem Betriebsleiter das Raumgewicht an. Er kann damit schnell auf den Futtermvorrat schliessen.



Abb. 1. Zum Bohren der Heustockproben diente eine elektrisch betriebene Sonde, die einen Zylinder mit einem Durchmesser von zirka 75 mm herauschnitt.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Bestimmung des Raumgewichts	2
Resultate	2
Luftdruck als Mass des Raumgewichts	4
Schlussfolgerungen	4

## Problemstellung

In der Siloverbotszone setzt der Wintervorrat für 180 Tage und 25 GVE je nach Raumgewicht (80 oder 100 kg Heu pro m<sup>3</sup>) ein Volumen von 920 bis 1150 m<sup>3</sup> voraus. Diese Differenz von 230 m<sup>3</sup> erfordert eine Mehrinvestition von Fr. 13 800.– für den grösseren Raum und den stärkeren Ventilator, bei Fr. 60.– pauschal pro m<sup>3</sup> gerechnet. Für Planungen und Kostenschätzungen von Heulagern ist deshalb die Kenntnis des genauen Raumgewichts wichtig. Zudem setzt eine gute Fütterungsplanung eine exakte Bestimmung des Futtermaterials voraus.

## Bestimmung des Raumgewichts

### Erhebungen auf Praxisbetrieben

Um die Einflüsse auf das Raumgewicht besser abschätzen zu können, wurden 24 Heu- und Emdstöcke von 17 Betrieben aus verschiedenen Regionen untersucht. Als Luftdruckmesser diente ein Plastikslauch, der einerseits am Rostfuss montiert wurde und andererseits an der Aussenseite der Einwandung in einer U-förmigen Schlaufe endete. Das eingefüllte Wasser zeigte den Luftdruck unter dem Rost in mm Wassersäule (mm WS) an. Farbmarkierungen an zwei Innenflächen der Stockeinwandung gaben die Stockhöhe an.

Die Betriebsleiter notierten bei jedem Einfüllen von Welkheu die Anzahl Ladewagen, den Trockensubstanz-Gehalt (eine Probe im Backofen bestimmt, die übrigen geschätzt), die jeweilige Stockhöhe sowie den Luftdruck.

Weitere Betriebsmerkmale waren:

- Silo- oder Nichtsilozone,
- Typ des Mähers,
- mit oder ohne Quetscher,
- Typ des Ladewagens,
- Anzahl der Messer,
- Gebläse- oder Greifereinlagerung,
- Belüftungssystem, Sonnenkollektor, Wärmepumpe,

- Heu und Emd separat oder gemischt,
- Typ des Belüftungsventilators,
- Masse des Heustocks.

### Stockbohrungen auf Praxisbetrieben

Nach der Trocknung des zuletzt eingeführten Futters entnahm die FAT mit Hilfe einer Bohrsonde von jedem Stock mehrere Proben, total ungefähr 100 (Abb. 1). Jede Bohrung ergab drei bis sechs Teilproben, je nach Stockhöhe. Pro 50 m<sup>2</sup> Stockfläche erfolgten mindestens zwei Bohrungen, bei grösseren Stöcken je 50 m<sup>2</sup> Mehrfläche eine dazu. Alle Teilproben eines Stocks mit dem gleichen Höhenniveau ergaben eine Mischprobe. Für jede dieser 195 Proben erfolgten auch eine Trockensubstanz-Bestimmung und eine Nährstoffanalyse (u.a. Rohfasergehalt).

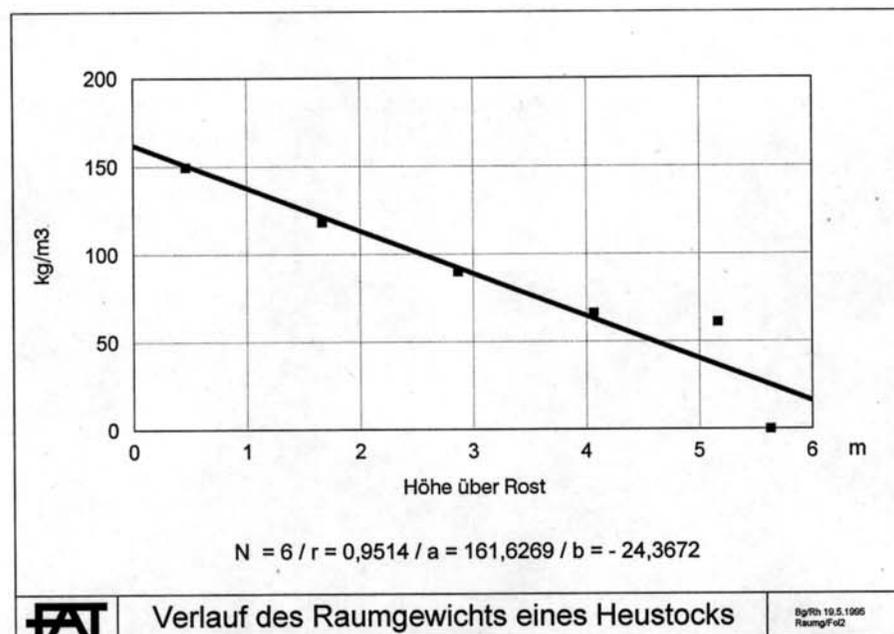
### Ergänzende Luftdruckmessungen

Die FAT überprüfte mit Hilfe einer Druckmess-Sonde die von den Betriebsleitern aufgeschriebenen Luftdruckmessungen und Stockhöhen auf den Praxisbetrieben.

Zudem lagen aus FAT-Versuchen der letzten Jahre (1984–1992) genaue Raumgewichte, Luftdruckmessungen und Angaben über Stockhöhen vor.

## Resultate

Beim einzelnen Heustock ist in der Regel ein ziemlich linearer Verlauf des Raumgewichts in Abhängigkeit von der Stockhöhe über den Rost zu erwarten (Abb. 2). Vom höchsten Wert direkt über dem Rost nimmt es stetig bis auf Null an der Stockoberfläche ab. Bei «weichen» Stöcken mit einem niederen Raumgewicht ist eine Abweichung der Messwerte von der Geraden an der Oberfläche zu beobachten. Dies wird vermutlich durch die Bohrmethode selber verursacht, weil an dieser Stelle durch das Gewicht der Bedienungs-personen und der Bohrsonde der Stock festgetreten wird. Abweichungen in Richtung höheres Raumgewicht direkt über dem Rost sind auch festzustellen, wenn beim ersten Einfüllen viel und feuchtes Futter eingelagert wird. Die von jedem Stock berechnete lineare Gleichung dient als Grundlage zur



**FAT** Verlauf des Raumgewichts eines Heustocks

Bg/Rh 10.5.1995  
RaumFol2

Abb. 2. Das Raumgewicht in einem Heustock steigt proportional mit der Höhe über dem Rost. Kleinere Abweichungen der Linearität ergeben sich durch eine Pressung der Stockoberfläche durch die Bedienungs-person(en) der Bohrsonde und durch die Reibung der Sonde am Rauhfutter.

Ermittlung des Raumgewichts jeder eingeführten Schicht von allen Stöcken. Die Darstellung dieser 195 Werte in Abhängigkeit der Höhe über dem Rost zeigt immer noch eine grosse Linearität (Abb. 3).

Die Streuung der  $\text{kg/m}^3$ -Werte lassen weitere Einflussgrössen auf das Raumgewicht erkennen. Die Auswertung mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse ergibt folgende vier Hauptparameter für das Raumgewicht:

1. Die Stockhöhe hat den grössten Einfluss.
2. Als zweitwichtigste Einflussgrösse erweist sich der TS-Gehalt des Welkheus (berechnet für 16, 25, 35 und 44 kg zu entziehendes Wasser pro  $\text{m}^3$  Welkheu).
3. Auch das Futterstadium (für ausgewogene Mischbestände Stadium 2 = 205 g Rohfaser pro kg TS, Stadium 4 = 271 g/kg, Stadium 6 = 347 g/kg) übt einen grossen Einfluss aus.

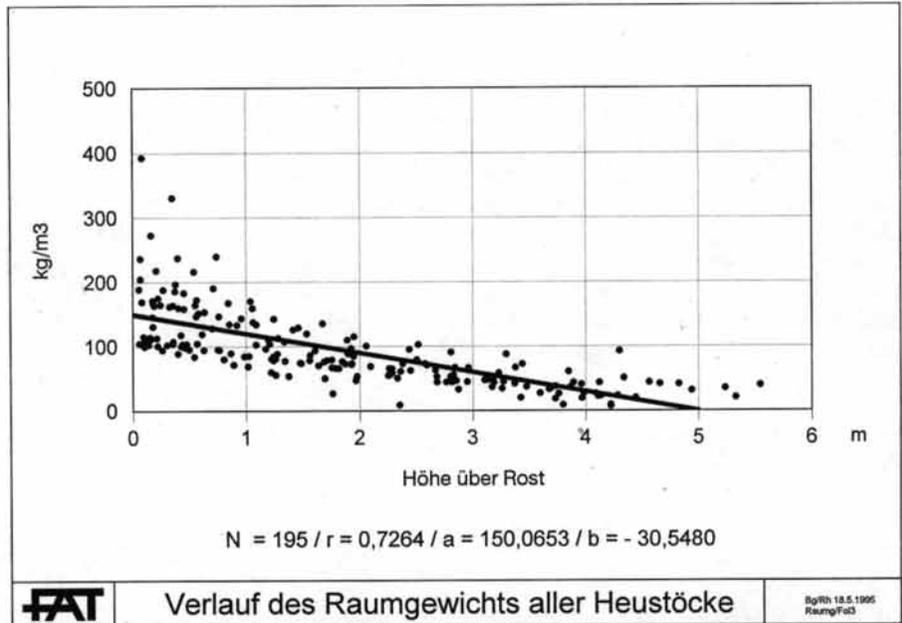


Abb. 3. Alle ausgewerteten Bohrproben von 24 Stöcken zeigen immer noch eine gesicherte lineare Beziehung zwischen Stockhöhe und Raumgewicht. Die Streuungen hängen hauptsächlich vom TS-Gehalt und Rohfaseranteil des Futters und von der Einführmenge ab.

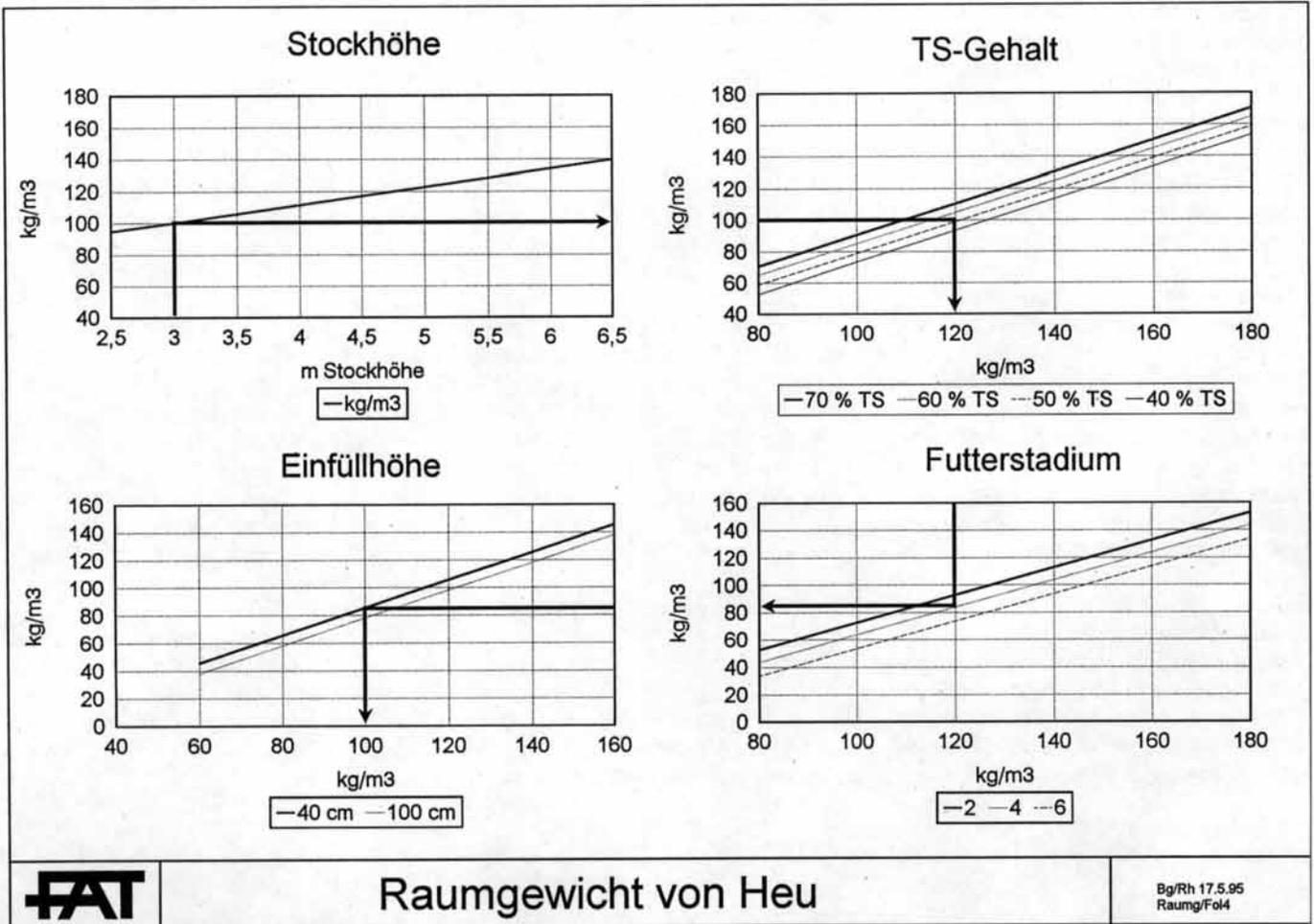


Abb. 4. Ausgehend von der Stockhöhe (zum Beispiel 3 m), über den mittleren TS-Gehalt, das Futterstadium und die Einfüllhöhe lässt sich das Raumgewicht ablesen. Zu- und Abschläge von weiteren Einflussgrössen dürfen nicht vergessen werden!

4. Die mittlere Einfüllhöhe pro Tag (= Stockhöhe geteilt durch Anzahl Einführtage) ist nicht zu vernachlässigen. Ausgehend von der Stockhöhe, vom TS-Gehalt, Futterstadium und von der Einfüllhöhe lässt sich das Raumgewicht leicht und rasch bestimmen (Abb. 4).

Grosse Stockhöhen, tiefe TS-Gehalte beim Einführen des Welkheus, junges, rohfasernarmes Futter und grosse Mengen ergeben hohe Raumgewichte.

## Weitere Erkenntnisse aus den Praxisbetrieben

**Sehr kurz geschnittenes Futter** (Messerabstand unter 25 cm) erhöht das Raumgewicht um 6 bis 7 kg/m<sup>3</sup>.

**Aufbereitetes Futter** lagert im Durchschnitt 8 kg/m<sup>3</sup> weniger dicht. Das vielfach geknickte Futter ist sperriger als das nicht aufbereitete.

Entgegen früheren Beobachtungen an der FAT sind keine sicheren Unterschiede zwischen dem Einfluss der **Gebälsebeschickung** und der **Greifereinlagerung** mehr festzustellen. Im FAT-Bericht 281 betrug der Unterschied noch 9 kg/m<sup>3</sup> oder rund 8%. Eine bessere Technik (Greiferhochstellung) und auch das heute frühere Einführen (= tieferer TS-Gehalt) mit dem Greifer bewirken höhere Raumgewichte.

In den FAT-Versuchen resultierten trotz Futtereinlagerung mit dem Greifer relativ hohe Raumgewichte, die in den ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieben nur in Ausnahmefällen erreicht werden. Diese Versuche dienten in der Regel als Test für Wärmepumpen und Sonnenkollektoren, und es wurde deshalb viel (mehr als 100 cm Einfüllhöhe) und feuchtes (weniger als 50% TS) Futter eingeführt.

Tendenzmässig lagert Heu, das schneller abtrocknet, weniger dicht. Die kleinsten Raumgewichte stammen von Belüftungen mit Wärmepumpen, im Mittel liegen die Anlagen mit Sonnenkollektoren und am höchsten diejenigen mit Kaltbelüftungen.

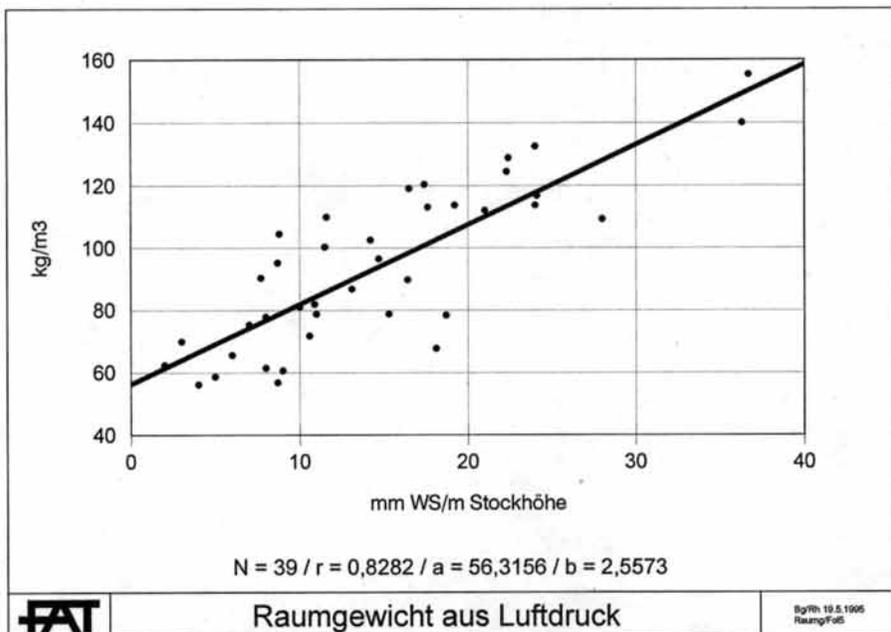


Abb. 5. Ist eine Druckmессeinrichtung vorhanden, so kann der Wintervorrat einfach geschätzt werden.

Beispiel: Gemessener Druck = 45 mm WS

Abgelesene Stockhöhe = 4 m

Druck pro m Stockhöhe = 45 : 4 = 11 mm WS/m

11 mm WS ergeben 85 kg/m<sup>3</sup> Heu in der Abbildung

Stockvolumen = 440 m<sup>3</sup>

Wintervorrat = 440 × 85 = 37 400 kg oder 37,4 t Heu

## Luftdruck als Mass des Raumgewichts

Der unter dem Heustock gemessene Luftdruck in mm WS (mm Wassersäule) zeigt einen sehr gut gesicherten Zusammenhang mit dem Raumgewicht (Abb. 5). Er könnte folglich als wichtiges Hilfsmittel zur Schätzung des Futtervorrates dienen.

## Schlussfolgerungen

Ein hoher Stock in Verbindung mit einem tiefen TS-Gehalt beim Einführen (schweres Welkheu) erhöht das spezi-

fische Gewicht des Stocks. Sehr junges Futter lässt sich besser zusammenpressen als älteres und trägt zu einem höheren Raumgewicht bei. Grössere Einfuhrschichten setzen sich mehr und lassen ebenfalls ein höheres Raumgewicht erwarten.

Die Einflussgrössen auf das Raumgewicht können mit einem Nomogramm ermittelt werden. Unbedingt sind jedoch auch die weiteren Einflüsse zu beachten. Entgegen früherer Beobachtungen bestehen keine gesicherten Unterschiede von Greifer- oder Gebälseeinlagerung in bezug auf das Raumgewicht.

Mit Hilfe einer Luftdruckmessung unter dem Heustock bei laufendem Ventilator am Schluss der Heutrocknung kann der Futtervorrat rasch und einfach geschätzt werden.