

# Technologie und Ausrüstungen für Futterhäuser der Rinderproduktion

Dr.-Ing. E. Schade, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

## Problemstellung

Die Konzentration der Pflanzen- und Tierproduktion hat sich in den meisten Betrieben unterschiedlich entwickelt. Zugenommen hat die Zentralisierung des Futteranbaus und der Futtermittellagerung. Dagegen werden im DDR-Durchschnitt noch über die Hälfte der Rinder in 85% der Ställe gehalten, die nur über eine Kapazität < 200 Tierplätze, bezogen auf RGV, verfügen.

Das führte bei der Futterversorgung der Rinder zu größeren Transportentfernungen, zu einer geringeren Auslastung der Transportfahrzeuge oder zu längeren Zwischenlagerzeiten an den Ställen (besonders bei Silagen). Auch sind Masseschwankungen bei den bereitgestellten Feuchtgrobfuttermitteln von 20 bis 30% je Tag und Stall üblich.

Folgende negative Auswirkungen dieser Situation können genannt werden:

- zu hohe Verluste vor allem bei den Silagen
- zu geringe Leistung aus dem Grobfutter
- zu hohe Transportaufwendungen
- insgesamt zu hohe spezifische Futterkosten in der Rinderproduktion.

Diese Sachverhalte sind nicht immer für die großen Rinderproduktionsanlagen mit den dazugehörigen Futterhäusern zutreffend. Aber für 28573 kleine Stallobjekte mit weniger als 200 Tierplätzen stehen gegenwärtig nach der Bausubstanzerhebung von 1986 nur 4253 meistens kleinere Futterhäuser zur Verfügung, die zu 67% einzelnen Ställen und zu 23% einer Rinderanlage zugeordnet sind. Diese Futterhäuser werden zum Herstellen von Futtergemischen und für den Umschlag der einzelnen Futtermittel genutzt. In 75% der kleineren Futterhäuser wird das Futter nicht gewogen, und rd. 20% der Betriebe verwenden Straßenfahrzeugwaagen zur Futtereingangskontrolle.

Besonders in den Betrieben mit vielseitigem Futterangebot und dezentraler Rinderhaltung sind deshalb zur Verbesserung der Futterökonomie günstigere Lösungen für die Fut-

terversorgung zu schaffen. In Betrieben mit einem Rinderbestand von etwa 500 bis 1500 fGV eignen sich dafür zentrale Futterhäuser und Futterumschlaggebäude.

## Gestaltung des technologischen Prozesses

Das Futterhaus ist ein Bindeglied zwischen der Pflanzenproduktion mit der Futtermittellagerung und der Rinderproduktion. Der technologische Prozeß der Futterversorgung gliedert sich dadurch in die Prozeßabschnitte Bereitstellen der Futtermittel, Aufbereiten und Kontrolle des Futters und Verteilen der Futtergemische oder auch einzelner Futterkomponenten einer Ration (Bild 1). Zur Anpassung an die betrieblichen Bedingungen ist für ein Futterhaus eine weitere Unterteilung in 7 Abschnitte für das Aufbereiten und 3 für die Futtermittelkontrolle und Automatisierung möglich. Die wichtigsten Funk-

tionen, die ein Futterhaus zu erfüllen hat, sind

- Zwischenlagern der Futtermittel
- Herstellen der Grobfutter-, Grundrations- und Rationsgemische
- Zerkleinern nach Bedarf
- Kontrolle des Futterdurchlaufs.

In Abhängigkeit von der Anzahl der bereitgestellten Futtermittel, von deren physikalischer Form, von der Anzahl der zu versorgenden Rinder und von der geforderten Gemischherstellung für die bessere Leistungsfütterung kann ein Futterhaus, beginnend beim Futterumschlag, bausteinartig erweitert werden. Das Mischen der Grobfuttermittel, die dosierte Zugabe der Zusätze und die Massekontrolle sind dabei als Grundeinheit zu betrachten. Die vollständige Lösung ist ein automatisiertes Futterhaus mit der Aufbereitung von Rüben und Getreide sowie mit

Bild 1. Inhalt und Gliederung des technologischen Prozesses der Futterversorgung

| technologischer Prozeß der Futterversorgung    |   |  |                              |                              |   |                                       |                                 |  |  |  |
|--|---|--|------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------|--|--|--|
| Prozeßabschnitte                               | Prozeßteilabschnitte                    |  |                              |                              |   | Futtermittel                          |                                 |  |  |  |
| Bereitstellen der Futtermittel                 | Ernte Frischfutter                      | Entnahme und Transport Silage          | Entnahme und Transport Heu   | Entnahme und Transport Stroh | Entnahme, Transport, Aufbereitung Rüben | Transport Mischfutter Schrot, Zusätze | Entnahme und Transport Getreide | Futterkomponenten                          |  |  |
| Futteraufbereitung und Kontrolle im Futterhaus | Dosieren / Mischen Grobfuttermittel     |  | Zerkleinern Grobfuttermittel |                              | Bestimmen Trockensubstanz               | Bestimmen Masse                       | Automatisierung                 | Grobfuttergemische                         |  |  |
|  | Dosieren Mineral- und Wirkstoffgemische |  | Dosieren gebröckelter Rüben  |                              |   |                                       |                                 |  |  |  |
|  | Aufbereiten Rüben                       |  | Dosieren Schrot, Mischfutter |                              |   |                                       |                                 | Rationsgemische                            |  |  |
|  | Aufbereiten Getreide                    |  |                              |                              |   |                                       |                                 |  |  |  |
|  |   |  |                              |                              |   |                                       |                                 |  |  |  |
|  | Verteilen Futtergemische                | Transport und Verteilen Futtergemische |                              |                              |   |                                       |                                 | Grobfutter-, Grundrations-, Rationsgemisch |  |  |

Bild 7. Futterhausvarianten;

- ◀ Variante a) Länge 21 m, Breite 9 m (+3 m), Höhe 6,3 m, maximal 6000 Tierplätze
  - Variante b) Länge 21 m, Breite 12 m, Höhe 6,3 m, maximal 12000 Tierplätze
  - Variante c) Länge 33 m, Breite 9 m, Höhe 6,3 m, maximal 12000 Tierplätze
- 1 Futtermischer L421 A01/02, 2 Mischförderer F929, 3 Lagerbehälter L481, 4 Annahme L480, 5 Lagerbehälter S010, 6 Mischfuttersilo H010, 7 Trogschneckenförderer A250, 8 Becherwerk, 9 Dämpfbehälter DfK7

Fortsetzung von Seite 265

[3] Körtege, R.; Matzmohr, R.: Erfahrungen bei der Anwendung der Produktionskontrolle und -steuerung in Futterhäusern der Schweineproduktion für feuchtkrümeliges Futter. Vortrag auf der 4. Mechanisierungstagung an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg vom 30. November bis 1. Dezember 1989.

[4] Eggebrecht, M.: Bewertung und Auswahl förder technischer Prinziplösungen für Futterhäuser in der Schweineproduktion. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1986 (unveröffentlicht).

der trockenmassekontrollierten Übergabe der Futtergemische an die Rinderställe.

Mit der Eingliederung eines Futterhauses in den technologischen Prozeß der Futterversorgung wird der Transport unterbrochen. Dadurch können auch in der ersten Transportstufe die Fahrzeuge voll beladen werden. Eine Übereinstimmung der Anlieferungszeiten mit den Fütterungszeiten ist aber selten erreichbar. Daraus ergeben sich die Zwischenlagerungszeiten für die einzelnen Futtermittel im Futterhaus. Diese sollen beim Frischfutter und bei den Silagen einen Tag nicht überschreiten. Aus der Sicht eines rationellen Transports wird bei den trockenen Futtermitteln und bei den Rüben auf mindestens 7 bis 14 Tage orientiert. Die Größe der Zwischenlager kann nach den örtlichen Gegebenheiten bestimmt werden. Für das ebenerdige Zwischenlager der Grobfuttermittel wird auf eine Fläche von rd. 250 bis 350 m<sup>2</sup> orientiert. Das sind bei einer Gebäudebreite des Futterhauses von 15 bis 18 m 3 bis 4 Raster mit einer Länge von je 4,50 m.

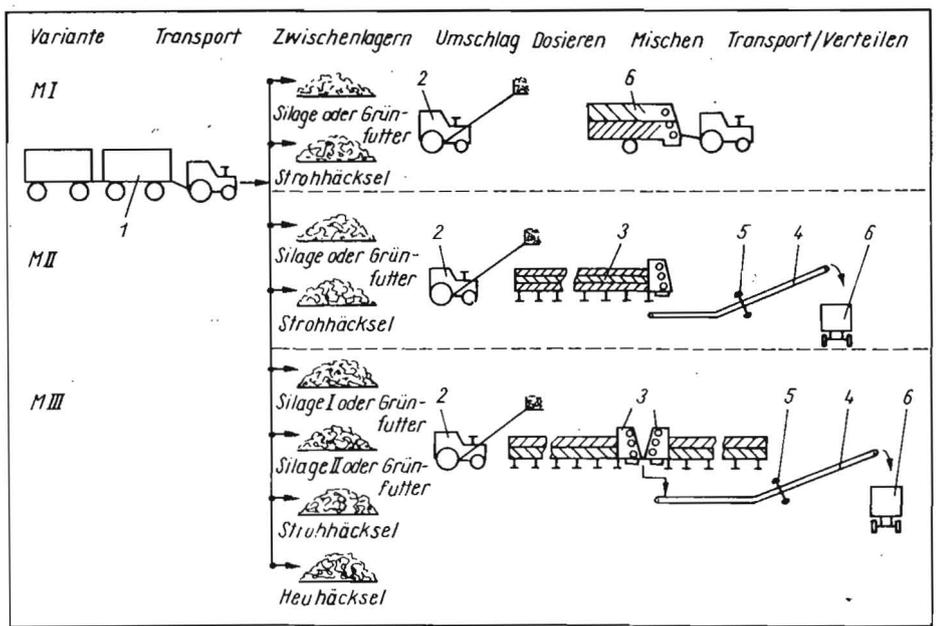
In den Betrieben variieren Anzahl und Art der täglich zu verfütternden Futtermittel. Es können 2 bis 5 Grobfuttermittel, Mineral- und Wirkstoffgemische, Harnstoff, Rüben, Mischfutter und Schrot sein. Je nach Tierkategorie sind daraus zu den Mahlzeiten 2 bis 6 verschiedene Grobfutter- oder Grundrationsgemische bereitzustellen. Am besten ist die Rationsumstellung machbar, wenn die Einzelkomponentendosierung bei kontinuierlicher Zusammenführung der Futterströme angewendet wird. Die Futterverteilwagen sollen in 5 bis 10 min beladen sein. Das erfordert einen Massestrom von 10 bis 30 t/h in T<sub>04</sub>, der sich nach der Gemischanteile auf die einzelnen Dosierer aufteilt.

### Mechanisierung der Prozesse

Für den Futterumschlag sind Mobilkrane, Traktoren mit Frontlader und Brückenkrane einsetzbar. Die Vorzugslösungen sind die Traktoren mit Frontlader, wie Zetor 5211 und HT 140, wenn bis zu 800 RGV zu versorgen sind. Für größere Produktionskapazitäten sollten Brückenkrane zum Einsatz kommen. Dafür wird ein neuer Greifer entwickelt, mit dem sowohl Grobfutterstoffe als auch rieselfähige Futtermittel umgeschlagen und in Schichten im Grobfutterdosierer verteilt werden können.

Der Grundbaustein eines Futterhauses sind die Einrichtungen zum Herstellen der Grobfuttergemische. Da vom Kurzhäcksel bis zum Langgut alles zu verarbeiten ist und sich je Mahlzeit für die Leistungsfütterung die Gemischzusammensetzungen ändern, werden weiterhin die Grobfutterdosierer als die geeigneten Arbeitsmittel angesehen.

Das Herstellen der Grobfuttergemische kann durch Abräsen von gleichmäßig in Futterverteilwagen und Grobfutterdosierer eingebrachten Schichten oder durch Zusammenführen von kontinuierlich dosierten Futterströmen erfolgen (Bild 2). Wird das Futtergemisch anschließend mit einem Futterverteilwagen an die Rinder verabreicht, dann ist eine Mischgenauigkeit von < 15% erreichbar. Bewährt haben sich die stationären Grobfutterdosierer vom VEB Landtechnische Industrieanlagen (LIA) Havelberg, die ab einer Behälterlänge von 3,60 m bis 10,50 m in 1,80-m-Segmenten an das erforderliche Annahmevermögen anpaßbar sind. Die Ausstattung mit einer Behälterwägeeinrichtung für die massekontrollierte Gemischzusammen-



stellung soll zukünftig möglich sein. Es können 1 bis 3 Grobfutterdosierer eingesetzt werden. Gebröckelte Rüben, Pellets u. ä. Futtermittel lassen sich auch mit den Grobfutterdosierern, aber noch gezielter mit dem Annahmeförderer L 480 A dosieren. Der Schneckenförderer muß dafür mit einem Stellgetriebe ausgestattet werden.

Die Mineralstoffdosierer H 825 und H 826 sind für das Dosieren der Zusätze zu verwenden. Für das Zwischenlagern von Mischfutter und Schrot wurde das Silo H 010 A mit einem Fassungsvermögen von 25 m<sup>3</sup> entwickelt. Zu erwarten ist die Produktionsaufnahme des Silos H 015 A mit einem Fassungsvermögen von 60 m<sup>3</sup>. Das Beschicken ist vorzugsweise pneumatisch vorzunehmen. Je nach Anforderung an den Dosierfehler, der < 5% betragen sollte, kann das Mischfutter mit einem umgebauten Dosierer H 825/C 100, einer Dosierschnecke C 200 oder mit dem zum Silo gehörenden Austrageapparat dosiert werden, der dann über ein Stellgetriebe anzutreiben ist.

Das Aufbereiten der Rüben kann zentral, aber auch im Futterhaus erfolgen. Dazu können verschiedene Ausrüstungen verwendet werden. Für das Annehmen und Dosieren ist der Annahmeförderer T 237 zweckmäßig. Die Rübenbröckler F 146 und RB 12 bzw. RB 12/ST mit Steintrenneinrichtung vom VEB Landtechnischer Anlagenbau (LTA) Schwerin lassen sich in die Maschinenlinie zur Trocknung und Naßreinigung eingliedern. Eine günstige Lösung ist die verfahrbare Kompaktanlage RB 12/ST K. Bei hohem Schmutzanteil ist das Waschen der Rüben mit der Steintrennanlage E 995 vorzunehmen. Der erreichbare Massestrom liegt im Bereich von 8 bis 15 t/h in T<sub>04</sub>.

Das Zerkleinern von zu langem Grobfutter ist nur dann zu empfehlen, wenn der Rohfasergehalt der Ration zu hoch ist und das Häckseln eine höhere Futteraufnahme bewirkt. Vorrangig könnte das bei erhöhtem Stroh Einsatz und beim Bereitstellen von überständigen langen Gräsern zutreffend sein. Für dieses zeitweise Zerkleinern von Grobfutter läßt sich die Häckselmaschine HN 400-1 B oder C anforderungsgerecht einsetzen. Zum Beschicken der Häckselmaschine sind der Annahmeförderer AD 84 oder der Futterverteilwagen L 433 geeignet. Alle Aus-

Bild 2. Maschinenfolgen für das Mischen der Grobfuttermittel;  
1 Traktor mit Anhänger, 2 Traktor Frontlader, 3 Grobfutterdosierer, 4 Banuförderer, 5 radiometrische Massestromsonde, 6 Futterverteilfahrzeug

rüstungen sind umsetzbar und können bei Bedarf an einem geeigneten Standort betrieben werden.

Dem Futterhaus sollte das Aufbereiten von Getreide nur selten angeschlossen werden. Besser ist es, bei nicht ausreichender Bereitstellung von Mischfutter eine zentrale betriebliche Schrotanlage zu betreiben. In dieser kann das Getreide für alle Tierarten aufbereitet werden.

Von den verschiedenen Möglichkeiten zur Massekontrolle ist gegenwärtig die Straßenfahrzeugwaage beim An- und Abtransport des Futters zu nutzen. Die Zuordnung unter die Beladestation des Futterhauses ist am günstigsten. Vorhandene Straßenfahrzeugwaagen können zur besseren Datenregistrierung und -aufbereitung vom VEB Kombi-NAGEMMA als Hybridwaage mit elektrischer Auswerteeinheit umgerüstet werden. Zukünftig sollen nur noch elektromechanische Straßenfahrzeugwaagen geliefert werden. In Entwicklung befinden sich außerdem eine transportable Achslastmeßeinrichtung und eine radiometrische Fördermassesonde, die in jeden Gurtbandförderer eingefügt werden kann und zur Massebestimmung bei der Abgabe der Futtergemische vom Futterhaus geeignet ist.

Untersuchungen haben ergeben, daß die Futtermittelkontrolle wesentlich verbessert werden kann, wenn beim Feuchtgrobfutter täglich mindestens 3 Messungen je Futterart und beim Trockengrobfutter einmal wöchentlich die Trockensubstanzbestimmung erfolgen. Geeignet sind bei gründlicher Probenahme die bekannten Meßverfahren. In bezug auf das größte Anwendungsgebiet sind die Vorzugslösungen für die Mechanisierung von Futterhäusern dargestellt (Bild 3). Die Variantengruppen I bis III unterscheiden sich in der Anzahl der Grobfutterdosierer und in der Art der Zwischenlagerung des Grobfutters.

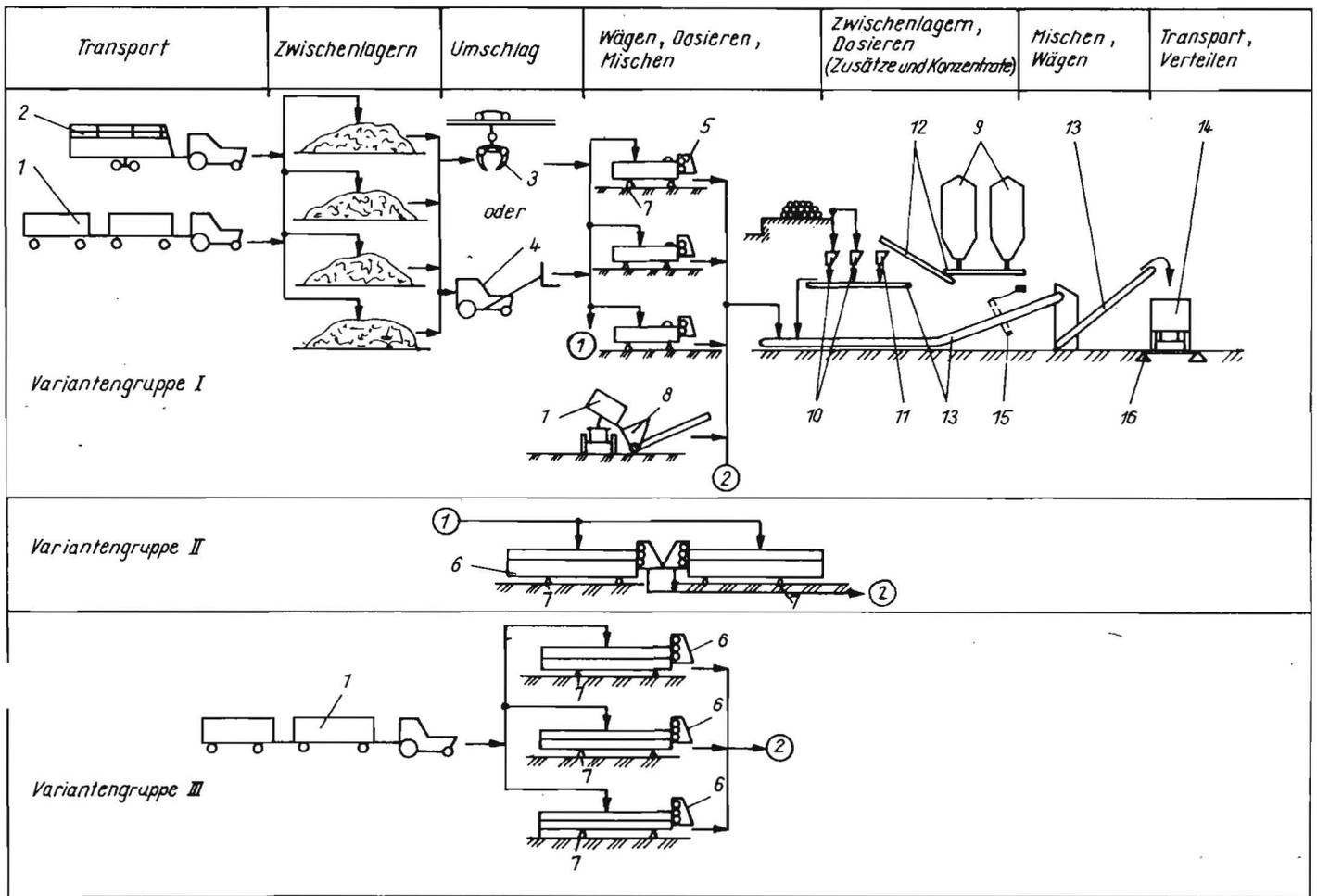
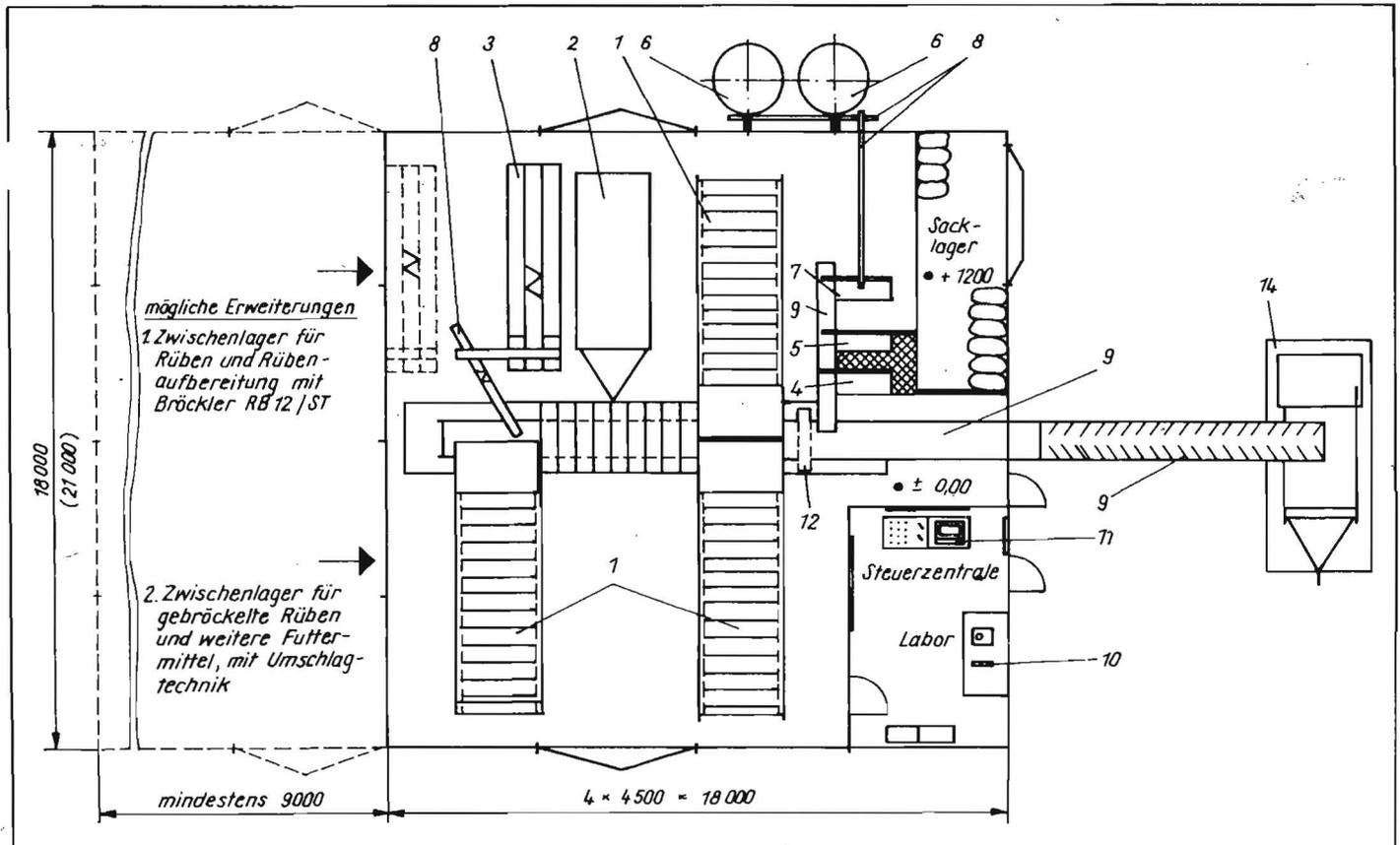
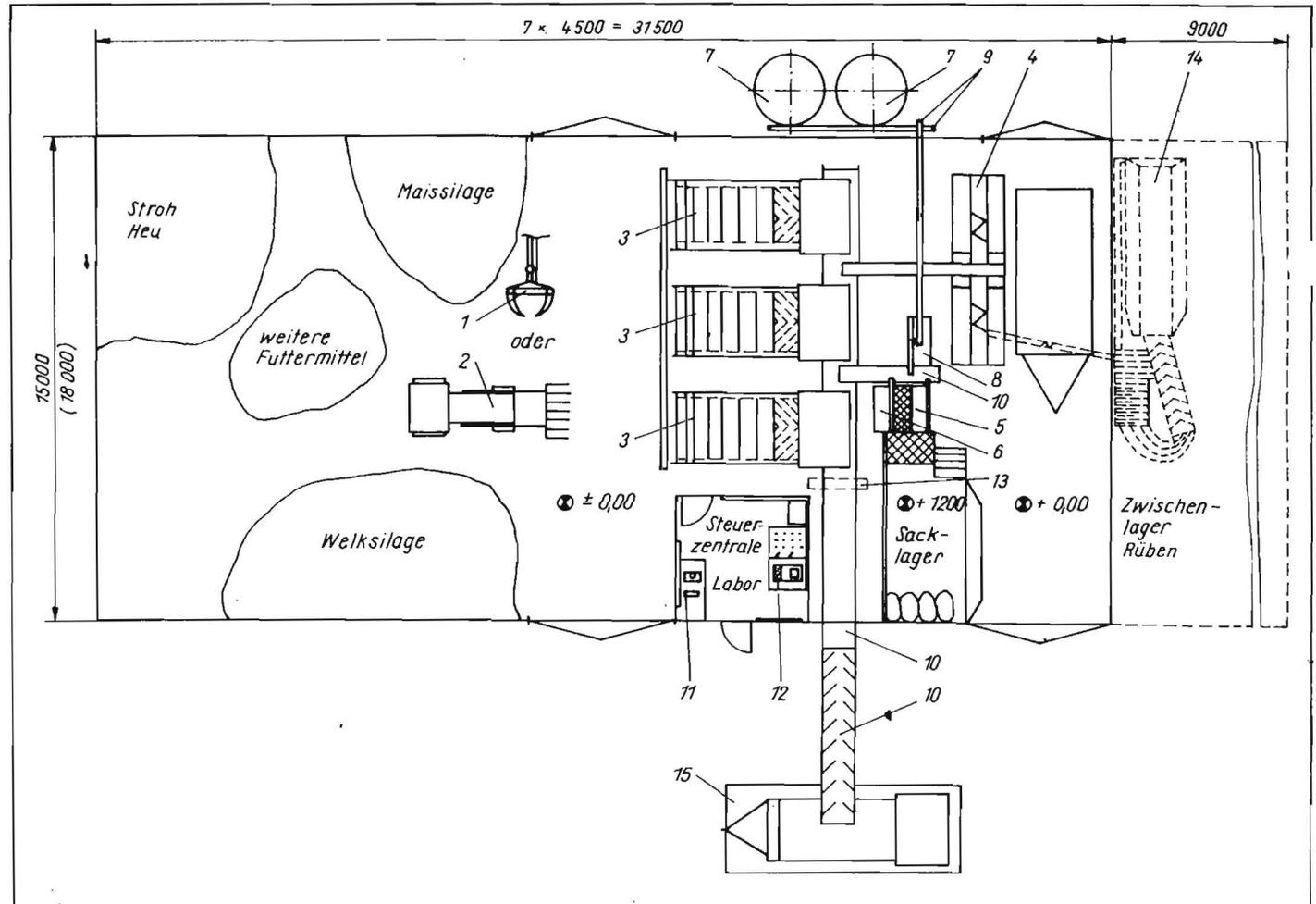
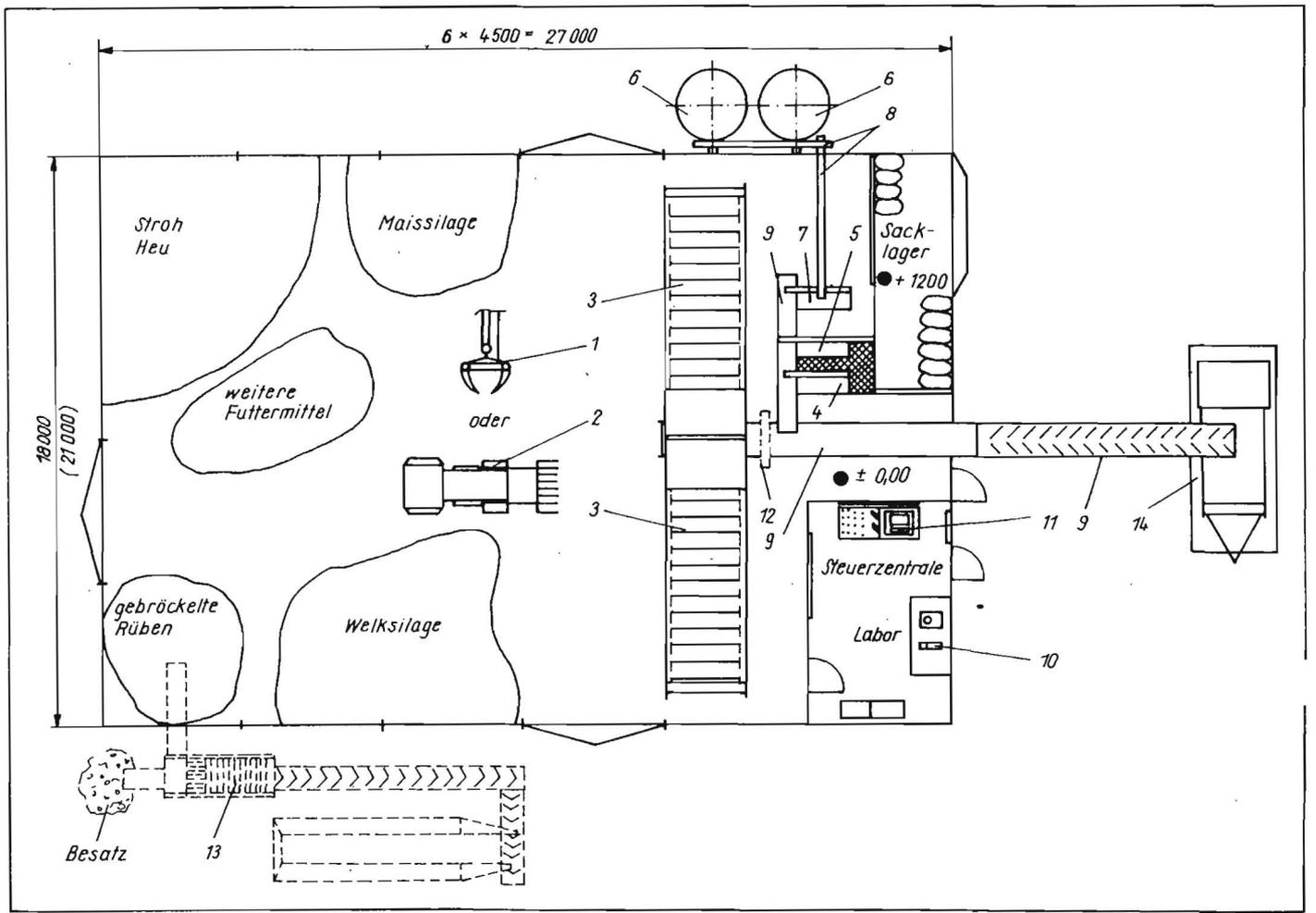


Bild 3. Maschinenlinien für die Mechanisierung der Futterhäuser; 1 Kippfahrzeuge mit EAS 4/5, 2 Ladewagen HTS 71.04, 3 Brückenkran, 4 Frontlader HT 140, 5 Grobfutterdosierer (Fassungsvermögen 10 bis 15 m<sup>3</sup>), 6 Grobfutterdosierer (Fassungsvermögen 20 bis 40 m<sup>3</sup>), 7 Behälterwägeneinrichtung, 8 Annahmedosierer L480A, 9 Lagerbehälter H010A, 10 Mineralstoffdosierer H825/H826, 11 Dosierer H825/C100, 12 Schneckenförderer, 13 Gurtbandförderer, 14 Futterverteilfahrzeug, 15 radiometrische Massestromsonde, 16 Straßenfahrzeugwaage

Bild 4. Futterhaus mit 3 Grobfutterdosierern für Direktbeschickung; 1 Grobfutterdosierer mit/ohne Behälterwägeneinrichtung, 2 Kippanhänger, 3 Annahmedosierer L480A, 4 Mineralstoffdosierer H826, 5 Mineralstoffdosierer H825, 6 Lagerbehälter H010A, 7 Dosierer H825/C100, 8 Schneckenförderer, 9 Gurtbandförderer, 10 Geräte zur TS-Bestimmung, 11 Schnaltpult, Prozeßrechner, Erweiterungsbausteine; 12 radiometrische Massestromsonde, 13 Rübenaufbereitung mit RB12/ST, 14 Straßenfahrzeugwaage





- Bild 5.** Futterhaus mit 2 Grobfutterdosierern und ebenerdigen Futterzwischenlager;  
 1 Brückenkran mit hydraulischem Greifer, 2 Frontlader HT 140, 3 Grobfutterdosierer mit/ohne Behälterwägeeinrichtung, 4 Mineralstoffdosierer H 826, 5 Mineralstoffdosierer H 825, 6 Lagerbehälter H 010A, 7 Dosierer H 825/C 100, 8 Schneckenförderer, 9 Gurtbandförderer, 10 Geräte zur TS-Bestimmung, 11 Schaltpult, Prozeßrechner  
 Erweiterungsbausteine:  
 12 radiometrische Massestromsonde, 13 Rübenaufbereitung mit R 8 12/ST, 14 Straßenfahrzeugwaage

### Technische Ausstattung der Futterhäuser

Die einfachste Ausführung eines Futterhauses ist ein Futterumschlaggebäude. In diesem wird das Futter wettergeschützt zwischengelagert. Mit einem Umschlagmittel erfolgt das Beladen der Futterverteilwagen. Eine sinnvolle Kombination könnte die Nutzung eines Gebäudes mit Brückenkran zur Heulagerung und als Futterumschlagstelle sein. Bei kürzeren Entfernungen für den Futtertransport kann die ebenerdige Zwischenlagerung entfallen (Bild 4). Die in Gruppen aufgestellten Grobfutterdosierer werden vom Kippfahrzeug aus beschickt. Bei Kopf-an-Kopf-Aufstellung ist eine Gebäudebreite von 18 m, besser jedoch von 21 m notwendig. Ein Abschnitt des Futterhauses sollte das 1200 mm hohe Zwischenlager für die gesackten Zusätze und die Dosierstation sowie den Bedienraum mit der Steuerzentrale und den Geräten zur Trockensubstanzbestimmung enthalten. Sowohl die beiden Silos für Schrot und Mischfutter als auch die Futterübergabestation könnten außerhalb des Futterhauses angeordnet werden. In Längsrichtung des Gebäudes ist eine Erweiterung, zum Beispiel als Futterlager oder zur Rübenaufbereitung, gegeben. Eine ähnliche Maschinenaufstellung ergibt sich bei der Verwendung von zwei Grobfutterdosierern in Verbindung mit einem ebenerdigen Zwischenlager für Grobfutter und andere Futtermittel (Bild 5).

Günstig ist die Verbindung der ebenerdigen Zwischenlager des Futters mit drei ebenfalls ebenerdig aufgestellten Grobfutterdosierern mit einem Fassungsvermögen von nur rd. 10 m<sup>3</sup>. Als Umschlagmittel sollte vorzugsweise der Brückenkran zum Einsatz kommen (Bild 6). Damit läßt sich die Einzelkomponentendosierung auch in Verbindung mit der Massekontrolle beim Dosieren vorteilhaft anwenden. Die Ausrüstungen lassen sich bereits ab Gebäudebreiten von 12 m einordnen. Das Futterhaus ist in beiden Längsrichtungen erweiterungsfähig.

- Bild 6.** Futterhaus mit 3 Grobfutterdosierern und ebenerdigen Futterzwischenlager;  
 1 Brückenkran mit hydraulischem Greifer, 2 Frontlader HT 140, 3 Grobfutterdosierer mit/ohne Behälterwägeeinrichtung, 4 Annahmedosierer L 480 A, 5 Mineralstoffdosierer H 825, 6 Mineralstoffdosierer H 826, 7 Lagerbehälter H 010A, 8 Dosierer H 825/C 100, 9 Schneckenförderer, 10 Gurtbandförderer, 11 Geräte zur TS-Bestimmung, 12 Schaltpult, Prozeßrechner  
 Erweiterungsbausteine:  
 13 radiometrische Massenstromsonde, 14 Rübenaufbereitung mit R 8 12/ST K, 15 Straßenfahrzeugwaage

Diese Futterhäuser sollten vorrangig für die Fütterung von Milchkühen\* angewendet werden. In Betrieben mit Jung- und Mastrindern dürften Futterhäuser mit zwei oder auch einem Grobfutterdosierer ausreichend sein.

### Zu beachtende Effekte und Aufwendungen

Mit der Futterversorgung der Rinder über ein zentrales Futterhaus muß sich die Produktion ökonomisch verbessern. Weil die betrieblichen Bedingungen recht unterschiedlich sind, sollen für die Entscheidungsfindung einige wesentliche Sachverhalte hervorgehoben werden:

- Wird das Futter über die Futterhäuser geleitet, dann verbessert sich die Fütterungsdisziplin, das Futter wird genauer zugeteilt und für alle Rinder wiederkäuer- und leistungsgerecht verabreicht und kontrolliert. Das sind Voraussetzungen für geringe Futterverluste und höhere Tierleistungen.
- Die Transportentfernungen, die Produktionskapazität und die Ausstattung eines Futterhauses beeinflussen bedeutend die Ökonomie der Futterversorgung. Bei Lademassen von 2 bis 3 t kann das Futter mit dem Futterverteilwagen bis zu Entfernungen von 3 km kostengünstig transportiert werden. Bei darüberliegenden Entfernungen ist der gebrochene Transport vorteilhafter. Die Produktionskapazität der vorgestellten Futterhäuser sollte 2000 t, bezogen auf Trockensubstanz, zu verarbeitendes Futter je Jahr nicht unterschreiten. Damit können im Winter ungefähr 1000 fGV und ganzjährig 500 fGV versorgt werden (Bild 7). Geringere Produktionskapazitäten erfordern einfachere Lösungen bis hin zum Futterumschlaggebäude.
- Mit dem Brückenkran zum Futterumschlag entsteht ein höherer Bedarf an Investitionen und Stahl. Dafür verringert sich der spezifische Energiebedarf gegenüber dem Frontlader um etwa 70 %, und Dieselkraftstoff kann durch Elektroenergie ersetzt werden. Die Kosten für den Futterumschlag sinken mit dem Einsatz eines Brückenkrans um 20 bis 25 %.
- Für Gruben mit einer Tiefe von 1500 mm für 1 bis 3 Grobfutterdosierer oder Rampen mit einer Höhe von 900 mm würden nach Ermittlungen von Tesch [1] bauseitig etwa 50000 bis 90000 M für Investitionen

und 1,7 bis 3,1 t Baustahl benötigt. Damit können die Aufwendungen für die Kranbahnstützen, die 39000 M für ein Futterhaus mit einer Länge von 36 m betragen, reichlich abgedeckt werden. Auch beanspruchten zwei lange Grobfutterdosierer in einer Grube annähernd die gleichen Aufwendungen wie die technologisch günstigeren drei kürzeren Grobfutterdosierer, die ebenerdig aufgestellt sind (s. a. Bilder 5 und 6).

### Zusammenfassung

Für die sich herausgebildete Struktur in der Landwirtschaft wird die Futterversorgung der Rinder über zentrale Futterhäuser vorgeschlagen. Es werden die Möglichkeiten für die bausteinartige Erweiterung der Futterhäuser vorgestellt, wonach eine Anpassung an die betrieblichen Besonderheiten gegeben ist. Vorrangig für die Versorgung von Milchkühen werden drei grundsätzliche Futterhauslösungen vorgestellt und zu beachtende Effekte hervorgehoben.

### Literatur

- [1] Tesch, E.: Technisch-technologische und bauliche Gestaltung von Futterhäusern für die Rinderwirtschaft, Teil Bau. VEB Landbauprojekt Potsdam 1989. A 5936

**Bild 7**  
 Einfluß der Produktionskapazität auf die spezifischen Verfahrenskosten;  
 1 obere Grenze der Verfahrenskosten je Mischanlage (Vorzugslösung), 2 obere Grenze der Verfahrenskosten je Mischanlage (Verfahrenslösung), 3 Produktionskapazität 2250 t TS/a, 4 Produktionskapazität 4250 t TS/a

