

Mechanisierung der Hoftransporte

Heinz-Lothar Wenner¹⁾, Dietrich Lutz und Edmund Isensee²⁾

Institut für Landtechnik, Universität Gießen

1. Einleitung

Seit jeher ist die tierische Produktion mit einer Fülle von Transportarbeiten verbunden [1; 2]. Große Mengen verschiedener Güter müssen teils als Futtermaterial dem Tier zur Veredelung zugeführt, teils als End- oder Abfallprodukte vom Tier fortgebracht werden. Dieser Transport bedingt naturgemäß auch die Aufnahme und Wiederablage der Güter. Eine Technisierung dieses erweiterten Transportvorganges wird weitgehend von folgenden Kriterien bestimmt:

Struktur und spezifisches Gewicht der Güter haben eine große Variationsbreite. Beispielsweise nimmt sperriges Halmgut bei geringem Gewicht ein großes Volumen ein. Dagegen beanspruchen schüttfähige Güter, wie Häcksel, Getreide und Kraftfutter, wesentlich weniger Transportraum. Neben den Stoffeigenschaften hat die vorgegebene beziehungsweise verlangte Art der Lagerung vor und nach dem eigentlichen Transport einen entscheidenden Einfluß auf die sinnvolle Mechanisierung der Hoftransporte. Für jeden Produktionszweig fallen von Natur aus mehrere verschiedenartige Transportgüter an, die an getrennten Orten lagern, so daß mehrere Wege befahren werden müssen. Je nach Anordnung der entsprechenden Gebäude ergeben sich mehr oder weniger lange Fahrtstrecken.

Einen Eindruck von den Verhältnissen in wichtigen Viehhaltungszweigen vermittelt Bild 1. Er enthält Menge und Volumen, die für eine Großvieheinheit (GV) angesetzt werden müssen.

In der Schweine- und Hühnerhaltung werden verhältnismäßig wenige Güterarten und geringe Mengen umgeschlagen. Lediglich der Schweinemist bildet ein Transportproblem, das die Praxis häufig durch den Übergang zum strohlosen Flüssigmist-Verfahren löst. Im übrigen erleichtern diese Transportgüter eine Technisierung, da sie eine recht einheitliche, schütt- oder fließfähige Struktur aufweisen.

Das führte bei diesen Tiergattungen zu einem sehr hohen Mechanisierungsgrad, der eine Massenproduktion gestattet. Anders liegen die Voraussetzungen für den Einsatz der Technik in der Rindviehhaltung. Aus ernährungsphysiologischen Gründen benötigt das Rind mehrere verschiedenartige Futtermittel: kleine Mengen Kraftfutter mit hoher Nährstoffkonzentration; geringes Gewicht aber hohes Volumen an Heu; in großem Umfang spezifisch schweres Grün- und Silofutter. Die Gewichte und Volumina, die in der Milchviehhaltung an verschiedenen Orten bewegt werden, liegen mehrfach höher als bei Schweinen und Hühnern.

Allen diesen unterschiedlichen Transportbedingungen gerecht zu werden bedeutet, eine entsprechende Vielzahl von Einzelgeräten einzusetzen. Das könnte nur dann vermieden werden, wenn die verschiedenen Güter in eine einheitliche Form gebracht würden, die der Technisierung entgegenkommt. Das aber wird in vollem Umfang in absehbarer Zeit nicht möglich oder nicht wirtschaftlich sein. Als Schritt in diese Richtung ist bereits der Übergang zur Kurzgutkette in der Futterwirtschaft zu sehen, bei der das Halmgut mit seiner ursprünglich ungünstigen Struktur in schüttfähiges Häcksel verwandelt wird. Allerdings steht der beträchtliche Kapitalbedarf für dieses Verfahren einer breiten und konsequenten Anwendung entgegen. Die Transporte lassen sich zwar in Richtung und Entfernung durch bauliche Maßnahmen besser gestalten, doch gerade diese erfordern viel Kapital.

2. Die Aufgaben der Technik

Wesentlich ist, daß die Technik neben dem eigentlichen Fördern über Entfernungen auch das vorgelagerte Arbeitsglied des Aufnehmens von Gut oder das Beschieken des Fördergeräts sowie anschließend das Ablegen des Gutes umfaßt [1]. Gerade diese beiden Arbeiten vor und nach dem Förderweg haben einen vergleichsweise hohen Zeitbedarf und belasten im Handverfahren die Arbeitskraft beträchtlich. So zeigen beispielsweise Arbeitsanalysen der Fütterung, daß das Aufladen des Futters 50 bis 60 %, die Verteilung 20 bis 40 %, die eigentliche Förderung aber nur 10 bis 20 % der Gesamtzeit einnimmt (Bild 2). Eine sinnvolle Mechanisierung darf sich also nicht auf die Motorisierung der Fortbewegung beschränken, da die Arbeit weder spürbar verkürzt noch erleichtert wird.

Folglich muß die Technik die Eigenschaften des Gutes sowie seinen Weg vom Lagerort zum Stall beziehungsweise umgekehrt berücksichtigen. Eine optimale Anpassung gelingt meist mit stationären, das heißt fest eingebauten Spezialgeräten.

3. Stationäre Mechanisierung

Derartige spezielle Einrichtungen eignen sich beispielsweise allein zum Entmisten, oder sie fördern nur bestimmte,

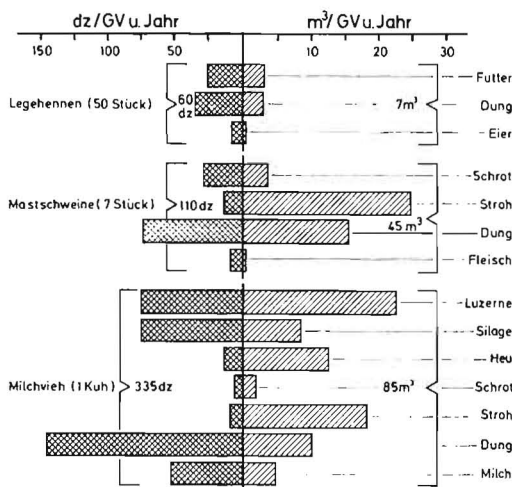


Bild 1: Transportmenge und -volumen in der Tierhaltung

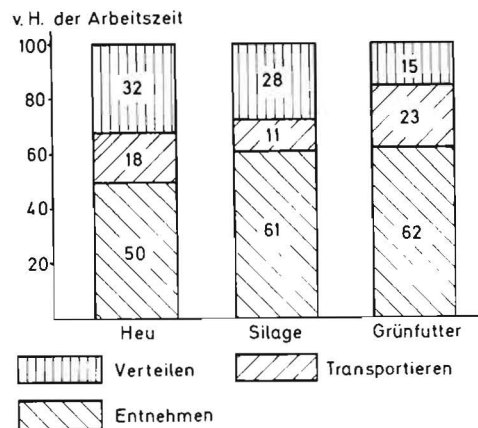


Bild 2: Zusammensetzung der Fütterungsarbeit (Handarbeitsstufe)

¹⁾ Institut für Landtechnik, Weihenstephan

²⁾ Institut für Landtechnik, Gießen

keinesfalls alle im Betrieb vorkommenden Futtermittel. Die Investitionen, die nur einem Arbeitsgang zugeschrieben werden können, steigen mit der Transportentfernung. Dies gilt in erster Linie für Stetigförderer wie Kettenförderer und Schubstangenanlagen, in geringem Maße für Portionsförderer, bei denen nur die weniger aufwendige Greifer- oder Wagenführung installiert werden muß. Gerade die Stetigförderer benötigen eine in der Kapazität gut abgestimmte Beschickungsanlage. In jedem Fall zwingen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen dazu, die Wege kurz zu halten und Richtungsänderungen möglichst zu vermeiden. Das erfordert (und ermöglicht) hohe Besatzdichten im Stall und eine Anordnung der Anlagen auf engem Raum, so daß eine Erweiterung oder Änderung der Gebäudenutzung erschwert wird. Der Vorzug der stationären Mechanisierung liegt vor allem darin, daß Vorgänge ohne Bedienungsaufwand automatisch ablaufen können. Das wirkt sich in erster Linie dann aus, wenn sich die Arbeiten mehrmals täglich wiederholen (Faltschieber im geschlossenen Boxenlaufstall).

4. Mobile Mechanisierung

Gegenüber den stationären Spezialgeräten stellen mobile Geräte — gleich, ob speziell oder universell — grundsätzlich geringere Ansprüche an die bauliche Zuordnung, da sie wie ein Gabelstapler nicht auf vorgegebene, kurze Bahnen angewiesen sind [3]. Die Kapitalkosten bleiben von Transportweg und -richtung weitgehend unbeeinflusst. Außerdem findet ein mobiles Gerät dank seiner Anpassungsfähigkeit leicht Eingang in die umfangreiche Altbausubstanz. Der besondere Wert liegt darin, gerade für beengte, der stationären Mechanisierung nur schwer zugängliche bauliche Verhältnisse, die zur Handarbeit zwingen, eine Mechanisierungslösung zu bieten. Aus diesem Einsatzbereich erwachsen Anforderungen an die konstruktive Gestaltung der mobilen Geräte. Ihre Abmessungen müssen so klein gehalten sein, daß sie auch in den schmalen Stallgängen der alten Wirtschaftsgebäude eingesetzt werden können. An dieser Schwierigkeit scheiterte praktisch die Verbreitung des an sich kostengünstigen Frontladerschleppers. Die meisten Altbauten sind für eines der ältesten mobilen Geräte, die Schubkarre, ausgelegt. Daher muß ein Motorgerät ebenso geringe Abmessungen besitzen, wie sie von dieser mit 800 mm Breite und etwa 2200 mm Länge bekannt sind, damit es genügend wendig bleibt. Die Anordnung von Rädern und Lenkung muß die Rangierfähigkeit fördern. Trotz der geringen Ausmaße soll gewährleistet sein, daß das Motortransportgerät jeweils genügende Mengen faßt.

Die Wendigkeit des Fahrzeugs ist am günstigsten in einachsiger Bauweise. Dann wird allerdings das Gerät von der Bedienungsperson geführt. Außerdem ist der Anwendungsbereich beschränkt, weil Hub- und Förderarbeit kaum praktikabel sind. Eine solche Ausführung eignet sich vornehmlich zum Schieben in einer Ebene, etwa zum Reinigen von Laufstallflächen.

Die zweiachsige Bauweise erlaubt die Lösung größerer Aufgaben. Eine dreirädrige Ausführung, bei der die Last vorne aufgenommen wird, und bei der das hintere einzelne Rad gelenkt wird, gestattet eine gute Wendigkeit, nicht zuletzt auf Grund der nach hinten schmal auslaufenden Bauweise. Die Standsicherheit wird gegenüber einer vier-rädrigen Ausführung kaum beeinträchtigt.

Aus Gründen einer einfachen und preisgünstigen Kraftübertragung bietet sich das gelenkte Rad auch für den Antrieb an. Motor, Getriebe und Rad werden dann zu einem drehbaren Block vereint, so daß ein Differential unnötig wird. Den Vorteilen steht gegenüber, daß auf diese Weise die Antriebskraft nur schwer auf den Boden zu bringen ist: die Abmessungen des gesamten Gerätes sowie der Anspruch auf guten Lenkeinschlag begrenzen Breite und Durchmesser des einzigen Antriebsrades und damit die Auflagefläche auf dem Boden. Diesen Beschränkungen ist auch die Verwendung eines Zwillingrades zum Antrieb unterworfen. Hinzu

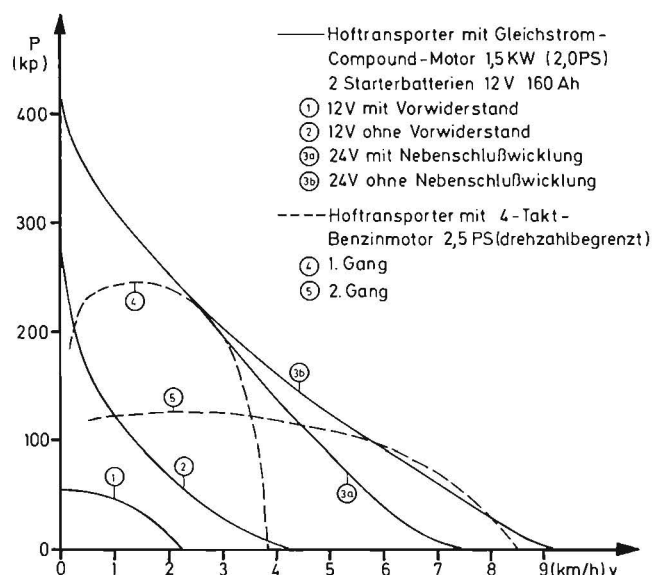


Bild 3: Verlauf von Fahrgeschwindigkeit und Schubkraft beim Elektro- und Verbrennungsmotor

kommt eine Entlastung des gelenkten Antriebsrades, wenn das Gerät vorn Transportgüter aufnimmt und mit sich führt.

Daher erscheint es insgesamt vorteilhafter, über ein Differential die beiden Räder der Vorderachse anzutreiben, die bei der Arbeit die Nutzlast aufnehmen, so daß die Triebkraftgrenze erhöht wird. Hinten muß die Achslast ausreichend bemessen sein, um die Lenkfähigkeit unter allen Einsatzbedingungen zu gewährleisten.

4.1. Eigenschaften des Antriebs

Welcher Antrieb soll nun gewählt werden? In Frage kommen der Verbrennungs- und Elektromotor. Bei der Abwägung ihrer Eigenschaften ist von der Grundbedingung einer weitgehend störungsfreien und sicheren technischen Funktionsfähigkeit bei vertretbaren Kosten auszugehen. Dabei soll die zeitliche, körperliche und geistige Beanspruchung der Arbeitsperson dank zweckmäßiger Bedienungseinrichtungen gering sein.

Im folgenden sei nunmehr auf die einzelnen Eigenschaften von Verbrennungs- und Elektro-Motor sowie ihre Wichtigkeit eingegangen.

Abmessungen und Gewicht der Motorarten spielen insofern keine entscheidende Rolle, als alle drei Arten von Motoren zulässige Maximalwerte nicht überschreiten. Von Bedeutung für die konstruktive Gestaltung ist beim Elektromotor die im Vergleich zum Verbrennungsmotor größere Freizügigkeit, die einzelnen Bauteile (Motor, Kraftübertragung, Batterie, Schaltung) zweckmäßig anzuordnen. Die Schaltorgane können dort eingebaut werden, wo sie für die Bedienung am günstigsten liegen, die Batterien dienen an geeigneter Stelle als willkommene Belastung. Die geringen Abmessungen des Motors ermöglichen zum Beispiel den Antrieb eines einzelnen Rades und damit die Einsparung des Differentials.

Ein wesentlicher Punkt bei der Beurteilung der Motoren sind die Eigenschaften als Antrieb. Den Elektromotor, insbesondere den Gleichstrom-Hauptschlußmotor, zeichnet steigendes Drehmoment bei sinkender Drehzahl aus, so daß auch bei kleiner installierter Leistung ohne Schaltgetriebe relativ hohe Schubkräfte entwickelt werden können. Die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie kommt der Kurve konstanter Leistung sehr nahe, Verbrennungsmotoren dagegen haben ihr maximales Drehmoment bei mittlerer Drehzahl und weisen mit steigender und sinkender Drehzahl abfallende Drehmomente auf. Darum ist ihre Verwendung ohne Schaltgetriebe nicht möglich. Eine — die Bedienung

erschwerende — Vielzahl von Gängen kann nur umgangen werden durch ein stufenloses Getriebe (das allerdings relativ hohen Aufwand erfordert) oder durch eine Vergrößerung des Motors im Sinne einer Leistungserhöhung. Häufig üblich ist das letztgenannte Verfahren, bei dem dann die ursprünglich verfügbare Motorleistung durch Drehzahlbegrenzung auf einen niedrigeren Wert gedrosselt wird. Dadurch erhält man ein verhältnismäßig hohes Drehmoment, einen niedrigeren Geräuschpegel und beim Dieselmotor rauchlose Verbrennung. Gut ersichtlich sind die Verhältnisse aus Bild 3, in dem gewonnene Meßdaten von zwei Motoren zum Vergleich aufgetragen sind. Danach erbrachte der Elektroantrieb höhere Schubkräfte, die der Vergasermotor nur mit zusätzlichen Gangabstufungen erreichen würde.

Die Bedienung läßt sich beim Elektromotor vergleichsweise einfach gestalten. Das Drehmoment und die Geschwindigkeit können verhältnismäßig einfach über Widerstände oder durch Spannungsänderungen, realisiert durch Parallel- und Serienschaltung der Batterien oder durch Zu- und Abschalten von Nebenschlußwicklungen, geändert werden [4]. Die Impulssteuerung mit Thyristoren wäre für diesen Zweck zu teuer. Die Frage der Geschwindigkeitssteuerung scheint deswegen wichtig, weil das Motortransportgerät einerseits zum Rangieren langsam genug (2 km/h), andererseits für die Überbrückung von längeren Strecken schnell genug (10 km/h) sein soll. Dieser Bereich soll stufenlos oder aus Kostengründen in Stufenstrüngen von 1:1,5 bis 1:2 schaltbar sein, damit das Gerät sich den Gegebenheiten gut anpassen kann. Das Elektrofahrzeug erreicht die gewünschte Geschwindigkeit schneller als ein Antrieb gleicher Nennleistung mit Verbrennungsmotor, so daß bessere Arbeitsleistungen erzielt werden.

Die Bedienungsorgane können beim Elektroantrieb einfach für Hand- oder Fußbetätigung ausgelegt werden, getrennt nach Geschwindigkeit und Richtung über zwei einzelne Schalter, oder aber mit einem einzigen Wippschalter, der beides kombiniert. Die Inbetriebnahme wird dadurch sehr erleichtert, daß der Elektromotor nicht wie ein Verbrennungsmotor gestartet zu werden braucht. Vielmehr ist er sofort einsatzbereit, unabhängig von Witterungsbedingungen. Diese Starteigenschaften sind wichtig, da das Gerät zwar öfters wiederkehrend, aber nur jeweils für kurze Zeit im Betrieb ist [5]. Für den Verbrennungsmotor bedeutet dies häufige Kaltstarts, die die Rüstzeiten verlängern und außerdem die Lebensdauer des Motors verringern.

Die zu erwartende Lebensdauer und Störanfälligkeit sind beim Elektroantrieb weniger günstig zu beurteilen. Dies ist nicht durch den Motor selbst, sondern durch die nötigen Zubehörteile bedingt. Die umfangreiche Verkabelung und eine große Zahl von Relais erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Störungen. Die Lebensdauer von Gleichstrommotoren ist derjenigen von Verbrennungsmotoren gleich beziehungsweise überlegen, verhältnismäßig kurz aber ist sie bei den für den Antrieb notwendigen Batterien. Kosten und Einsatzbedingungen sind entscheidend, welche der gebräuchlichen Ausführungen, mit Gitterplatten oder mit Panzerplatten, in Frage kommt [6].

Die Gitterplattenbatterie ist dadurch gekennzeichnet, daß die aktiven Massen des positiven und des negativen Poles in Platten aus engmaschigem Hartbleigitter untergebracht sind. Diese Gitterplatten werden in die Starterbatterien von Kraftfahrzeugen eingebaut und, in abgewandelter Bauart mit dickeren Platten und anderen Separatoren zwischen negativen und positiven Platten, in Fahrzeugbatterien. Starterbatterien sind für Pufferbetrieb vorgesehen, also für den Spitzenbedarf beim Anlassen. Unter den Bedingungen des Fahrzeugantriebs mit häufigen starken Entladungen und gelegentlich auftretenden Tiefentladungen (d. h. Entladungen, die 80 % der Betriebskapazität übersteigen) erreichen sie im allgemeinen nur eine sehr geringe Lebensdauer, so daß sie trotz ihres günstigen Anschaffungspreises nicht wirtschaftlich einsetzbar sind. Größere Lebensdauer erreichen Gitterplattenfahrzeugbatterien, die für den Betrieb mit län-

ger anhaltender hoher Stromentnahme gebaut sind. Bei guter Wartung und Vermeidung von Tiefentladungen liegt die obere Grenze der zeitlichen Lebensdauer bei zwei bis drei Jahren und der Ladezyklen bei 500 bis 600.

Wesentlich günstiger sind die Verhältnisse bei Batterien mit Panzerplattenzellen. Deren positive Platte wird aus einer Anzahl von feinperforierten Isolierstoffröhrchen gebildet, die mit Bleidioxid ausgefüllt sind. Ein Abschlammen der Panzerplatten tritt nur in geringem Maße auf, die Lebensdauer ist wesentlich höher als die der Gitterplatten. Die Anzahl der möglichen Ladezyklen beträgt unter günstigen Bedingungen bis zu 1500, die zeitliche Lebensdauer kann vier bis fünf Jahre erreichen. Diesen Vorteilen steht der wesentlich höhere Preis gegenüber. Ein Einsatz der Panzerplattenbatterie ist dann gerechtfertigt, wenn innerhalb der zeitlichen Lebensdauer die Anzahl der möglichen Ladezyklen voll ausgenutzt werden muß. Das trifft für den Einsatz im landwirtschaftlichen Betrieb allerdings nicht zu. Die Betriebsdauer ist im Vergleich zum Industrie-Gabelstapler sehr gering. Dies bestätigen Messungen der Stromaufnahme im Betrieb und die daraus ermittelten Werte für die Ladezyklen im Jahr. Es genügen also die preiswerten Gitterplattenbatterien. Ihre Kapazität wird weniger von der Einsatzzeit, als vielmehr von dem mit steigender Leistungsaufnahme verbundenen Spannungsabfall (Bild 4) und von der gewünschten Nennleistung des Motors bestimmt. Unter Berücksichtigung der Kennlinien von Motor und Batterie sowie des Leistungsbedarfs sollten Motoren von 2 bis 4 kW aus Batterien von 110 bis 180 Ah gespeist werden.

Eine zusammenfassende Beurteilung der verschiedenen Formen des Antriebs wird in Tafel 1 versucht. Die Bewertung erfolgt in drei Stufen: günstig (1), mittel (2), ungünstig (3). Das Gewicht der einzelnen Kriterien wird durch einen Faktor gekennzeichnet. Dieser wird im einzelnen Betrieb zweifelslos unterschiedlich eingesetzt, um den vorliegenden Einsatzbedingungen Rechnung zu tragen. Im Gesamtergebnis treten die Vorzüge des Elektroantriebs trotz seiner Nachteile insbesondere gegenüber dem Vergasermotor hervor.

Nach der grundsätzlichen Besprechung der Bauweise und des Antriebs eines mobilen Gerätes soll nunmehr auf die besonderen Ansprüche der mobilen Spezial- und Universalgeräte eingegangen werden.

4.2. Mobile Spezialgeräte

Allgemein kommt speziellen Maschinen eine Berechtigung zu, wenn die Anschaffungskosten entsprechend der Aufgabe niedrig bleiben. Das Ziel ist nur schwer in die Tat umzusetzen, zumal wenn die Maschinen neben dem Fördern vor- oder nachgelagerte Arbeit in die Mechanisierung mit einschließen. Zu derartigen mobilen Spezialgeräten mit erweitertem Aufgabenbereich sind von den Fütterungsgeräten diejenigen zu zählen, die mit dem Entladen zugleich dosieren können. Die Befüllung obliegt der Einrichtung am Lagerbehälter, etwa der Entnahmefräse des Silos. Solche Futter-

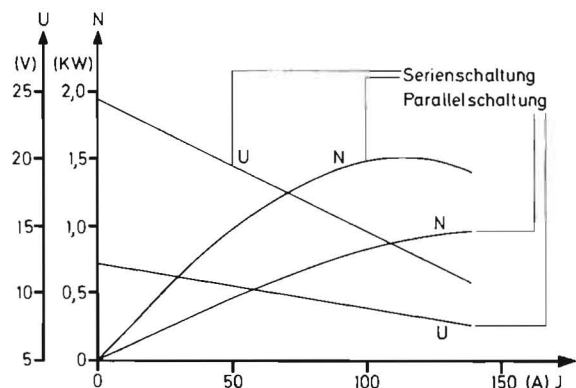


Bild 4: Motor-Klemmenspannung und Leistungsaufnahme in Abhängigkeit vom Entnahместrom
2 Starterbatterien; 12 V; 160 Ah; 20 % entladen

Tafel 1: Wertung technischer und arbeitswirtschaftlicher Kriterien für die Antriebsformen eines mobilen Elektro-Transportgeräts

(1 = günstig; 2 = mittel; 3 = ungünstig)

Bewertungskriterien	Bedeutung (Faktor)	Verbrennungsmotor		
		Elektromotor	Ver-gaser-motor	Dieselmotor
Konstruktion				
Abmessungen, Gewichte	2	2-3 ¹⁾	2	3
Freizügigkeit beim Einbau	1	1	3	3
Eigenschaften als Antrieb	3	1	3	3
Steuerbarkeit, Bedienungsaufwand ²⁾	3	2	3	3
Starteigenschaften	2	1	3	3
Störanfälligkeit	4	2-3	2-3	1
Lebensdauer	3	2	2	1
Wirtschaftlichkeit				
Anschaffungspreis	2	2/3 ³⁾	2	3
Betriebskosten	2	3	2	1
Komfort				
Bedienung	4	3	3	3
Wartung	4	1	2	1
Geräuschbelastigung	2	1	3	3
Geruchsbelastigung	3	1	3	2
Insgesamt		64/66	90	78

¹⁾ Batteriegröße abhängig von der täglichen Beanspruchung

²⁾ Bei größenordnungsmäßig gleichen Kosten

³⁾ Mit Berücksichtigung der Batterielebensdauer: Panzerplattenbatterie 2, Starterbatterie 3

verteilt werden, obschon sie gesondert beschickt werden müssen, unter bestimmten Betriebsverhältnissen arbeitszeitmäßige und arbeits erleichternde Verbesserungen, weil gehäckseltes Gut (Silage, Rüben) oder rieselfähiges Gut (Krafftutter) direkt in die Futterkrippe zugeteilt werden kann. Die Bindung an die bestimmte, schüttfähige Futterstruktur engt allerdings den Einsatzbereich eines solchen mobilen Gerätes ein, so daß weitere technische Hilfsmittel für die Erledigung der anfallenden Transporte nötig sind. Problematisch wird der relativ hohe Kapitaleinsatz.

Ein ähnliches Beispiel aus dem Bereich der Stallentmischung bildet ein Mist-schiebelader, der den Mist sammelt, aufnimmt und sodann an der beliebig gelegenen Miststätte ablegt [2; 7]. Die Ausführung des Sammelorgans als muldenförmige Schaufel, zur besseren Befüllung eventuell noch durch Rafferzinken ergänzt, und die ständige Verschmutzung durch den Kot schränken die Verwendung auf den speziellen Zweck der Entmischung ein. Allerdings könnten durchaus geeignete, austauschbare Arbeitswerkzeuge den Einsatzbereich des mobilen Spezialgerätes kostensparend erweitern.

Einen dem Spezialzweck angemessenen Kapitalbedarf erreicht man am ehesten, wenn ein einfaches Ziel eine einfache Konstruktion gestattet. Das trifft für motorisierte Mist-schieber zu, die die schiebende, sammelnde Funktion mit der des Förderns und Ablegens auf einfachste Weise verbinden, weil sie nur in einer Ebene arbeiten. Auf Grund ihrer kleinen Bauweise sind sie wendig genug, um den Mist auch aus solchen Stallungen herauszuschaffen, die bisher nur Handverfahren erlaubten. Ebenso ersetzen sie auf weit-räumigen, häufig verwinkelt angelegten Flächen in Lauf-stallbetrieben den Handschieber. Die baulichen Voraussetzungen finden sich bei den zahlreichen Alt- und Um-bauten, sogar bei Neubauten, wenn die Entmischung nicht konsequent für alle Reinigungsflächen mechanisiert ist. Dann ist ein Kapitaleinsatz von etwa 3 000 DM aus Gründen der Arbeitserleichterung und -einsparung vertretbar.



Bild 5: Einachsiger Elektro-Mistschieber im Einsatz

Für Einsatzversuche wurde aus diesen Erwägungen heraus im Institut für Landtechnik der Justus Liebig-Universität Gießen ein Mistschieber in einachsiger Ausführung mit Elektroantrieb gebaut (Bild 5). Zwischen den Rädern sind die Antriebsselemente und darüber die beiden Batterien so angeordnet, daß ein leichtes Übergewicht das Schiebeschild vorn belastet, damit es trotz des auftretenden Aufbäum-momentes sicher über den Boden gleitet. Die wichtigsten Kenndaten sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Dieses Gerät wurde im praktischen Einsatz im Hinblick auf Funktionstüchtigkeit und Leistungsfähigkeit erprobt. Dabei galt dem Einfluß der baulichen Gestaltung der Stallungen das besondere Augenmerk. Das Gerät bewährte sich dank seiner Wendigkeit durchaus unter beengten Verhältnissen, etwa dem schmalen Mistgang des Schweinestalles. Es schiebt durchschnittlich 50 kg Schweinemist in einer Fahrt. Bei besser gleitfähigem Rinderkot, der einen höheren Wasser-gehalt aufweist, steigt der Mittelwert auf das Doppelte und mehr. Wo es die weiträumigere Anlage zuließ, wurde zur Leistungserhöhung ein breiteres Schild verwendet, das die Hälfte des üblicherweise 2,5 bis 3 m breiten Lauf- und Futterplatzes im Rindviehlaufstall übersteigt. Das breitere Schild ermöglichte Schubmengen von 300 bis 350 kg festen Frischmistes, entsprechend dem täglichen Mist von acht bis zehn Kühen. Allerdings erzeugten unsymmetrische, das heißt mehr oder weniger einseitig am Schild angreifende Kräfte auf Grund des langen Hebelarms so starke Drehmomente, daß die Führung des Gerätes erschwert wurde. Das trat besonders dann auf, wenn der Mist ungleichmäßig lag, oder wenn an den Begrenzungen der Standflächen oder an Wän-den entlang zu fahren war. Technische Ergänzungen, bei-

Tafel 2: Kenndaten des einachsigen Mistschiebers

Motor	Gleichstrom-Hauptschlußmotor mit Vorwärts-Rückwärts-Feldwicklung Geschlossene Bauweise ohne Lüfter; 24 V; 1 000 W; 1 300 U/min; KB 35 min; Aussetzbetrieb 53 % ED	
Batterie	2 Starterbatterien à 12 V; 135 Ah	
Fahrwerk	Untersetzung der Motordrehzahl durch mehrstufigen Ketten- und einstufigen Keilriemenantrieb Differential ohne Sperre	
Bereifung	4,00-12	
Geschwindigkeit	ohne Last: 2,5 — 4,4 — 5,7 km/h, über Widerstand zu schalten	
Abmessungen	Breite (Radaußenkante)	780 mm
	Länge mit Führungsdeichsel	1 340 mm
Schildbreite	800—1 600 mm	
Gewicht	210 kg	

spielsweise eine Rollenführung an der Außenkante des Schildes, können nur beschränkt Abhilfe schaffen.

Zweckmäßiger ist für den breiteren Mistgang die Abkehr vom einachsigen Fahrzeug; ein zweiachsiges findet dann im allgemeinen genügend Rangierfläche vor und bietet der sitzenden Arbeitskraft eine angenehmere Handhabung. Ein uns zur Verfügung stehendes Gerät, das ähnliche technische Merkmale des Antriebs aufweist wie das ausführlich beschriebene einachsige, bewährte sich gut im praktischen Einsatz.

Neben den technischen Fragen interessiert auch der arbeitswirtschaftliche Erfolg beim Entmisten. Der Verfahrensvergleich (Bild 6) zeigt deutlich, daß der Schlepper als mobiles Mehrzweckgerät mit hohen Rüstzeiten für den An- und Abbau des Rüstschildes belastet ist, die sich naturgemäß bei kleinen Beständen besonders auswirken. Der Elektro-Mistschieber dagegen steht als Spezialgerät stets einsatzbereit innerhalb des Laufhofs und verursacht mit 1—2 cm/Min/GV und Tag nur geringfügige Rüstzeiten. Sobald die eigentliche Alternative, Handarbeit, herangezogen wird, zeigt sich neben dem wesentlichen Effekt der Arbeitserleichterung eine deutliche Einsparung an Arbeitszeit.

4.3. Mobile Mehrzweckgeräte

Im Sinne der einleitend besprochenen Vielfalt der Transportgüter würden dementsprechend mehrere Spezialgeräte im einzelnen Betrieb erforderlich. Eine solche Vollmechanisierung hätte insgesamt einen zu hohen Kapital- und Kostenaufwand zur Folge. Zweckmäßiger scheint es daher, zu versuchen, die verschiedenartigen Spezialaufgaben mit Hilfe eines einzigen Grundgerätes zu lösen, das mit auswechselbaren Spezialwerkzeugen ausgerüstet werden kann. Dabei darf die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Bedingungen auf keinen Fall mit Einschränkungen der Anwendungsfähigkeit und Arbeitsqualität für spezielle Arbeiten erkauft werden. Es zeigt sich immer wieder, daß der Praktiker dann selbst bei erhöhten Kosten auf das Spezialgerät zurückgreift.

Entsprechend der unterschiedlichen Struktur der Transportgüter, ob Schütt-, Kurz- oder Langgut, muß das Motortransportgerät geeignete Werkzeuge aufweisen. Für die Aufnahme von Futter oder Mist benutzt man beim Schlepper zumeist vertikal bewegliche Gabeln mit horizontaler Zinkenenebene, die am Dreipunktkraftheber oder am Frontlader angebracht sind. Zusätzliche Greifzangen halten automatisch sperriges, loses Gut fest. Da der Frontladerschlepper aus den erwähnten Gründen in der Innenwirtschaft auf Einsatzgrenzen stößt, würde der Übergang zur komprimierten Bauweise des Gabelstaplers bereits einen Fortschritt bedeuten. Der Hubarm nimmt die jeweils benötigten Arbeitswerkzeuge auf und gestattet darüberhinaus Stapelarbeiten. Dieses Bauprinzip benötigt allerdings für eine genügende Standsicherheit immer noch Abmessungen, die über den gesetzten Anforderungen liegen. Außerdem steht der hohe Kapitalbedarf einer Verbreitung in der Landwirtschaft entgegen.

Daher wurden in Versuchen die Einsatzbedingungen ausgesprochen kleiner Hoftransportgeräte, die den Außenmaßen der Schubkarre entsprachen, untersucht. Dabei zeigte sich bei den Futtermitteln Anweilsilage und Grünfutter, daß sehr hohe Schubkräfte nötig sind, um einen Futterhaufen mit einer waagrechteten Gabel zu unterfahren [8]. Die Kräfte gehen in den Bereich von 400 bis 500 kp. Sie übersteigen damit die Leistungsfähigkeit von Kleinmotorgeräten und setzen relativ große, schwere Hofarbeitsmaschinen mit Leistungen von über 10 PS voraus, die in ihrer Bauart in etwa dem Gabelstapler entsprechen.

Angesichts der geforderten kleinen Bauweise des Hoftransportgerätes müssen die beschriebenen hohen Schubkräfte ganz umgangen werden. Das gelingt, indem zwei vertikal angeordnete Greifgabeln mit horizontaler Greifbewegung das Futter seitlich umfassen, hydraulisch zusammendrücken und aufnehmen (Bild 7). Damit wird der

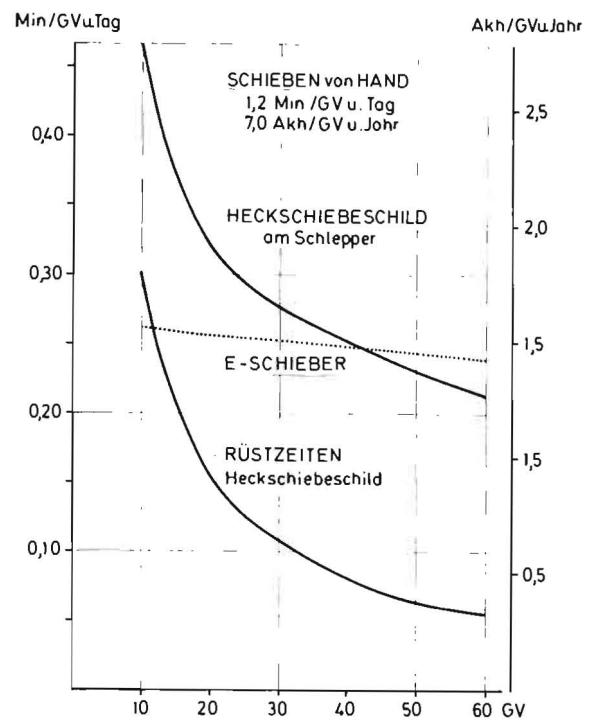


Bild 6: Arbeitszeitbedarf für die Reinigung von Laufstallflächen

Vorteil erzielt, daß locker liegendes Halmgut zugleich bis etwa auf $\frac{1}{3}$ seines ursprünglichen Volumens komprimiert werden kann. Die Abmessungen der Gabel werden in der Breite mit etwa 80 cm vom gesamten Gerät, in der Länge der Zinken mit 80 cm von der Schwerpunktlage des Geräts begrenzt. Dennoch werden gute Füllgewichte der Gabel erzielt, die im Mittel bei 180 kg Silage, 100 kg Grünfutter und 50 kg Heu liegen.

Die weit nach vorn ausladende Gabel muß sodann, um im Sinne einer guten Wendigkeit die Gesamtlänge zu reduzieren, um 90° über die Achse des Gerätes geschwenkt werden. Dann steht die Rangierfähigkeit der einer in engen Gebäuden üblichen Schubkarre nicht nach, wie das Beispiel der beengten Einfahrt in einen schmalen Stallgang zeigt (Bild 8).

Unter Berücksichtigung weiterer auszutauschender Werkzeuge wurde ein Motortransportgerät mit Elektroantrieb entwickelt und gebaut, um Klarheit über den praktischen Einsatz zu bekommen. Die wesentlichen Daten enthält Tafel 3.



Bild 7: Elektro-Transportgerät mit hochgeschwenkter Greifgabel

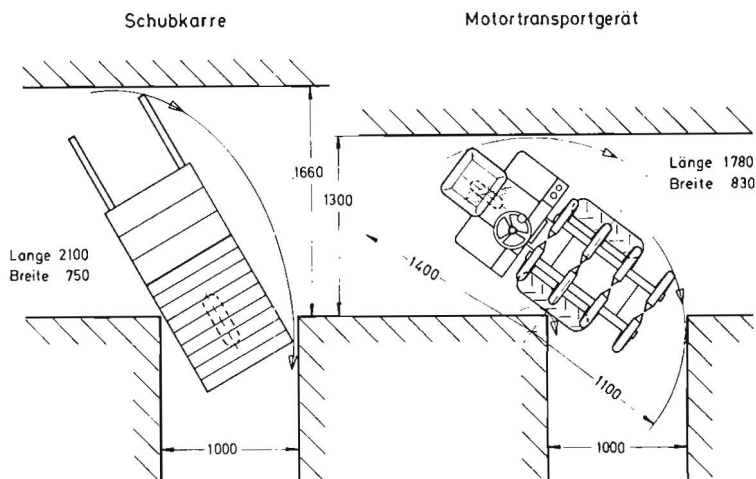


Bild 8: Rangierfähigkeit von Schubkarre und Elektro-Transportgerät

Im landwirtschaftlichen Einsatz bewährte sich die seitlich greifende Gabel vor allem bei der Aufnahme und dem Transport von Heu und Grünfutter sowie bei Silage. Während der Ablage des Futters auf dem Futtertisch läßt es sich durch geschickte Fahrweise ein wenig verteilen. Naturgemäß eignet sich diese Gabel primär für Halmgut. Kürzeres, rieselfähiges Futter wie beispielsweise Maissilage kann mit einer Mulde oder Schaufel, die gegen die Gabel ausgetauscht wird, aufgenommen und vor den Tieren abgekippt werden.

Bisher stand die Mechanisierung der Fütterung im Vordergrund. Eine geeignete auswechselbare Ergänzung zum Grundgerät bringt eine spürbare Entlastung bei der schweren und unangenehmen Entmistungsarbeit. Die Ausbildung des Werkzeugs wird von der Konsistenz des Mistes und den baulichen Gegebenheiten bestimmt. Einfaches Schieben genügt dann, wenn die Miststätte vertieft angelegt ist oder wenn auf eine gleichzeitige Hochförderung verzichtet werden kann.

Der Verwendungsbereich gleicht prinzipiell dem des beschriebenen Mistschiebers. Häufig reicht der einfache Schiebevorgang nicht aus, weil der Mist auf einer entfernt gelegenen Stätte abgekippt werden muß. Der Abkipphöhe sind mit etwa 1 m wegen der Schwerpunktverlagerung und Stand-sicherheit Grenzen gesetzt. Zumeist genügt eine Schaufel, um flüssigen Mist oder ein Kot-Stroh-Gemisch aufzunehmen;

bei sehr strohigem Mist wird eine Zinkengabel bevorzugt, die wie die anderen Werkzeuge mit Schnellverschlüssen mit dem Grundgerät verbunden wird. Das Gerät vermag nun durchaus größere Mengen zu schieben (bis 450 kp) und zu transportieren, weil die Triebkraft der Räder mit Hilfe der Hubhydraulik erhöht werden kann.

Aus der Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten für das universelle Motortransportgerät sind einige wichtige besprochen. Als weiteres mögliches Zusatzgerät ist eine Aufbaumulde mit Schrottdosiereinrichtungen zu erwähnen, die das Leistungsfutter für Schweine oder Rindvieh in die Krippe hinein zuteilt. Wesentlich ist allerdings, daß die Zusatzwerkzeuge am Grundgerät schnell und einfach auszuwechseln sind.

4.4. Stromverbrauch

Die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten stellen nunmehr die Frage nach dem Stromverbrauch und der Häufigkeit des Batterieladens. Darüber geben Messungen zum Stromverbrauch des Gerätes bei den einzelnen Funktionen Auskunft. Folgende Daten wurden gemessen, in einem Mehr-Kanal-Magnetband gespeichert und mit einem Analogrechner ausgewertet:

Fahrstrecke (m) und Zeit (s) sowie Strom (A) und Spannung (V) jeweils am Fahr- und am Hydraulikmotor.

Dabei wurden die Werte für den Fahrmotor und den Hydraulikmotor nach einzelnen Arbeitselementen gesondert erfaßt, um mit den Einzelwerten weiter rechnen und die wesentlichen Einflußfaktoren herausstellen zu können. Daneben wurden über längere Praxiseinsätze mit einem Batterieprüfgerät der Stromverbrauch, die Anzahl der Ladezyklen und Tiefentladungen registriert; die ermittelten Kontrolldaten bestätigten die aus Einzelwerten errechneten.

Der Stromverbrauch für die Arbeit in der Praxis hängt mit verschiedenen Faktoren zusammen:

Beim Aufnehmen des Gutes aus dem Futterhaufen bedient der Fahrer in der Regel zwei bis drei Mal im Wechsel den Schließ- und Hubzylinder. Läßt er die Hydraulik bei komprimiertem Gabelinhalt unnötig gegen das Sicherheitsventil arbeiten, so steigt die Stromaufnahme stark, die am gesamten Stromverbrauch einen durchaus relevanten Anteil hat. Eine automatische Abschaltung wäre zweckmäßig. Des weiteren wirken sich die Strecken zwischen Futterlager und Stall sowie der Weg im Stall aus. Dieser ist im Laufstall auf Grund der geringeren Freßplatzbreite (0,7 bis 0,8 m je Tier bei Einzeltierfütterung) etwa 30 % kürzer als im Anbindestall, was zu einem etwas niedrigeren Stromverbrauch führt.

Ein bedeutender Einfluß geht von der Zahl der Fahrten aus, die einmal von der Größe der Herde abhängt und zum anderen vom Fassungsvermögen des Gerätes. Diese Zusam-

Tafel 3: Kenndaten des Motortransportgeräts

Motor für Fahrtrieb	Gleichstrom-Hauptschlufmotor Geschlossene Bauweise ohne Lüfter; 24 V; 1,5 kW; 3 000 U/min
Motor für Hydraulik	N = 1 kW
Fahrzeuggatterie	2 Batterien à 12 V; 160 Ah
Fahrwerk	Zwei Antriebsräder vorn, 1 lenkbares Rad hinten Untersetzung der Motordrehzahl über Zahnrad- und Kettenantrieb sowie Differential auf 2 Ketten nach vorn zu den Triebrädern (dadurch Freiraum zwischen den Rädern für Arbeitswerkzeuge)
Bereifung	vorn (Antrieb): 6—12 AS hinten (Lenkung) 3,00—4
Geschwindigkeit	I. Stufe 3,1 km/h 12 V mit Vorwiderstand II. Stufe 4,8 km/h 12 V ohne Vorwiderstand III. Stufe 8,1 km/h 24 V mit Nebenschlußwirkung IV. Stufe 9,6 km/h 24 V ohne Nebenschlußwirkung
Abmessungen	Breite (Radaußenkante): 830 mm Länge: Greifer vorgeschwenkt 2 300 mm Greifer zurückgeklappt 1 780 mm
Achslast (ohne Fahrer, Gabel zurückgeklappt)	vorn 345 kp hinten 228 kp

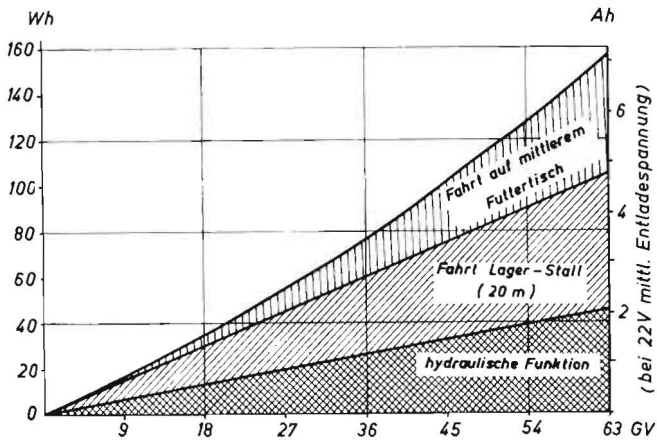


Bild 9: Täglicher Stromverbrauch bei der Silagefütterung mit dem Elektro-Transportgerät
(Anbindestall; 20 kg/GV; 180 kg/Gabel)

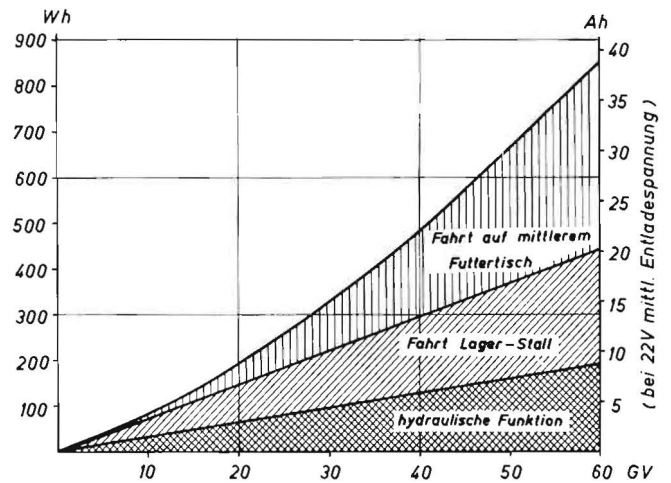


Bild 10: Täglicher Stromverbrauch bei der Grünfütterung mit dem Elektro-Transportgerät
(Anbindestall; 50 kg/GV; 100 kg/Gabel)

menhänge machen die Bilder 9 und 10 für das Beispiel der Fütterung von Silage und Grüngut klar. Aus dem Vergleich beider Darstellungen, die etwa auftretende Störungen nicht berücksichtigen, wird ersichtlich, daß bei der Grünfütterung die Batterie bedeutend mehr beansprucht wird. Denn bei der unterstellten Ration kann das Gerät bei einer Fahrt nur zwei Tiere, bei der Silage dagegen neun Tiere versorgen. Da im allgemeinen zur Silage noch andere Futtermittel beigegeben werden, erhöht sich dafür der Stromverbrauch. Die ergänzende Heufütterung (5 kg/Tier und Tag) führt zu ähnlichen Werten wie bei Silage, weil die Gabel mit 50 kg die Menge für zehn Kühe aufnimmt.

Bei diesen Anwendungsbeispielen braucht das Gerät im Grunde wenig Zugkräfte aufzuwenden. Das ist wesentlich anders beim Entmisten (Bild 11). Der Mist wird über eine längere Strecke mit wachsendem Kraftbedarf zusammengeschieben. Daher interessiert hier die Stromaufnahme besonders. Die Meßergebnisse zeigten sehr deutlich die hohe Stromaufnahme beim Schiebevorgang, es tritt jedoch eine deutliche Entlastung ein, wenn der Mist aufgenommen und in der Schaufel transportiert wird. Aus vergleichenden Messungen ist zu ersehen, daß ein Hubvorgang ebenso viel Strom verbraucht wie das Schieben von Mist über eine Strecke von 3 m. Daher ist es im Anbindestall meist sinnvoller, den gesammelten Mist mit gehobener Schaufel aus dem Stall zu tragen; denn die Schubstrecken wären gerade im größeren Stall zu groß. Hinzu kommt, daß auch die Entfernung vom Stall zur Miststätte zu überwinden ist. Im Laufstall ist dieser Punkt anders zu bewerten, weil eine größere Fläche durch Schieben zu reinigen ist. Auf Grund des relativ geringen Kotanfalls auf der Fläche können die Arbeitsfunktionen Schieben und Fördern zur Miststätte weitgehend miteinander verbunden werden. Bei längeren Schiebestrecken, im größeren Bestand oder entfernt gelegener Miststätte, ist auch hier die angehobene Schaufel zweckmäßiger.

Für die Beurteilung der Batteriekapazität beziehungsweise der Häufigkeit des Nachladens wurde der Strombedarf der einzelnen Arbeitsgänge, die täglich anfallen, für bestimmte Bestandsgrößen zusammengestellt. Dabei sind keine zusätzlichen Arbeiten oder Störungen berücksichtigt. Die im Vergleich zur Nenn-Batteriekapazität tatsächlich verfügbare geringere Betriebskapazität ist abhängig von den Batterieeigenschaften, dem zeitlichen Verlauf und der Höhe des Entladestroms und der Batterietemperatur. Einen Eindruck von diesen Zusammenhängen vermittelt Bild 12. Unter den vorliegenden Einsatzbedingungen mit intensiver Entladung in der relativ kurzen Betriebszeit von täglich 20 bis 30 Min. für 40 GV sinkt die Betriebskapazität auf etwa 70 % der Nennkapazität bei sommerlichen und auf bis 40 % bei winterlichen Temperaturen. Es empfiehlt sich also im

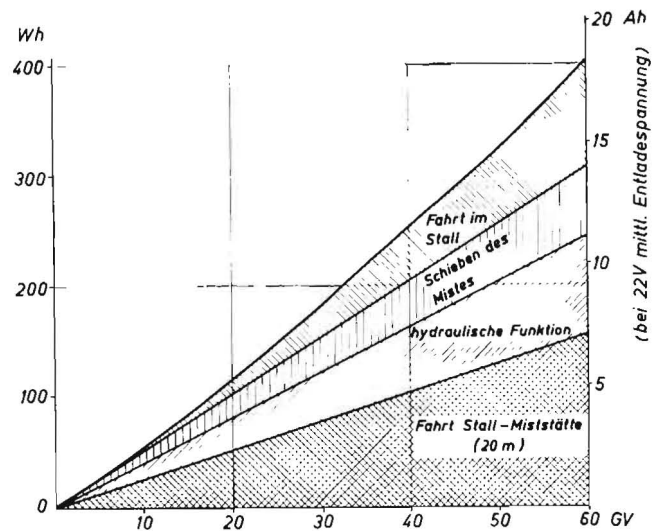


Bild 11: Täglicher Stromverbrauch beim Entmisten im zweireihigen Anbindestall mit dem Elektro-Transportgerät
(durchschnittlich 100–200 kg Mist/Schaufel; 2 × täglich Entmisten)

Tafel 4: Strombedarf bei Sommerstallhaltung

Bestandsgröße (GV)	20	40	60
Stromaufnahme (Ah) (mit 24 V-Batterie)			
Grünfütterung	8	20	35
Entmisten	6	12	20
Ah/Tag	14	32	55
bei 160 Ah und 24 V (70%)			
Aufladen nach ... Tagen	8	4	2

Tafel 5: Strombedarf bei Winterstallhaltung

Bestandsgröße (GV)	20	49	60
Stromverbrauch (Ah) (mit 24 V-Batterie)			
Silage- und Heufütterung	4	8	12
Entmisten	6	12	20
Ah/Tag	10	20	32
bei 160 Ah und 24 V (70%)			
Aufladen nach ... Tagen	11	6	4

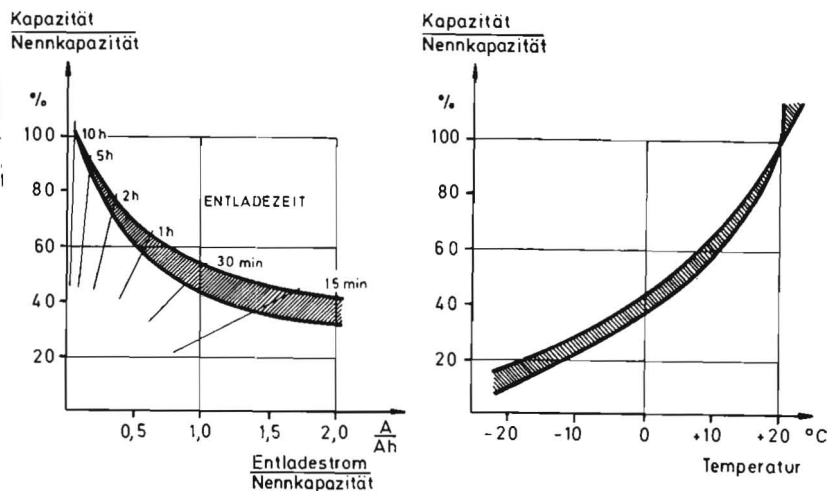


Bild 12: Einfluß des Entladestroms und der Temperatur auf die verfügbare Batteriekapazität (nach Bosch und Varta)

Winter, das Gerät im wärme geschützten Raum, dem Stall, abzustellen, damit die Batterien nicht der starken Kälteeinwirkung ausgesetzt sind.

Aus den Tafeln 4 und 5 gehen der Strombedarf sowie die Einsatzzeit bis zum Aufladen hervor. Die Zahl der Ladezyklen erreicht also auch im großen Viehbestand nicht den eingangs erwähnten Maximalwert; die Grenze der zeitlichen Lebensdauer der verwendeten Fahrzeugbatterie wird eher erreicht.

5. Arbeitswirtschaftliche Beurteilung

Nach den technischen Fragen soll abschließend auf die arbeitswirtschaftlichen Konsequenzen dieser Neuentwicklungen eingegangen werden, die wesentlich über die Verbreitung der Motortransportgeräte mit entscheiden. Hierbei sind als Ausgangsbasis Handarbeitsverfahren anzusehen, die gerade unter ungünstigen baulichen Gegebenheiten zwangsläufig noch vorherrschen. Daher wird hauptsächlich auf den Anbindestall eingegangen; die Laufställe sind in der Regel Neuanlagen, bei denen nur Mängel der Baugestaltung zur Handarbeit führen. Im allgemeinen trifft die Mechanisierung mit Hilfe des Elektrogerätes auf Alternativen, die unter dem Gesichtspunkt der Arbeitszeit dann als gleichwertig zu betrachten sind, wenn die Belastung durch Rüstzeiten gering zu halten ist. Dafür gibt Bild 6 ein Beispiel. Im Anbindestall rechnet man für die Vorlage der Futtermation mit 10 bis 15 Akh je GV und Jahr (entsprechend 0,8 bis 1,3 Minuten je GV und Fütterung) und für das Entmisten mit der Schubkarre mit 10 Akh/GV und Jahr [5; 9]. Der Zeitbedarf ist also nicht sehr erheblich, allerdings handelt es sich vorwiegend um schwere, unangenehme Arbeit. Der Einsatz der beschriebenen mobilen Mechanisierungsverfahren verkürzt die Arbeitszeit im Mittel auf nahezu die Hälfte. Beim Füttern und Entmisten sind die bekannten Lösungen mit Stetig- oder Portionsförderern unter diesem Aspekt als gleichrangig anzusehen. Die Arbeitszeitverringerung durch die mobile Mechanisierung ist wesentlich darauf zurückzuführen, daß im Sinne der eingangs erhobenen Forderung auch das Laden technisiert ist. Denn für dieses Element sinkt der Zeitbedarf gegenüber Handarbeit auf 20 %. Der Erfolg unterliegt allerdings einigen Einflußfaktoren, die für das Beispiel der Fütterung von Silage als gewichtigen Bestandteil der Ration in Bild 13 aufgeführt sind. Danach wirken sich hohe Geschwindigkeit und genügende Füllmenge der Gabel stark aus. Sie vermögen den starken Anstieg des Zeitaufwandes für große Futtermationen zu kompensieren.

Nun liegen grundsätzlich die wesentlichen Vorzüge des mobilen Motortransportgerätes vorwiegend darin, daß es gerade unter ungünstigen baulichen Voraussetzungen eine Mechanisierung überhaupt ermöglicht, damit die Arbeit ver-

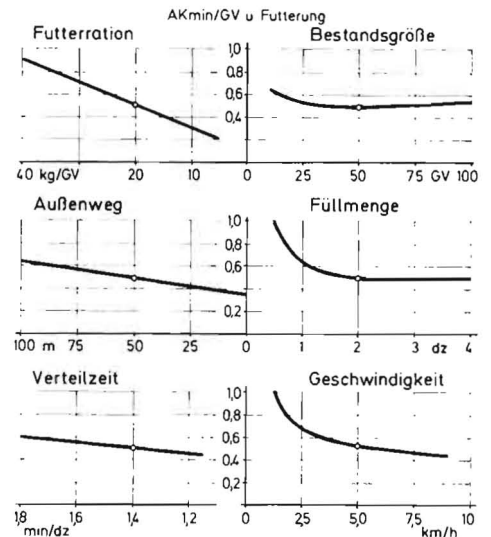


Bild 13: Einfluß der wichtigsten Faktoren auf den Arbeitszeitbedarf bei der Fütterung mit Motortransportgeräten (Grassilage, zweireihige Aufstallung, gemeinsamer Futtertisch)

kürzt und erleichtert, und daß es im Gegensatz zum Schlepverfahren sofort ohne Rüstzeiten einsatzbereit im Stallbereich steht. Diese Form der mobilen Mechanisierung findet dank ihrer Anpassungsfähigkeit Eingang in vorhandene Gebäude und erledigt auf Grund der Vielseitigkeit umfangreiche Transportaufgaben. Die Anschaffungskosten, die sich um 10 000 DM bewegen dürften, und damit ähnlich hoch liegen wie die spezieller, stationärer Fütterungs- oder Entmistungsanlagen, verteilen sich beim universellen Gerät auf mehrere Arbeitsgänge. Diese Verringerung der Investitionskosten ist insofern von Bedeutung, als wegen des niedrigen Akh-Bedarfs bei den Transportarbeiten nur ein entsprechend geringer Kapitaleinsatz wirtschaftlich vertretbar ist.

6. Zusammenfassung

Die Mechanisierung der Transporte in der Innenwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe ist im Zusammenhang mit der Vielfalt an Transportgütern und -wegen zu sehen. Besondere Schwierigkeiten für den Einsatz der Technik ergeben sich unter ungünstigen Gebäudeverhältnissen namentlich in der Rindviehhaltung. Für derartige Einsatzbedingungen werden mögliche konstruktive Lösungen für Entmistungs- und Fütterungsarbeiten erörtert. Ein mobiles Mehrzweckgerät mit Batterieantrieb wird auf Grund der erwarteten Vorteile konzipiert. Um Daten über den praktischen Betrieb zu gewinnen, wurde ein Grundgerät mit austauschbaren Werkzeugen gebaut. Über Erfahrungen in technischer und arbeitswirtschaftlicher Sicht mit der mobilen Mechanisierung wird berichtet.

7. Schrifttum

- ISENSE, E. und R. MERKES: Möglichkeiten der mobilen Mechanisierung in der Rindviehhaltung. DLG-Mitteilungen 85 (1970) S. 3-5
- ISENSE, E.: Mobile Entmistungsverfahren. Der Tierzüchter 21 (1969) S. 696
- WENNER, H. L., SCHÖN, H. und R. MERKES: Technische Probleme der Rindviehfütterung. Landtechnik 23 (1968) S. 24-31
- KUSSY, F. W.: Elektrische Niederspannungsschaltgeräte und Antriebe. Berlin 1968
- SCHULZ, H. und A. GRIMM: Das Festmistverfahren — nach wie vor interessant! DLG-Mitteilungen 84 (1969) S. 51-53
- BODE, H.: Energiequellen für Elektrospesicherfahrzeuge. In Denkschrift „Elektrospesicherfahrzeuge“ der DFG Bonn. Bad Godesberg 1970. S. 83-107
- SCHULZ, H., KRINNER, L. und K. WISSMÜLLER: Entmisten und Lagern von Festmist. Landtechnik 23 (1968) S. 657-665
- MERKES, R.: Technische Hilfsmittel und Verfahren für das Ernten und Füttern von Grängut. Dissertation Gießen 1969
- KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft. Frankfurt 1969