

des Technisierungsgrades um mehr als das Doppelte bewirken. Inwieweit die Schütthöhe (2,0 bis 4,50 m) voll ausgenutzt wird, bestimmen ebenfalls weitgehend Behandlung und Verwendungszweck des Einlagerungsgutes. Auch dürfte noch nicht restlos geklärt sein, welche Stapelhöhen für dieses physiologisch so empfindliche Einlagerungsgut von Fall zu Fall angemessen sind.

Im allgemeinen lassen erst Einlagerungsmengen über 2500 dz eigentliche Lagerhäuser wirtschaftlich werden. Die Raumausnutzung ist hier ebenso wie bei der Kartoffelscheune wenig befriedigend. Auch hier wird sie von den Faktoren Durchfahrt, Arbeitsraum und toter Raum maßgeblich beeinflusst. Größere Schwundmengen als 3,5 % brauchen normalerweise nicht anzufallen.

Nachdem der Begriff des Kartoffellagerhauses betriebswirtschaftlich definiert ist, sollen noch einige Hinweise zur Frage der Wirtschaftlichkeit der Kartoffeleinlagerung in Gebäuden gegeben werden. Hierbei genügt es nicht, nur den „erreichbaren technischen Nutzeffekt“ und die „Höhe der Gesamtbaukosten“ ins Auge zu fassen. Im einzelnen sind für die Kosten der Einlagerung folgende Faktoren entscheidend:

- Einlagerungsmenge
- Raumausnutzung
- Schütthöhe
- Baukosten
- Arbeitsverfahren
- Maschinen (technische Hilfsmittel)
- Schwund
- Verwendungszweck des Lagergutes.

Alle diese, die Kosten beeinflussenden Faktoren stehen miteinander im Zusammenhang und wirken aufeinander ein. Die Einlagerungsmenge steht außerdem noch in direkter Beziehung zur kartoffelerzeugenden Fläche der einzelnen Betriebe oder der lagerhaltenden Stelle. Sehr enge Wechselbeziehungen bestehen zwischen Raumausnutzung, Schütthöhe und Verwendungszweck. Theoretisch sind Stapelhöhen bis

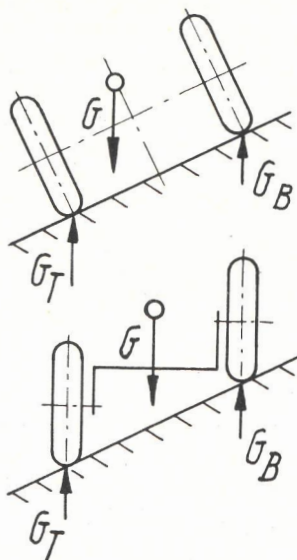
zur sogenannten Quetschgrenze (nach GORSLER etwa 15 m) möglich. Bei der Saatguteinlagerung scheinen nach bisherigen Feststellungen Stapelhöhen bis zu 3,20 m vertretbar zu sein. Darüber hinaus können Schädigungen auftreten. Bei Speiseware sind Stapelhöhen bis zur 4,50 m ohne weiteres möglich.

Auch Arbeitsverfahren und technische Hilfsmittel sind so stark miteinander verknüpft, daß sie nur gemeinsam zu werten sind. Beide verursachen bei sortierter Ein- und Auslagerung in Gebäuden über ein Drittel der Gesamtkosten je dz Einlagerungsgut. Soll dieser Anteil gesenkt werden, so müssen die zur Anwendung gelangenden Verfahren gut durchdacht und die technischen Hilfsmittel den jeweiligen Erfordernissen genau angepaßt werden. Die Belastung der eingelagerten Kartoffeln mit Gebäudekosten läßt sich erheblich verringern, wenn das Gebäude während des Sommers zu anderen Zwecken verwendet werden kann (z. B. Heutrocknung oder Gemüselagerung).

Zusammenfassend ist hervorzuheben, daß auf die Wirtschaftlichkeit des Einlagerungsverfahrens zahlreiche Faktoren Einfluß haben, und daß es betriebswirtschaftlich in erster Linie darauf ankommt, die sich bietenden Möglichkeiten richtig miteinander zu kombinieren.

#### Schrifttumsnachweis

1. HENTSCHEL, G.: Kostenvergleich verschiedener Kartoffeleinlagerungsverfahren. Landbauforsch. 6 (1956) H. 3, S. 33—35.
2. KLOEPPEL, R., u. H. POHLMANN: Die Kartoffelscheune, Hildesheim: Mann (1952) (Hefte für den Kartoffelbau, 2).
3. POHLMANN, H.: Kartoffellagerung in Gebäuden. Z. Bauen auf dem Lande, 8 (1957) H. 2, S. 51—55.
4. DESCHEPPER, H.: Baufragen. Kartoffelbau 8 (1953) Nr. 8, S. 160—162.
5. FISCHNICH, O.: Weitere Erfahrungen über die Lagerung von Kartoffeln. Kartoffelbau 6 (1955) Nr. 7, S. 158—162.
6. GORSLER, A.: Grundsätzliches zur Kartoffellagerhaltung. Kartoffelbau 1 (1950) Nr. 5, S. 109—110.



Von links nach rechts, Bild 1: Oben normale Achse, unten Stufenachse am Querhang, schematisch dargestellt ( $G$  = Gesamtschwerpunkt des Fahrzeugs). Bild 2: Abgescherter Profilabdruck eines Normalschleppers am Hang, Bild 3: nicht abgescherter Profilabdruck eines Stufenschleppers unter gleichen Bedingungen.



## ENTWICKLUNG EINES STUFENSCHLEPPERS FÜR HANGVERSUCHE

### Probleme der Hangarbeit

Die Schwierigkeiten, die bei mehr als 5% Neigung Schlepperarbeiten in Schichtlinie verursachen können, sind hinreichend bekannt. Es zeichnet sich aber klar die Notwendigkeit ab (1), künftig an steileren Hängen bis zu vielleicht 30% Neigung in der Schichtlinie arbeiten zu können (2). (Für noch steilere Hänge wird ohnehin meist der Fallinienseilzug bevorzugt).

Der Schwerpunkt des Schleppers verlagert sich dabei entsprechend zur Talseite und vergrößert dort die Radlast und das Eindringen der Räder, so daß die Neigung des Schleppers noch größer als die Gelände-neigung wird. Das Lenken ist erschwert und es werden auch häufig „Hilfen“ mit den Lenkbremsen oder der Differentialsperre notwendig. Das bei Schräglage des Schleppers stets unorganisch „verkrampfte“ Sitzen bewirkt allein schon, wie nachgewiesen wurde, eine sehr wesentliche Erhöhung der körperlichen und nervlichen Beanspruchung des Fahrers (3). Bei Befahren steiler Hänge macht sich weiterhin ein zunehmendes Unsicherheitsgefühl des Fahrers bemerkbar. Bei Annähern an die Kippgrenze genügt ein kleiner Anlaß zum fast unvermeidbaren Auslösen des Kippens mit seinen schwerwiegenden Folgen. Frontladerarbeiten sind am Hang unmöglich und auch die Ladehöhe von Anhängern wird durch die Kippgefahr schon bald begrenzt.

Die durch die Schräglage des Schleppers oder Anhängers bewirkten Mängel und Gefahren lassen sich am besten durch eine Höhenverstellbarkeit der Räder beseitigen. Dadurch wird es möglich, auch am Hang den Fahrzeugrumpf und die Räder lotrecht wie in der Ebene zu halten (Bild 1, S. 70).

Neben der Seitenneigung stört bei der Hangarbeit mit Schleppern vor allem das Abrutschen der Vorder- und Hinterräder. Soll das Fahrzeug in der Schichtlinie bleiben, so muß man in einem gewissen Winkel hangaufwärts lenken. Der Schräglauf des ganzen Schleppers nimmt mit der Hangneigung stark zu und begrenzt so die Möglichkeit des Arbeitens in Reihenkulturen.

Bei normal am Hang rollenden Rädern haben die von der Neigung herrührenden Seitenkräfte in der Aufstandsfläche gleichzeitig mehrere Auswirkungen. Schon auf festen Fahrbahnen ergibt sich durch die ständige, seitliche Reifenverformung und durch „Kriechgleitvorgänge“ in der Aufstandsfläche ein ständiges Abwärtswandern des Rades, das durch einen gewissen Schräglauf des Rades oder des ganzen Fahrzeugs ausgeglichen werden muß. Auf Ackerböden kommt ein weitgehend von den Bodeneigenschaften abhängiger Seitenschlupf hinzu. Die Einzelheiten dieses Vorgangs sind aber noch näher zu untersuchen (Bild 2, S. 70).

Bei lotrecht gestellten Rädern am Hang liegen diese Dinge wesentlich anders. Auf festen Fahrbahnen verformt sich die Auflagefläche anscheinend so, daß das Kriechgleiten verringert wird. Außerdem wird die seitliche Verformung des Reifens merklich kleiner und damit der Schräglauf des Rades wesentlich

geringer. Auf weichen Böden kommt ein weiterer Einfluß hinzu, den man selbst beim Gehen an steileren Hängen gefühlsmäßig ausnutzt: Bei flachem Auftreten müßte ein verhältnismäßig kleiner Bodenquerschnitt der vielfach auch lockeren Oberfläche die ganze Seitenkraft aufnehmen. Statt dessen tritt man sich aber treppenähnliche Stufen, von denen man kaum oder überhaupt nicht seitlich abrutscht. Falls der Boden auch dafür noch nicht fest genug ist und ausbricht, wird gleich ein größerer Querschnitt zum Abscheren gebracht. Diesen Vergleich kann man zwar nicht einfach auf rollende oder treibende Räder übertragen, er zeigt aber überspitzt die tatsächlich vorliegende Wirkung durch das Senkrechtstellen eines Rades am Hang. Das Reifenprofil drückt sich bergseitig viel stärker als talseitig ein. An steileren Hängen liegt die talseitige Profilkante oft überhaupt nicht mehr auf (Bild 3, S. 70).

### Bau eines Versuchsschleppers

Vorversuche von LANGE auf festen Fahrbahnen mit einer gezogenen Einachskarre bestätigten zunächst die Erwartung, daß durch das Lotrechtstellen der Räder (dem Beispiel entsprechend als Stufenachse bezeichnet) eine starke Verringerung des Schräglaufs gegen die bei Normallage gemessenen Werte eintritt. Über diese Versuche wurde bei der Tagung für Landmaschinenkonstrukteure an der FAL im März 1956 berichtet.

Nun wurden weitere Arbeiten mit getriebenen Rädern bzw. einem Schlepper erforderlich. Außerdem mußten sie unter den Bedingungen natürlicher Hänge möglich sein.

Nach längerem Abwägen der verschiedenen konstruktiven Möglichkeiten wurde dann ein üblicher Schlepper zu einem Stufenschlepper umgebaut. Dabei war es notwendig, eine für die Versuche geeignete Lösung zu finden, bei der man gleichzeitig mit möglichst wenig Änderungen serienmäßig greifbarer Teile auskam. Das führte aber auch dazu, daß gewisse Nachteile dieser Anordnung bewußt in Kauf genommen wurden. Der Schlepper wurde aus Teilen, die von der ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN sowie von den Firmen BOSCH, BÜSSING und EICHER zur Verfügung gestellt worden waren, im Institut zusammengesetzt. Dazu wurden die Seitenvorgelege eines geeigneten Triebwerks mittels Spezialkugellagern so an den Achstrichtern gelagert, daß sie um die Ritzelwelle geschwenkt werden können. Dieses Verstellen erfolgt hydraulisch durch Arbeitszylinder. Durch die hydraulische Verbindung der beiden Seiten wird normalerweise ein Rad hoch, das andere tief gestellt (Bild 4). Für andere Versuchsanstellungen ist es auch möglich, beide Räder gleichzeitig hoch oder tief zu stellen. Die zusätzliche hydraulische Ausstattung entspricht mit Pumpe und Steuergerät etwa der eines schweren Frontladers. Die Vorderachse wurde zu einer Parallelogramm-Doppelpendel-Achse umgebaut, damit die Vorderäder stets ihre etwa parallele Lage zu den Hinterrädern beibehalten (Bild 4 und 5).



### Erste Versuchsergebnisse

Mit diesem Schlepper wurden einige Versuchsreihen durchgeführt. Als vorläufiges Ergebnis kann festgestellt werden:

1. Auch noch bei Überschreiten der konstruktiv für diesen Schlepper vorgegebenen Hangneigungsgrenze von rund 25% bleibt das Fahrgefühl dem in der Ebene bzw. am entsprechend wenig geneigten Hang gleich.
2. Bei der Lenkung fällt das bei normaler Lage des Schleppers am Hang vorhandene und recht lästige einseitige „Ziehen“ fort.
3. Bei Leerfahrten verringerte sich der Schräglauf durch das Abrutschen erheblich; bei den meisten Bedingungen ging er auf etwa  $\frac{1}{3}$  der bei normaler Lage des Schleppers festgestellten Werte zurück.
4. Vergleichsversuche bei gleicher, mittlerer Zugkraft ergaben, daß der Schräglauf durch Senkrechtstellen des Schleppers auch hierbei erheblich kleiner wird.
5. Das Pflügen ist mit aufgerichtetem Schlepper ungleich angenehmer und erfordert viel seltener die Zuhilfenahme der Lenkbremsen oder der Differentialsperre (Bild 6).

### Weitere Aufgaben

Zunächst haben sich die in die Stufenachse und den Stufenschlepper gesetzten Erwartungen hinreichend erfüllt. Weitere umfangreiche Untersuchungen werden aber notwendig. So ist z. B. noch nichts über die bei Stufenstellung zweckmäßige Reifenausbildung und Profilstaltung bekannt. Die hier nicht erwähnten, vielerlei konstruktiven Möglichkeiten für die Stufenverstellung müssen ebenfalls im Zusammenhang mit Arbeitsgeräten und nicht zuletzt im Hinblick auf die Kostenverhältnisse geklärt werden. Auch für Anhänger sind die Vorteile der Stufenachse in hängigem Gelände sorgsam gegen den Aufwand abzuwägen.

Anders liegen die Dinge bei dem hydrostatischen Einzelradantrieb, dessen Entwicklung und Anwen-

dung bei Ackerschleppern recht aussichtsreich erscheint (4, 5). Für den Stufenschlepper bietet sich die Möglichkeit, die Ölmotoren direkt an oder in die Triebräder einzubauen und über Schlauch- bzw. Rohrleitungen an die Pumpen und Steuergeräte anzuschließen. Damit kann die Radaufhängung freizügig und ohne Rücksicht auf mechanische Übertragungsglieder gestaltet werden. Es ist anzunehmen, daß der anfängliche Mehrpreis der hydrostatischen gegenüber der mechanischen Leistungsübertragung durch die vereinfachte Radaufhängung und Verstellung zumindest teilweise ausgeglichen wird.

Ganz andere Untersuchungsaufgaben ergeben sich noch durch die Anlenkung und Anordnung der Geräte am Schlepper und die möglichen Auswirkungen auf die Anbau- und Ernteverfahren.

Schließlich bleiben auch für den hydraulischen Teil der Verstellung beim Stufenschlepper noch einfache, automatische Steuerungen und Sicherheitsvorkehrungen zu entwickeln. Damit ist wohl zur Genüge ersichtlich, daß nach dem ersten Schritt noch sehr viel getan werden muß, bevor vielleicht eines Tages in einem Prüfbericht für einen serienmäßig gefertigten Stufenschleppertyp erklärt werden kann: „Geignet für die Landwirtschaft . . . Der Preis erscheint angemessen.“

### Schrifttumsnachweis

1. MEYER, H.: Ein Stufenschlepper für Reifenversuche im Hang. — Landtechn. Forsch. 6 (1956) S. 139—142.
2. SKALWEIT, H.: Einsatzgrenzen von Schlepper und Gerät am Querhang. — Landtechn. Forsch. 6 (1956) S. 143 bis 146.
3. DUPIUS, H., R. PREUSCHEN u. B. SCHULTE: Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes. — Bad Kreuznach: Inst. f. landw. Arbeitswiss. 1955. 177 S. (Landarbeit u. Technik H. 20).
4. MEYER, H. u. H. H. COENENBERG: Die Bedeutung einer hydrostatischen Leistungsübertragung für Ackerschlepper. — Landtechn. Forsch. 5 (1955) S. 22—25.
5. COENENBERG, H. H.: Der hydrostatische Schlepperantrieb. — Landtechn. Forsch. 7 (1957) S. 62—64.



Von links nach rechts, Bild 4: Rückansicht des Stufenschleppers, Bild 5: Frontansicht des Stufenschleppers, Bild 6: Stufenschlepper beim Pflügen.