

# Kinematographische Untersuchung des Dreschvorganges in einer Schlagleistentrommel

Von Karl-Heinrich Schulze

Bei den kinematographischen Aufnahmen betrug die Beleuchtungsstärke etwa 100 000 lx, die durch Scheinwerfer von insgesamt 40 000 W Energieaufnahme erreicht wurden. Zur Verfügung standen eine Normalfilm-Kamera ohne Zeitdehnung mit der der ganze Versuchsstand beobachtet wurde. Mit einem Zeiss-Ikon-Zeitdehner mit etwa 60 facher Zeitdehnung wurde ein Überblick über einen großen Teil des Dreschraumes gewonnen, und mit einer Kamera amerikanischer Herkunft (Fastax) mit 200 facher Zeitdehnung wurden die Vorgänge in den in Bild 1 eingekreisten drei Abschnitten (Oberkorb, Mittelkorb, Unterkorb) in Großaufnahmen festgehalten. Die Möglichkeit einer Messung von Bewegungsvorgängen ergab sich erst bei Aufnahmen mit 200 facher Zeitdehnung.

## Versuchsanordnung

Um den Dreschvorgang unter Bedingungen sichtbar zu machen, die der Praxis möglichst nahe sind, wurde einer Schlagleistentrommel (Bauart Lanz, Durchmesser 535 mm, 8 Schlagleisten) auf einem Band mit einer Fördergeschwindigkeit von etwa 0,75 m/s, gleichmäßig verteilt, Getreide zugeführt (Bild 1). Die Umfangsgeschwindigkeit der Trommel war bei den Versuchen  $v_U = 30$  m/s, dies entspricht einer Trommeldrehzahl  $n \approx 1080$  U/min. Es wurden vorwiegend die Verhältnisse bei Quereinlage von Roggen, Weizen und Gemenge (Gerste-Hafer) untersucht. Mit Sommerweizen erfolgte eine Beschickung in Längseinlage mit den Ähren voraus.

Die Getreidedurchsätze bei den Versuchen lagen bei etwa 20 dz/h. Während jeder Aufnahme wurde der Durchsatz dadurch ermittelt, daß die Zeit für den Durchlauf des auf dem Fördertuch vorbereiteten und seinem Gewicht nach bekannten Getreideschleiers gemessen wurde. Die Menge des Getreides war dabei so bemessen, daß der Durchgang durch die Trommel in 6 bis 7 Sekunden erfolgte. Die eigentliche Aufnahme des Filmes dauerte wegen der gegebenen Länge des Filmstreifens und der hohen Bildfrequenz nur 3/4 bis 1 Sekunde. Der Film wurde dann gestartet, wenn dem Augenschein nach ein kontinuierlicher Fluß des Dreschgutes vorlag. Trotz einer sorgfältigen Vorbereitung des Getreideschleiers war es nicht zu erreichen, daß der Durchgang

durch den Dreschraum völlig gleichförmig vor sich ging. Es kann deshalb der im Film wiedergegebene Durchsatz von dem errechneten nach oben oder unten abweichen. Diese Möglichkeit muß man sich beim Vergleich einzelner Filmstreifen stets vor Augen halten.

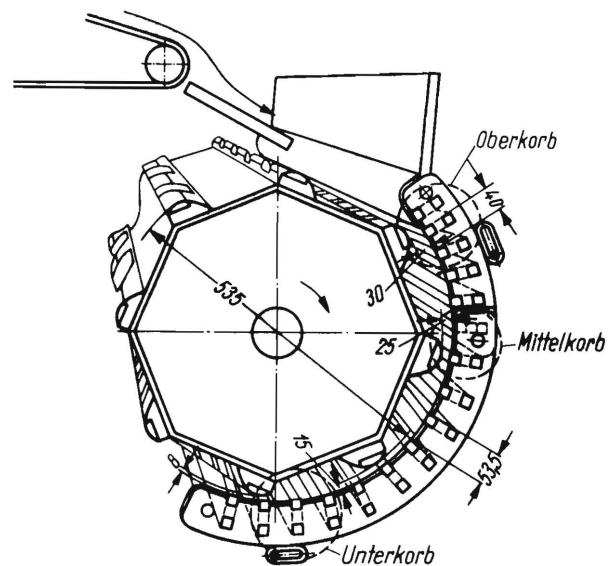
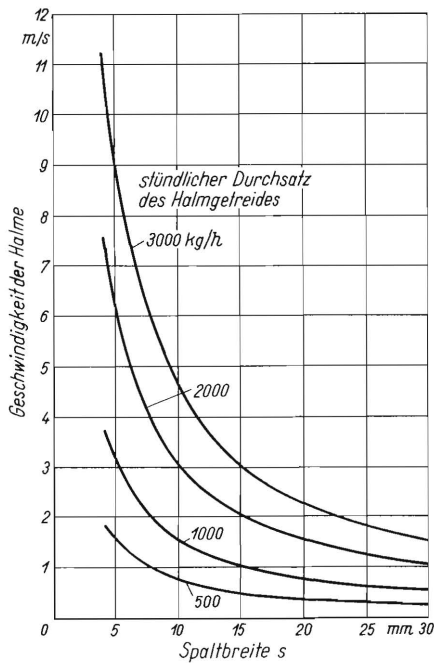


Bild 1. Anordnung des Versuchsstandes und Einstellung des Dreschkorbes. Die gestrichelten Kreise geben die Bereiche der Filmaufnahmen an.

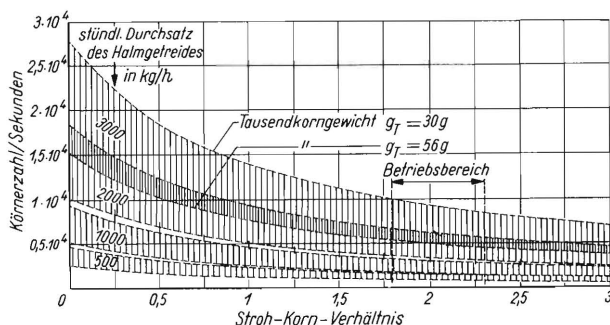
Die Spaltweite des Korbes betrug am Einlauf 30 mm, in der Mitte 20 bis 25 mm und am Auslauf 8 mm. Diese verhältnismäßig weite Korbeinstellung, besonders am Einlauf, ist einmal bedingt durch die erstrebte rasche und sichere Aufnahme der Trommel, zum anderen aber auch dadurch, daß der Dreschraum in möglichst großer Tiefe ausgeleuchtet werden konnte. Es gelang 30 bis 40 cm tief vom Korbrand aus die Vorgänge in der Trommel so hinreichend scharf abzubilden, daß auch eine messende Auswertung vorgenommen werden konnte. Die Kamera war mit ihrer optischen Achse parallel zur Achse der Dreschmaschinentrommel ausgerichtet. Sie gewährte einen Blick in den von dem Korb und den Schlagleisten gebildeten Dreschraum. Die der Kamera zugekehrte Seite dieses Raumes war durch eine Glasplatte begrenzt. Die Korbeinstellung war bei allen Getreidearten und Aufnahmen unverändert dieselbe.



**Bild 2.** Theoretische Halmgeschwindigkeiten im Dreschraum in Abhängigkeit von der Weite des Spaltes zwischen Trommelleisten und Korbleisten bei verschiedenen Durchsätzen von Halmgetreide (Roggen).  
Trommelbreite  $b = 1,50$  m  
Roggen mit einem spezifischen Volumen von  $0,08 \text{ m}^3/\text{kg}$   
Korn-Strohverhältnis 1 : 2

Es sei zunächst untersucht, welche Geschwindigkeiten im Dreschraum bei gegebenem Durchsatz vorliegen können. Geht man von der Annahme aus, daß das Halmband eine gleichmäßige Dichte behält und das Dreschgut jeden Querschnitt im Dreschraum voll ausfüllt, mit anderen Worten also, daß die Kontinuitätsgleichung der Strömungslehre gelte, dann würden sich mit enger werdendem Dreschspalt zunehmende Geschwindigkeiten des Dreschgutes ergeben.

Beispielsweise ergeben sich unter Zugrundelegung eines mittleren spezifischen Volumens je kg Roggengetreide von etwa  $0,08 \text{ m}^3$  bei verschiedenen, stündlichen Getreidedurchsätzen die in Bild 2 wiedergegebenen, theoretischen Halmgeschwindigkeiten. Diese stellen Mindestgeschwindigkeiten dar, die nur gelten, wenn völlig kontinuierlicher Fluß des Dreschgutes gegeben ist. In Wirklichkeit müssen



**Bild 3.** Körnerfluß im Dreschraum in Abhängigkeit vom Getreidedurchsatz und Korn-Strohverhältnis. (Trommelbreite und Halmgetreide wie in Bild 2)

größere Durchlaufgeschwindigkeiten auftreten, weil das Getreide nicht als homogenes Band von der Trommel weitergeleitet wird; denn bei der Zufuhr vom Förderband oder von Hand zerrißt der Schleier, so daß einzelne Halme mit größerer Geschwindigkeit durch den Dreschraum wandern, wobei die Geschwindigkeiten während des Durchganges wechseln, wie noch gezeigt wird.

Es ist weiterhin interessant, sich ein Bild über die Anzahl der Körner zu machen, die in der Sekunde den Dreschraum durchwandern, um ihn an irgendeiner Stelle zu verlassen. Aus dem Getreidedurchsatz lassen sich unter Berücksichtigung des Tausendkorngewichtes und des Stroh-Kornverhältnisses die Körnerzahlen ermitteln (Bild 3). Beispielsweise gehen bei Roggen bei einem Durchsatz von 500 bis 3000 kg/h und einem Tausendkorngewicht zwischen 30 bis 65 g in der Sekunde 5000 bis 30000 Körner durch den Dreschraum.

Die Auswertung der Filme erfolgte nach zwei Gesichtspunkten:

1. Wiederholtes Betrachten des laufenden Films, also vorwiegend subjektives Erfassen und Beurteilen der Vorgänge.
2. Ausmessen der Bewegungsbahnen von Ähren und Körnern und Ermittlung ihrer Geschwindigkeiten, um Beispiele von möglichen Fällen herauszustellen. Hierbei ist eine objektive Beurteilung möglich; es kann jedoch wegen der kurzen Dauer der Vorgänge kein Rückschluß auf die Häufigkeit der gewonnenen Ergebnisse gezogen werden. Es wird Bild für Bild die Ortsveränderung der Ähre oder des Kornes vermessen, wodurch sich die später abgebildeten Bahnen ergeben. Sofern die Bewegungsbahnen nicht in einer zur Filmebene parallelen Ebene verlaufen, sind diese allerdings nur Projektionen des wahren Weges. Da der in der Filmkamera eingebaute Zeitmarkengeber versagte, mußte als Zeitmaßstab die Drehgeschwindigkeit der Trommel dienen, die mit hinreichender Genauigkeit als konstant angenommen werden konnte. Durch die Aufeinanderfolge zweier Schlagleisten in  $6,95 \cdot 10^{-3} \text{ s}$  ergaben sich genügend kleine Zeitintervalle.

Die vermessende Auswertung wurde nur beim Roggenfilm vorgenommen, weil hier die Bahn der Körner leichter zu verfolgen ist als z.B. bei Weizen und anderen Getreidearten, bei denen im Dreschraum neben den Körnern auch noch Spelzen herumfliegen, die in der Schwarzweiß-Photographie nicht immer genau zu unterscheiden sind.

#### Die subjektive Auswertung der Filme

Wenn die Getreidehalme bei Quereinlage vom Einlegerband in den Dreschraum fallen, verlagern sie sich mitunter gegenseitig, so daß selten ein Halm seine ursprüngliche, zur Trommelachse paral-

lele Lage behält und er deshalb schräg durch den Dreschraum geht. Beim Abgleiten der Halme vom Band findet auch ein Auseinanderziehen des Getreideschleiers statt. Ferner ist es möglich, daß sich die Halme axial verschieben. Wenn auch die Ähren so gelegt waren, daß sich der Dreschvorgang an der gläsernen Begrenzungswand abspielte, so war doch nicht ganz zu vermeiden, daß infolge einer axialen Verschiebung die Halme aus der beleuchteten Zone herauswanderten und auf dem Film nicht mehr zu erkennen waren.

Bei der Längseinlage sind die Halme mit den Ähren voraus so gestaffelt, daß sie bei Ankunft an der Trommel schichtweise abkippen und durch die Schlagleisten im Dreschraum weiter befördert werden. Je nachdem, wie ein Halm von der Trommel erfaßt wird, gestaltet sich sein Längsfluß durch den ganzen Dreschraum. Bei der Längseinlage treten an den Wandungen leicht Stockungen des Getreideflusses auf. Durch eine solche Stauung ist eine Behinderung der benachbarten Halme nach der Mitte der Trommel zu möglich. Dadurch können die Halme bei ihrem Durchgang in eine schräge Lage kommen, ohne daß allerdings die Kennzeichen der Längseinlage verwischt sind. Leider tritt in solchen Fällen aber eine Sichtbehinderung ein.

Die Vorgänge im Dreschraum sind nun folgende. Nachdem die Halme von den Schlagleisten an den Korb herangeführt worden sind (Bild 4 bis 6), stauen sich die Ähren etwas, besonders bei der Quereinlage, um dann von der Trommel nacheinander in den Dreschraum gezwungen zu werden. Diese Stauung ist offensichtlich eine Folge der Beschleunigung der Halme durch die Schlagleisten. Sie werden nämlich von diesen zunächst tangential fortgeschleudert, bis sie von der Wand der Einlegemulde in den Korb geleitet werden. Es scheint so, als ob der

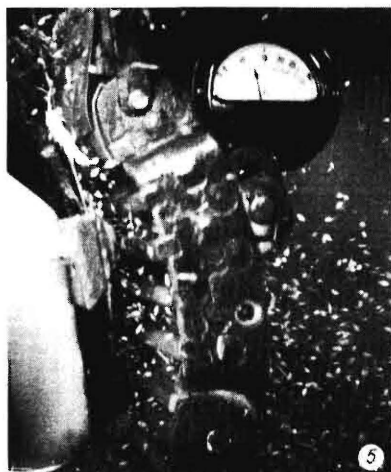
Trommelwind diese tangentielle Bewegung des Getreideschleiers begünstigt, vor allem bei leichtem Gerste-Hafergemenge. Sobald nun die Halme bzw. Ähren von den Schlagleisten berührt werden, oder besser gesagt, wenn sie einen Schlag bekommen, lösen sich die Körner aus den Ähren. Manchmal prallen die Körner sogar von der Einlegewand zurück. Bei Getreidesorten mit Spelzen wirbeln bereits auch diese herum.

Bei der Längseinlage kommt die Trommel eigentlich erst zur dreschenden Wirkung, wenn die Ähren in den Dreschraum gelangt sind. Ihr Fluß ist wegen der Notwendigkeit der Anpassung an die Korbkrümmung nicht immer stetig, wozu der schon erwähnte Stau an dem Leitblech der Einlegemulde beitragen mag.

Wenn die Halme in den Wirkungsbereich der ersten vier Korbleisten gekommen sind, finden sie in dem für große Durchsätze eingestellten Dreschraum mit einem Korbabstand von 30 mm genügend Raum für beliebige Bewegungsfreiheit. Die Ähren werden hier vorwiegend geschlagen, womit die seitherige Annahme vom Dreschvorgang bestätigt wird, soweit es die obersten Zonen des Korbeinlaufes betrifft und es sich um Quereinlage handelt. Die Ähren stellen sich häufig in einen Winkel zu ihren Halmen, wobei entweder die Ährenspitze dem Halm vor- oder nacheilt und der Halm die abgewinkelte Ähre nachzieht (Bild 7 bis 19). Viele Halme liegen von Anfang an nicht parallel zur Trommelachse. Die Ähren werden im oberen Dreschraum aber nicht nur geschlagen, sondern häufig gestaucht. Die Körner bröckeln teilweise „langsam“ (so ist der Eindruck infolge großer Zeitdehnung) aus ihren Sitzen oder aber treten mit größerer Geschwindigkeit heraus, weil die schlagende und stauchende Beanspruchung bedingt, daß die Geschwindigkeit der



0

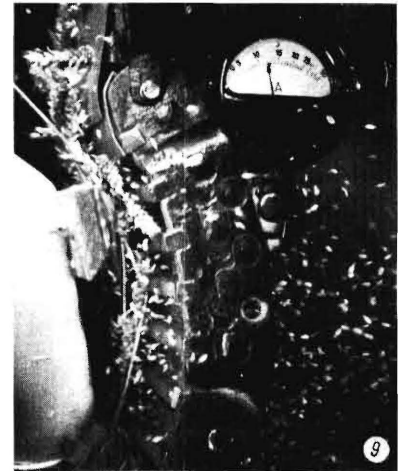
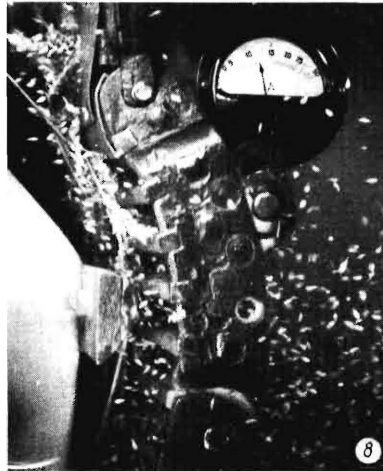


$5,8 \cdot 10^{-3}$  s



$8,3 \cdot 10^{-3}$  s

**Bild 4 bis 6.** Aus dem Film mit 60facher Zeitdehnung. Weizenhalme kommen in den Dreschraum und werden von den Schlagleisten erfaßt. Es fliegen bereits Spelzen und Körner herum. (Dreschspaltweite 30 mm). Die Zahlen unter den Bildern geben die verstrichene Zeit vom ersten (mit 0 bezeichneten) Bild an. Zur Kontrolle der gleichmäßigen Belastung der Trommel ist im Blickfeld ein Strommessgerät gezeigt.



**Bild 7 bis 10.** Aus dem Film mit 60facher Zeitdehnung. Man erkennt hier die unterschiedlichen Stellungen der Weizenhalme mit ihren Ähren.

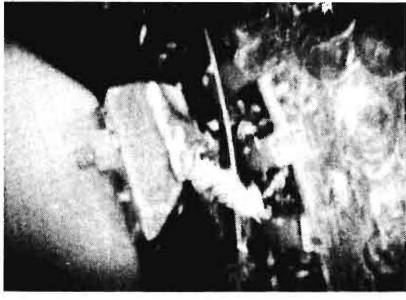
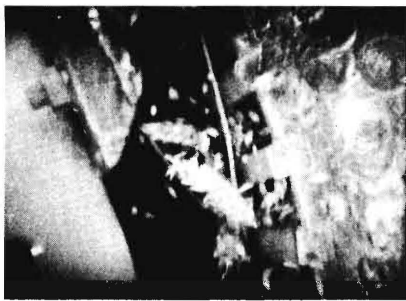
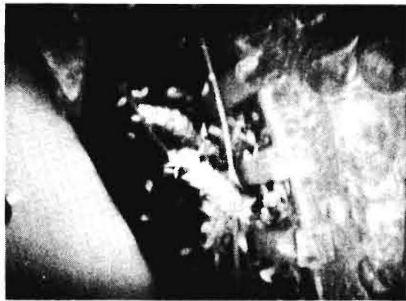
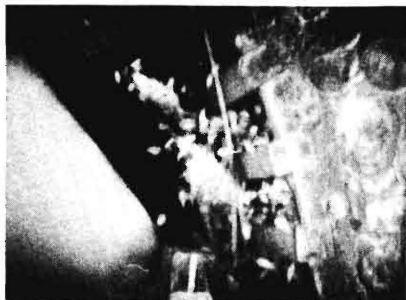
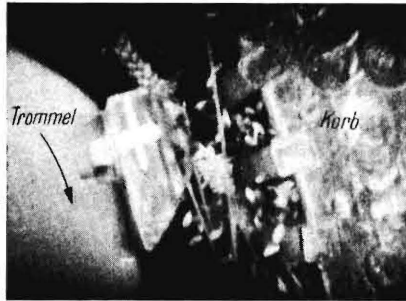


**Bild 11 bis 12.** Aus dem Film mit 60facher Zeitdehnung. Starke Zusammenballung von Weizenhalmen. Die dreschende Wirkung der Schlagleisten ist besonders gut zu erkennen.

Ähren im Dreschspalt sehr unterschiedlich ist. Ist z.B. eine Ähre durch einen Schlag der Trommel- leiste beschleunigt worden und liegt ihr Halm in diesem Augenblick nicht parallel zur Trommelachse, weshalb gerade auch keine oder nur eine langsame Förderung des Halmes stattfindet, dann federt die Ähre zurück, weil der Halm ihr nicht folgt. Die Ähre verliert dann sofort wieder ihre augenblickliche Geschwindigkeit. Ist umgekehrt der Fall eingetreten, daß sich ein Halm rasch im Dreschraum bewegt, dann kann die Ähre nach einem Schlag schneller weiterwandern, weil sie vom Halm nicht mehr gehemmt wird. Eine abgewinkelt stehende Ähre dreht sich auch manchmal um die Halmachse. Findet sie bei dieser Bewegung Widerstand an einer Korbleiste, wird sie mitunter zwischen zwei benachbarte Korbleisten gedrückt. Dort bleibt sie u.U. einige Schläge lang hängen, was allerdings in Wirklichkeit sehr kurzen Zeiten entspricht, denn von Schlag zu Schlag verstreichen nur  $6,95 \cdot 10^{-3}$  s.

Hat sich der Schlag unmittelbar auf das Getreidekorn ausgewirkt, was von der Lage der Rippung

der Schlagleiste zum Korn abhängt, so erhält das Korn eine große Beschleunigung. Seine Flugbahn hängt dann von der Richtung des Schlages ab, wobei die beteiligte Wölbung der Rippe einen erheblichen, allerdings sehr unterschiedlichen Einfluß ausübt. Hat die Flugrichtung eines Kornes eine radiale und tangentielle Komponente zum Trommelkreis, so besteht die Möglichkeit, daß das Korn von der Schmalseite einer Korbleiste zurückprallt. Daneben kann ein Korn auch zwischen zwei Korbleisten von der Breitseite einer Korbleiste zurückprallen. Beim Rückprall wird die Geschwindigkeit des Kornes einmal durch seine Elastizität verringert, zum anderen wird es bei seinem Flug gegen den von der Trommel erzeugten Windstrom gebremst. Die Körner werden dann entweder von den Schlagleisten von neuem erfaßt und beschleunigt, oder sie finden den Weg durch zwei Korbleisten hindurch ins Freie. Durch den Rückprall von einer Korbleiste erhalten die Körner mitunter eine Drehbewegung um eine ihrer Schwerachsen. Die Korngeschwindigkeiten sind hierbei sehr unterschiedlich. Man hat manchmal wegen der Zeitdehnung den Eindruck, als ob die Körner im Dreschraum schweben würden, was bei umkehrender Bewegung für eine sehr kurze



Zeitspanne auch zutrifft. Der Eindruck kann aber infolge der monokularen Betrachtung auch nur scheinbar sein, wenn das Korn sich beispielsweise ein kleines Stück senkrecht zur Filmebene bewegt. Die Spelzen neigen infolge ihrer geringeren Masse mehr zum Schweben als die Körner.

Beim Gerste-Hafergemenge sind die Kornbewegungen nicht so leicht zu erkennen. Dort bilden sich nämlich infolge des kurzen Strohes gewisse Polster, die die Kornbewegungen beeinflussen. Ist aber eine Lücke im Getreidefluß gerade ins Blickfeld gekommen, lassen sich ähnliche Kornbewegungen wie oben feststellen. Die Polster schützen die Körner vor einem harten Aufprall auf die Korb- und Schlagleisten.

Deutlich dienen auch bei der Längseinlage im Dreschraum die Ähren und Halme als Polster für herumfliegende Körner. Die Rückprallwirkung der Korbleisten ist im Vergleich zur Quereinlage vermindert, da die Wahrscheinlichkeit, daß Körner auf die Korbleisten prallen, wesentlich geringer ist. Sie finden allerdings im vorderen Teil des Dreschraumes schwerer den Weg durch die Korbleisten ins Freie. Drehende Bewegung der Ähren konnte bei den Aufnahmen nicht beobachtet werden; die Halme wurden mit ihren Ähren nahezu in Strecklage bewegt. Das besagt allerdings nicht, daß Drehbewegungen ausgeschlossen sind.

Im mittleren Teil des Korbes finden ähnliche Vorgänge wie im Oberkorb sowohl bei Quereinlage als auch bei Längseinlage statt. Es wird wahrscheinlich häufiger auftreten, daß die zurückprallenden Körner von neuem von der Trommel erfaßt werden, weil der Spalt sich auf 20 bis 25 mm verjüngt hat. Halme, die mitunter schon schrägliegend (nicht parallel zur Trommelachse) in den Dreschraum kamen, werden bei dem enger werdenden Korb nicht, wie man bisher annahm, parallel ausgerichtet, sondern nehmen immer mehr eine Lage ein, die einer Längsbeschickung entspricht, nur mit dem Unterschied, daß die Halme den Ähren sowohl nach als auch voreilen. Im Unterkorb im Bereich der 8. bis 12. Korbleiste tritt immer mehr eine Verlagerung der Halme in die Längsflußrichtung ein, wenn die Halme sich einmal schräg gelegt haben. Das ist aber nicht immer der Fall. Die Beanspruchung der Ähren ist hier nicht mehr rein schlagend, sondern wegen des immer enger werdenden Dreschspaltes (8 bis 10 mm) findet auch ein Ausreiben statt, wenn die Ähren die Oberkante der Schlagleiste und die der Korbleiste berühren. Ein Aufspreizen und Herauskehren der Körner ist jedoch nicht festzustellen. Es kann vermutet werden, daß dies auch nicht der Fall ist, wenn der Korb enger gestellt wäre. Parallel zur Trommelachse liegende Halme

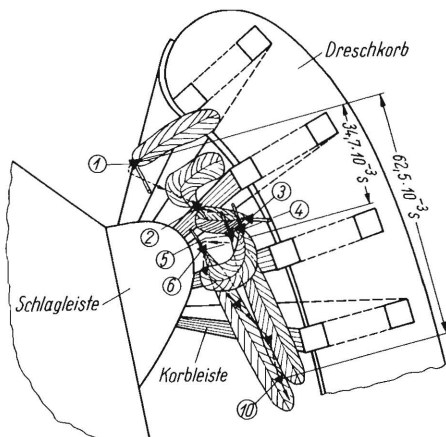
**Bild 13 bis 19.** Aus dem Film mit 200facher Zeitdehnung. Grossaufnahmen des Dreschvorganges im Oberkorb. Die Weizenähren werden hier geschlagen und gestauch. Zeit von Bild 13 bis 19 etwa 1/100 s.

laufen Gefahr, in den Raum zwischen zwei Korbleisten zu kommen, um dort eine „Weile“ liegen zu bleiben. Erst durch einen anderen Halm, womöglich auch durch Windeinfluß, werden sie aus diesem Raum wieder herausgeholt. Die Körner haben hier noch zickzackförmige Bewegungen, sofern sie bis in diesen Dreschraum geraten sind. Sie treten entweder durch den Korb aus dem Dreschraum heraus, oder wandern mit dem Stroh bis zum Korbauslauf. In ihre Bewegung ist jedoch eine gewisse Beruhigung eingetreten.

### Die meßtechnische Auswertung der Filme

#### 1. Die Bewegung der Ähren

Eine kennzeichnende Bewegung von Ähren in dem Dreschraum des oberen Korbes gibt **Bild 20** wieder. Es sind hier die ersten vier Leisten des Oberkorbes in der Perspektive der Filmaufnahmen gezeichnet. Die Trommel ist durch eine einzige Schlagleiste wiedergegeben, die gleichzeitig die Bezugstellung für jede folgende Schlagleiste ist. Die eingezeichneten



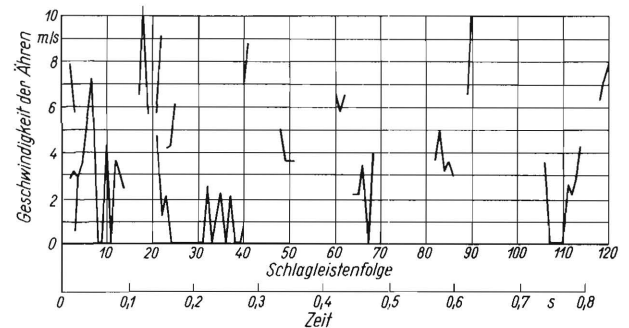
**Bild 20.** Kennzeichnende Bewegung einer Ähre im Oberkorb. Zwischen den einzelnen eingezeichneten Stellungen der Ähre ist ein gleichbleibender Zeitabstand von  $6,95 \cdot 10^{-3}$  s verstrichen.

Man beachte die unterschiedlich langen Wegstrecken zwischen den einzelnen Stellungen der Ähre.

neten Lagen entsprechen den Stellungen einer Ähre auf ihrem Weg durch den Dreschraum in den durch das Erscheinen der folgenden Schlagleiste gegebenen Zeitintervallen. Stellung 1 ist als Ausgangsstellung der Ähre gewählt, Stellung 2 ist dann die Lage dieser Ähre nach  $1/8$  Trommelumdrehung, d.h. nach  $6,95 \cdot 10^{-3}$  s. In dem beschriebenen Fall wurde die Ähre nach fünf Zeitintervallen, also nach  $34,7 \cdot 10^{-3}$  s um  $180^\circ$  gewendet, wobei sich ihr Halmende ebenfalls axial gedreht haben muß. Die Stelle des Ansatzes der Ähre am Halm ist mit einem auf der Basis stehenden Dreieck gekennzeichnet. Die gestrichelten Pfeile geben die Bewegungsbahn der Ähre an. Für sechs verschiedene Stellungen ist die jeweilige Lage der Ähre dargestellt, für den weiteren Verlauf ist die verhältnismäßig geradlinige Bahn nur durch die kleinen Dreiecke gekennzeichnet.

net. Man erkennt so die unterschiedlich langen Wegstrecken der Ähre während gleicher Zeitintervalle. Ihre Geschwindigkeit ändert sich also auf dem eingezeichneten Weg. Die mittlere Geschwindigkeit von Stellung 1 bis Stellung 10 ist  $3,65$  m/s (gegenüber  $30$  m/s des Dreschtrommelumfangs).

In **Bild 21** ist eine Übersicht über solche unterschiedlichen Geschwindigkeiten einzelner Ähren



**Bild 21.** Mittlere Ährgeschwindigkeiten im Dreschraum (Mittelkorb) während etwa einer Sekunde.

Dreschgut: Roggen  
Durchsatz: 23 dz/h

80 Schlagleistenfolgen = 10 Dreschtrommelumdrehungen

während des Durchlaufes des Dreschgutes durch den Dreschraum des Mittelkorbes. Jeder Kurvenzug stellt die Geschwindigkeit einer Ähre dar. Sind gleichzeitig mehrere Ähren sichtbar, so liegen die Kurvenzüge übereinander. Geht die Geschwindigkeit auf den Wert Null herunter, dann hat die Ähre kurze Zeit stillgestanden. Jede Kurvenspitze stellt die Geschwindigkeit der Ähre dar, die sich aus dem abgebildeten Weg der Ähre im Zeitraum von  $1/8$  Trommelumdrehung ergibt. Da dieser Zeitraum von  $6,95 \cdot 10^{-3}$  s klein ist, läßt sich die Beschleunigung in der Bildebene nur annähernd durch die Geschwindigkeitsschwankungen andeuten. Das Diagramm zeigt ferner, daß im Dreschraum nicht immer Ähren sichtbar sind. Es ist mit großer Wahrscheinlichkeit jedoch anzunehmen, daß sich Halme im hinteren Bereich der Trommel befinden, die aus dem erwähnten Lichtmangel in diesem Trommelbereich auf den Film nicht abgebildet wurden.

Betrachtet man aber die Bewegungsbahn einer Ähre in den kleinstmöglichen Zeitintervallen, indem man ihre Bahn Bild für Bild ausmißt, dann gewinnt man Wegzeitkurven nach **Bild 22**. Die Ährenspitze oder ihr Ende führen manchmal keine sichtbare Bewegung aus. Jedenfalls hat, wenn die Ähre weiterbewegt wird, eine Beschleunigung stattgefunden, die entweder aus einer Ruhelage heraus erfolgt oder sich durch eine Richtungsänderung bemerkbar macht. Das Bild ist so entstanden, daß eine Ähre von ihrem ersten Erscheinen im Blickfeld verfolgt wird. Die untersuchte Ähre erscheint zuerst mit ihrem Ende (dem Ansatz des Halmes). Wenn die Ähre voll sichtbar ist, wird auch der Weg ihrer Spitze vermes-

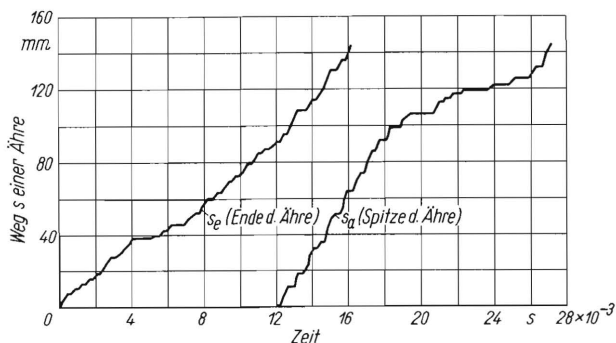
sen. Aus der Steigung ihrer Wegbahnen können wir erkennen, daß Ende und Spitze unterschiedliche Geschwindigkeiten haben.

Differenziert man die Wegkurven in **Bild 23**, um die Geschwindigkeitskurven (**Bild 24**) zu gewinnen, wird das ganz offensichtlich. Die zweite Ableitung der Wegzeitkurve (**Bild 25**) zeigt, daß außerordentlich hohe Beschleunigungen bis über  $8000 \text{ m/s}^2$  ( $\approx 800 \text{ g}$ ) auftreten können. In dem Zeitpunkt, in dem die Geschwindigkeit des Ährenendes und auch seine Beschleunigung größer ist als diejenige der Spitze, wird die Ähre auf Zug beansprucht. Von dem Augenblick an, wo die Beschleunigung der Spitze größer wird als die des Endes, wird die Ähre gestaucht. Wenn die Ähre mit dem Ende voraus beschleunigt wird, dann wirkt der Trägheitswiderstand der Körner entgegen der Bewegungsrichtung und somit lockernd. Liegt eine Ähre umgekehrt, mit der Spitze nach vorn, dann wirkt die Massenkraft der Körner bei Verzögerung lockernd. Bei einem mittleren Tausendkorngewicht von  $44 \text{ g}$  und einer Beschleunigung von  $8000 \text{ m/s}^2$  errechnet sich die Massenkraft zu  $36 \text{ g}$ , während bei  $3500 \text{ m/s}^2$  Beschleunigung immer noch  $16 \text{ g}$  wirken.

Diese Werte liegen durchaus in dem Bereich der Kornlösekraft, die *Finkenzeller* festgestellt hat. Wir können aus dieser Betrachtung verallgemeinernd schließen, daß die Ähren nicht nur unmittelbar von den Schlagleisten ausgedroschen werden, sondern daß auch durch stoßartige Bewegungen der Ähren die Körner zumindest gelockert, wenn nicht ganz herausgelöst werden. Wird also der Halm durch die Schlagleiste getroffen, kann ein Loslösen der Körner aus der Ähre bereits eingeleitet werden.

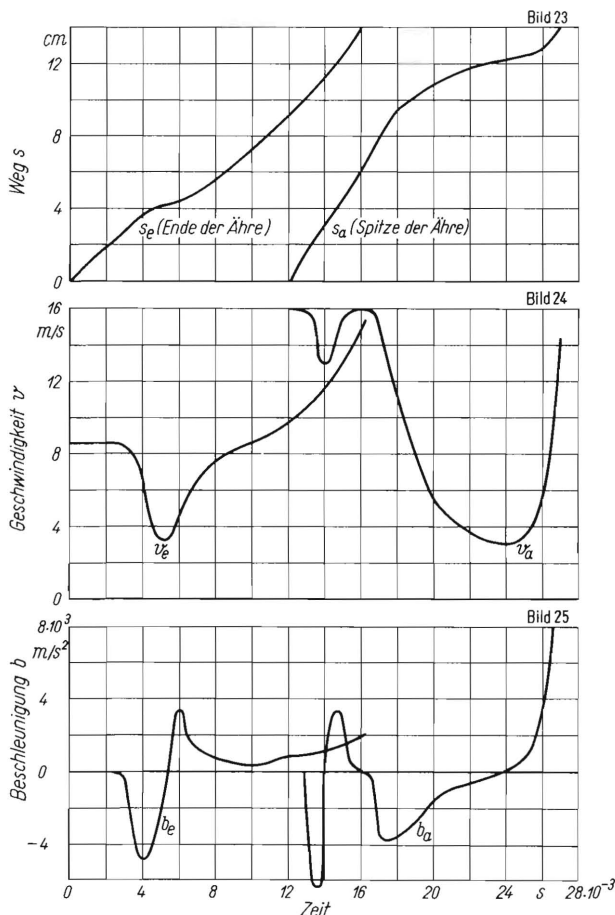
## 2. Die Bewegung der Körner

Die Bewegungen der Körner sind sehr unterschiedlich. Ihnen ist kein eigentlicher Zwang auferlegt wie z.B. den Ähren. Es seien drei kennzeichnende Fälle herausgegriffen:



**Bild 22.** Wegzeitkurve einer Ähre im Dreschraum. Die erste Kurve gibt den Weg des zuerst im Bild erscheinenden Ährenendes (Ansatz der Ähre am Halm) wieder, die zweite Kurve den Weg der Ährenspitze. In der Zeit zwischen der 12. und 16. Millisekunde ist die Ähre im Film voll sichtbar gewesen.

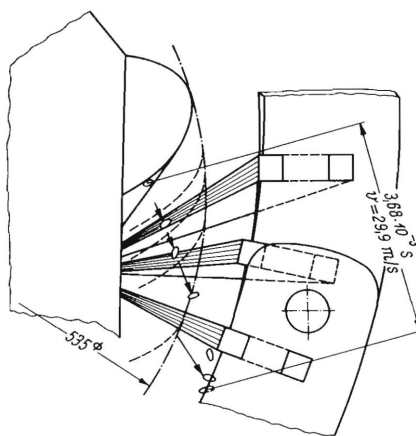
Dreschgut: Roggen Messstelle: Mittelkorb  
Korbabstand: 20 mm Drehzahl: 1080 U/min  
Bildfrequenz: 4896 Hz



**Bild 23 bis 25.** Ableitungen der Geschwindigkeit und der Beschleunigung einer Ähre aus der Wegzeitkurve in Bild 22. Versuchsdaten wie in Bild 22

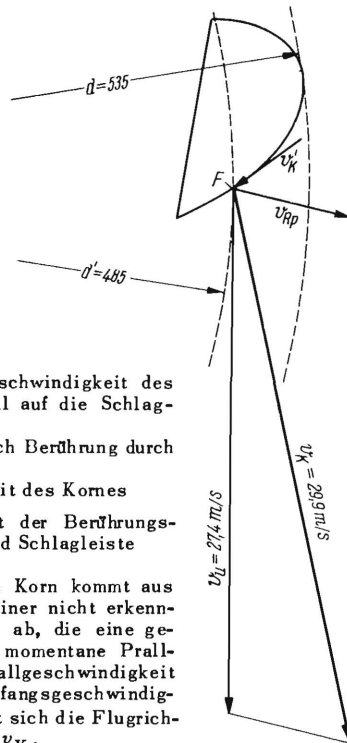
1. Ein Korn wird von der Schlagleiste getroffen und nimmt eine größere Geschwindigkeit an als der Umfangsgeschwindigkeit der Schlagleisten entspricht (**Bild 26**). Das läßt sich folgendermaßen erklären:

Das Korn bewegt sich mit einer Geschwindigkeit  $v'_K$  (**Bild 27**) im Raum und kommt mit der Rippe einer Schlagleiste in Berührung, wobei die augenblickliche Prallfläche  $F$  den Rückprall  $v_{Rp}$  bewirkt. Es wird aber gleichzeitig auf die Umfangsgeschwindigkeit



**Bild 26.** Bewegung eines Kornes im Dreschraum nach dem Auftreffen auf eine Schlagleiste.

**Bild 27.** Geschwindigkeit eines Kornes nach dem Auftreffen auf eine Schlagleiste.

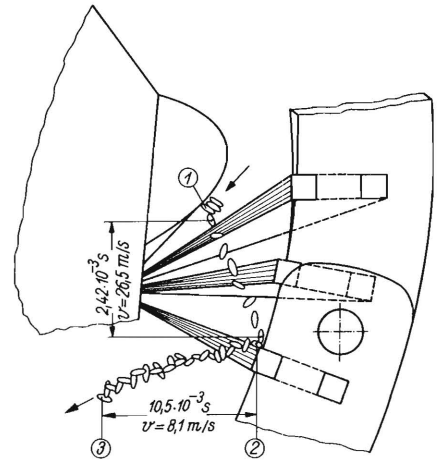


- $v'_K$  = Projektion der Bahngeschwindigkeit des Kornes vor dem Aufprall auf die Schlagleiste  
 $v_K$  = Fluggeschwindigkeit nach Berührung durch die Schlagleiste  
 $v_{Rp}$  = Rückprallgeschwindigkeit des Kornes  
 $v_U$  = Umfangsgeschwindigkeit der Berührungsstelle zwischen Korn und Schlagleiste  
 $F$  = Prallfläche  
 Das im Film zu verfolgende Korn kommt aus Richtung  $v'_K$  und prallt auf einer nicht erkennbaren Rippe der Schlagleiste ab, die eine gewölbte Oberfläche hat. Die momentane Prallfläche  $F$  bewirkt die Rückprallgeschwindigkeit  $v_{Rp}$ . Aus dieser und der Umfangsgeschwindigkeit  $v_U$  der Schlagleiste ergibt sich die Flugrichtung und die Geschwindigkeit  $v_K$ .

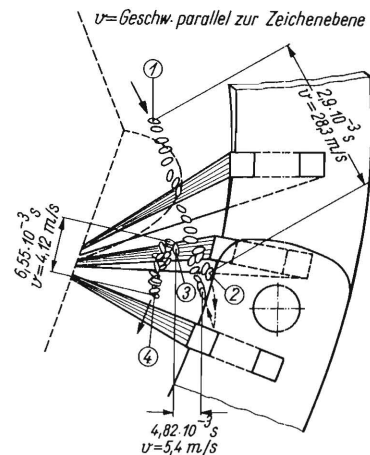
keit  $v_U$  beschleunigt. Aus den beiden Komponenten  $v_U$  und  $v_{Rp}$  ergibt sich die resultierende Bahngeschwindigkeit  $v_K$ .

2. Das Korn ist von der Schlagleiste gegen den Korb abgelenkt worden, wo es abprallt und wirbelnd weiterfliegt, wobei seine Bahngeschwindigkeit verringert wird (**Bild 28**). Es treten dann unterschiedliche Fluggeschwindigkeiten auf: in diesem Fall im ersten Abschnitt 26,5 m/s, danach unter Wirbelung nur noch 8,1 m/s.

3. Bei einer Bewegung ähnlich der vorigen kann das Korn bei seinem Rückprall von der Korbleiste von der Schlagleiste erneut berührt werden (**Bild 29**) und wird für den Fall einer entsprechenden Lage im Moment der Berührung in eine schnelle Drehbewegung um eine Schwerachse versetzt. In diesem Fall ergab sich eine Drehzahl von 52 000 U/min. Das Ergebnis ist keineswegs überraschend, wenn man nachrechnet, welche Umfangsgeschwindigkeit das Korn hat. Es ergibt sich bei einer Kornlänge von 8 mm eine Spitzenumfangsgeschwindigkeit von 22 m/s, die durch das Anstoßen der Schlagleiste ohne weiteres hervorgerufen werden kann. Auch hier wird die Ge-



**Bild 28.** Bewegung eines Kornes im Dreschraum. Das Korn wird bei 1 von einer Schlagleiste der Dreschtrommel getroffen und beschleunigt. Es trifft bei 2 auf eine Korbleiste und wird nach 3 abgelenkt. Seine Geschwindigkeit wird hierbei von 26,5 m/s auf 8,1 m/s unter gleichzeitiger Wirbelung verringert.



**Bild 29.** Das Korn bewegt sich von 1 nach 2, verschwindet etwa 3/1000 Sekunde lang hinter der Kante des Korbes und kommt wieder zurück, wo es an der Stelle 3 unter starker Wirbelung in Richtung 4 weitergetrieben wird. Auch hier ist die Geschwindigkeit der translatorischen Bewegung des Kornes stark verringert und in eine Drehbewegung umgewandelt worden.

schwindigkeit der translatorischen Kornbewegung z.T. nach Verringerung in eine Drehbewegung des Kornes umgewandelt. Die Korngeschwindigkeiten können natürlich sehr unterschiedlich sein, wobei auch Luftströmungen eine Rolle spielen mögen. Jedenfalls konnte man oft deutlich erkennen, daß die Körner nur zögernd den Dreschraum verlassen.

Eingegangen am 28.10.1955

Institut für Landmaschinen der Justus-Liebig-Hochschule Gießen  
 Direktor: Prof. Dr.-Ing. R. Königer

Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. Karl-Heinz Schulze, Giessen, Ring-Allee 22