

Prof. Dr.-Ing. W. E. Fischer-Schlemm and Dipl.-Ing. O. Eggert:

"The Influence of the Lip or Cutting Angle of the Blades of Chaff Cutters on Power Requirements and Edge Strength."

Some investigations were made on the lip or cutting angle, i. e., the angle between the under side and the upper surface, of knives of disc type chaff cutters. Up to the present, this angle was usually  $14^{\circ}$ , but experience obtained under practical operating conditions showed that knives with this cutting angle very quickly became blunt and that the cutting edge broke easily. The investigations proved that, after due consideration of all factors involved, an angle of  $24^{\circ}$  was more suitable. However, a knife ground to this angle wears away faster than is the case with knives whose lip angle is greater. Nevertheless, the power required for cutting with knives ground to  $24^{\circ}$  is, after a short period of use, considerably less than would be the case with knives ground to other cutting angles. If the cutting angles of chaff cutter blades should ever be standardised, it is strongly advised that an angle of  $24^{\circ}$  be selected.

Prof. Dr.-Ing. W. E. Fischer-Schlemm et Dipl.-Ing. O. Eggert:

«L'influence de l'angle d'inclinaison des lames de hache-paille sur la durée de coupe et la consommation d'énergie.»

L'angle entre la partie inférieure du côté plan de la lame et la surface inclinée de coupe est examiné sur les lames de hache-paille à volant. Jusqu'à ce jour, on a généralement choisi un angle de  $14^{\circ}$ . L'expérience a montré que les lames de hache-paille munies d'un tel angle s'émoussent relativement vite et que l'endurance est médiocre. Les essais ont révélé qu'un angle de  $24^{\circ}$  est le plus avantageux compte tenu de l'ensemble des facteurs décisifs. La lame pourvu d'un tel angle subit une usure plus rapide qu'une lame possédant un angle plus grand. Par contre, déjà après un court temps de travail, l'effort de coupe exigé est considérablement inférieur à celui exigé par des lames pourvu de tout autre angle. En cas de normalisation de l'angle des lames de hache-paille, les auteurs recommandent de déterminer l'angle à  $24^{\circ}$ .

Ing. Dr. W. E. Fischer-Schlemm, catedrático, e Ing. dipl. O. Eggert:

«La influencia del ángulo del filo de las cuchillas de cortadores de pelaza y de forrajés en la duración del filo y en el consumo de energía.»

Se investiga la influencia del ángulo del filo, o sea entre la espalda del útil y la superficie oblicua de afilado, en las cuchillas de cortadores de disco para pelaza y forrajés. Hasta aquí este ángulo solía ser de  $14^{\circ}$ , pero la práctica ha demostrado que las cuchillas que tienen este ángulo, se embotan relativamente pronto, siendo la resistencia del filo bastante reducida. Las investigaciones dieron por resultado que, considerados todos los factores, el ángulo de  $24^{\circ}$  resulta ser el más favorable. Ciertamente que las cuchillas con este ángulo se desgastan antes que las de ángulo mayor, pero la potencia que requiere el corte será bastante más baja después de un cierto tiempo de trabajo. Tratándose de normalizar el ángulo del filo de las cuchillas de cortar pelaza y forrajés, se recomienda adoptar el ángulo de  $24^{\circ}$ .

Dipl.-Ing. F. Wieneke:

## Untersuchungen zur Erhöhung der Lebensdauer von Heuwenderzinken

Institut für Landmaschinen der TH Braunschweig

### Versuchsanstellung

Die Arbeitswerkzeuge der Heuwerbemaschinen sind im allgemeinen als Federzinken ausgebildet und haben die Aufgabe, das gemähte Grüngut, wie Gras, Luzerne und Klee, zu streuen, zu wenden und zu schwaden. Sie sind an einem Zinkenträger angeordnet, der mit der Arbeitstrommel umläuft. Diese Zinken unterliegen im praktischen Einsatz sehr hohen Beanspruchungen [1]. Die häufig auftretenden Zinkenbrüche lassen es als notwendig erscheinen, in systematischen Untersuchungen die Ursachen dieser Brüche zu ermitteln und Erkenntnisse für die Entwicklung geeigneter Zinkenformen zu gewinnen<sup>1)</sup>.

Die Beanspruchung der Zinken ist je nach der Bodenbeschaffenheit, den Grünguterträgen und der Einstellung der Maschine verschieden. Um verschiedene Zinkenformen miteinander vergleichen zu können, wird die Prüfung zweckmäßigerweise auf einem Prüfstand durchgeführt, bei dem die Beanspruchungsverhältnisse der Praxis weitgehend nachgebildet sein sollen.

Haltbarkeitsprüfungen an Heuwenderzinken wurden schon früher angestellt. G. Segler führte im Jahre 1939/40

bei der Landmaschinenfabrik Krupp, Essen, auf einem Zinkenprüfstand (Abb. 1) Reihenuntersuchungen an Heuwenderzinken durch. Die an umlaufenden Scheiben befestigten Zinken schlagen auf eine Holzleiste auf. Es wurde die Zahl der Anschläge bis zum Bruch gemessen, um einen Vergleich für die Lebensdauer zu erhalten.

Bei den von Denck 1939 im Institut für Landmaschinen der landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim durchgeführten Untersuchungen an Heuwenderzinken [3] wurde der in Abbildung 2 dargestellte Prüfstand benutzt. Der ortsfest angeordnete Federzinken wird durch umlaufende Klötze ausgelenkt, die an einer Kette befestigt sind.

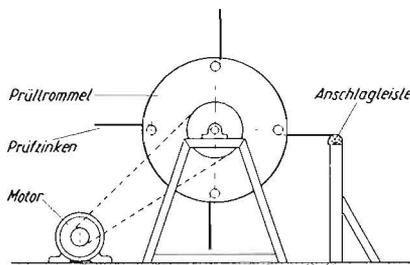


Abb. 1: Zinkenprüfstand der Firma Krupp

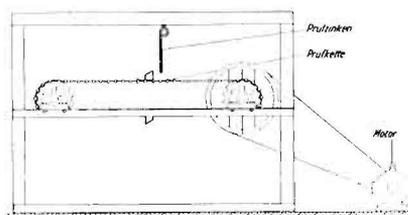


Abb. 2: Zinkenprüfstand von Denck

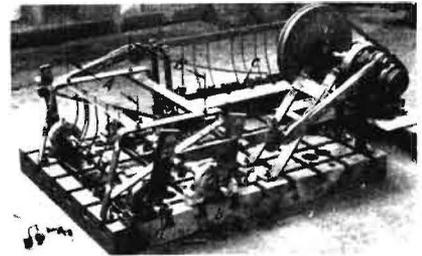


Abb. 3: Zinkenprüfstand der Firma Lanz

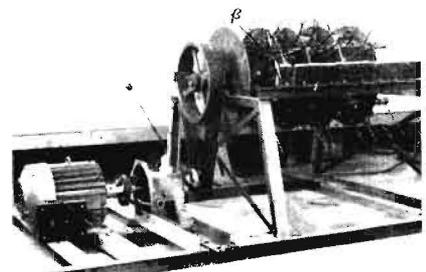


Abb. 4: Zinkenprüfstand der DLG-Vergleichsprüfung

In ähnlicher Weise wurden auf einem Versuchsstand in Mannheim 1951 Heuwenderzinken geprüft [4]. Wie Abbildung 3 zeigt, ermöglicht dieser Zinkenprüfstand in jeder Versuchsreihe drei verschiedene Beanspruchungsarten:

1. Windung zuge dreht (Partie A)
2. Windung aufgedreht (Partie B)
3. Windung seitlich beansprucht (Partie C)

Die Zinkenspitzen finden Aufnahme in verschiebbaren Lochschiene, während die Zinkenenden an den Wellen (a, b, c) befestigt sind. Die ersten beiden Beanspruchungen werden durch eine

<sup>1)</sup> Die vorliegende Arbeit entstand auf Veranlassung von Prof. Dr.-Ing. G. Segler im Rahmen der DLG-Vergleichsprüfung für Heuwerbemaschinen, die vom Institut für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Völktenrode durchgeführt wurde. In dem von H. Gaus erstellten Prüfungsbericht [2] wird kurz auf das Prüfungsergebnis hingewiesen. In weiteren Untersuchungen, die mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule Braunschweig durchgeführt wurden, konnten die Ergebnisse der DLG-Prüfung ergänzt und vertieft werden.

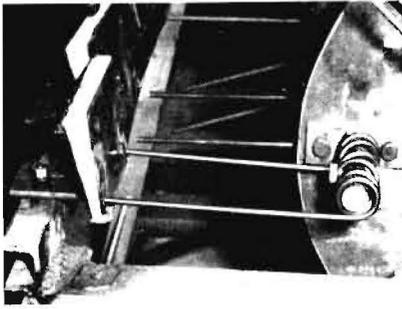


Abb. 5: Gummigefederte Anschlagleisten

Oszillation der Wellen a und b verwirklicht, die von einem Exzenter angetrieben werden. Bei der seitlichen Beanspruchung wird die Lochschiene mit den Zinkenenden bewegt, während die Befestigungswelle ortsfest angeordnet ist.

Abbildung 4 zeigt den für die Zinkenvergleichsprüfung entworfenen Prüfstand. Die Zinken wurden unter Wahrung der Original-Einspannverhältnisse an umlaufenden Scheiben angeordnet und schlugen auf abgefederte Anschlagplatten auf. Durch die Abfederung der Anschlagplatten (Abb. 5) soll die Elastizität des Bodens in gewissem Maße nachgebildet werden.

Die Beanspruchungsrichtung der Zinken im Einsatz ist bedingt durch ihre Anordnung am Zinkenträger und die Stellung der Arbeitstrommel. Während bei Gabelwendern die Zinkenkraft in Windungsebene angreift, wird sie bei den Trommelwendern in Gradlauf- und Schräglaufbauart [5, 7] in den meisten Fällen unter einem bestimmten Winkel  $\beta$  zur Windungsebene wirksam, so daß eine radiale und eine seitliche Kraftkomponente am Zinken auftritt (Abb. 6).

Die Kraftangriffsrichtung der Zinken im praktischen Einsatz wird auf dem Prüfstand dadurch erreicht, daß die Win-

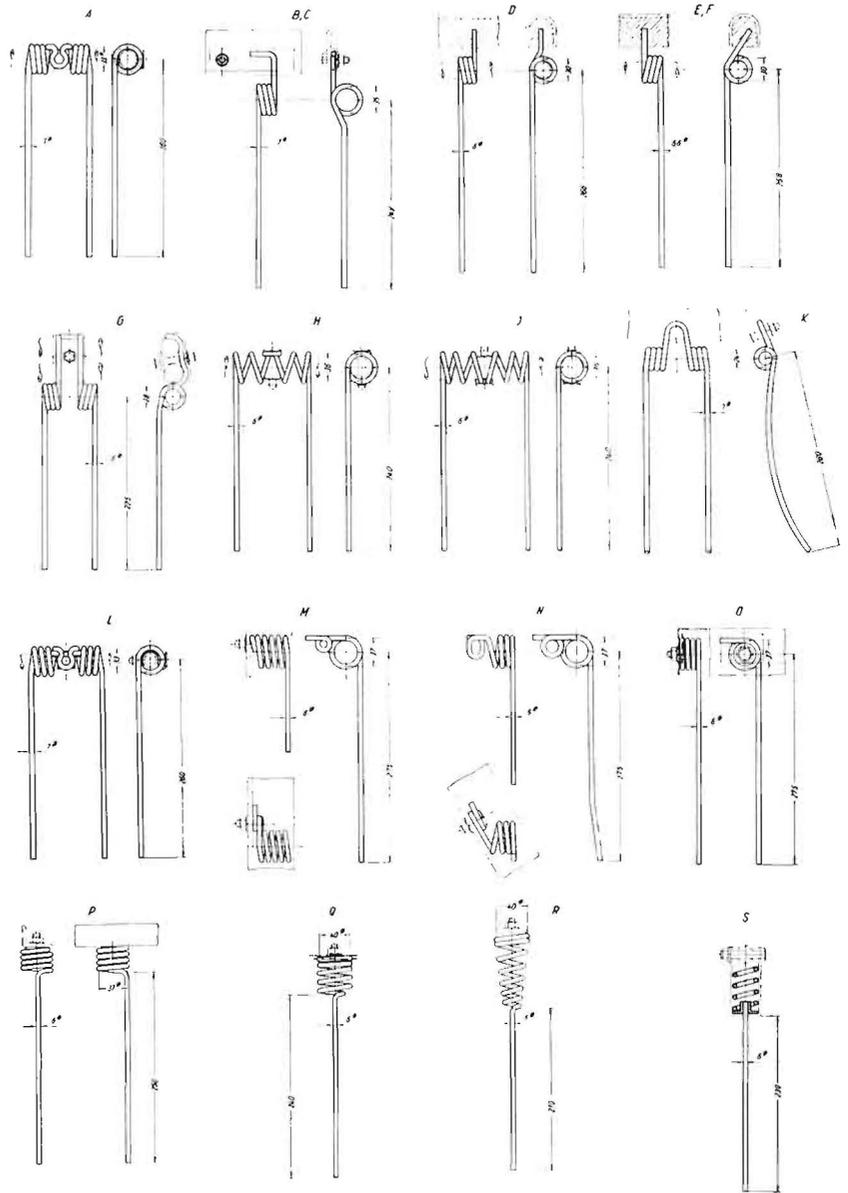


Abb. 7: Untersuchte Zinkenformen

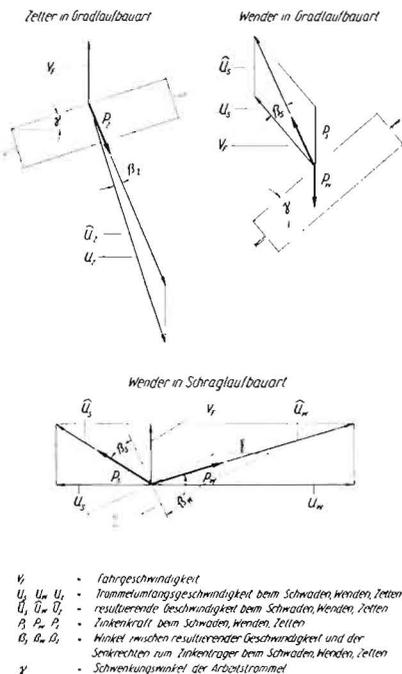


Abb. 6: Geschwindigkeiten und Kräfte am Zinken

dungsmittellinie der Federzinken mit der Trommelachse des Prüfstandes den in Abbildung 4 eingezeichneten Winkel  $\beta$  bildet.

Bei Heuwerbemaschinen, die zu Vielseckmaschinen ausgebildet sind, läuft die Arbeitstrommel in beiden Richtungen um. Für die Zinken bedeutet dies, daß die angreifende Kraft beim Umschalten der Trommel die Richtung wechselt. Um diese Bedingungen auf dem Prüfstand zu schaffen, mußte man die Prüftrommel nacheinander in zwei Richtungen umlaufen lassen. Bestimmend dafür, daß auch in einer Umfangsrichtung die Prüfmöglichkeit für beide Beanspruchungsarten liegt, war die Feststellung, daß die Zinken auf dem Prüfstand nach dem Abgleiten von der Anschlagplatte nach erheblich nachschwingen, während sie in der Praxis durch das Heu oder Grünstoff gedämpft werden. Die Amplitude der ersten Rückschwingung betrug je nach Material und Wickelform etwa 80 und 85 % der Anfangsauslenkung. Legt man also der ersten Auslenkung des Zin-

kenstabes die Beanspruchung des Schwadens zugrunde, so kann man sich die umgekehrte Beanspruchung beim Wenden durch die erste Rückschwingung nach dem Abgleiten von der Anschlagplatte dargestellt denken. Durch ein zwischen Motor und Zinkentrommel geschaltetes Getriebe (Abb. 4) kann die Umfangsgeschwindigkeit der Zinken auf dem Prüfstand variiert werden.

Die Zinkenspitzen liefen mit einer Geschwindigkeit von 4,1 m/s bis zum Bruch um. Die Umfangsgeschwindigkeiten von Heuwerderezinken in der Praxis liegen beim Schwaden bei 2 bis 3 m/s, beim Wenden bei 4 bis 7 m/s, beim Zetten bei 14 bis 16 m/s. Es wurden von jeder Form zehn Zinken aufgespannt, um zu mittleren Anschlagzahlen zu gelangen.

Die auf dem Prüfstand ermittelten Ergebnisse, insbesondere die Anschlagzahlen bis zum Zinkenbruch, die für die einzelnen Fabrikate hier verständlicherweise nicht angegeben werden können, bilden kein direktes Maß für

Tabelle 1<sup>2)</sup>

Zinkenausführung	A	B	C	D	E	F	G	H	J
Zugfestigkeit $\sigma_b$ (kg/mm <sup>2</sup> )	141	131	132	158	146	140	144	156	128
Streckgrenze $\sigma_s$ (kg/mm <sup>2</sup> )	127	114	111	130	133	127	128	131	109
Bruchdehnung $\delta_5 = \Delta L/L \cdot 100\%$	11	13	15	10	13	14	11	10	14

die in der Praxis auftretende Lebensdauer, sondern können nur als Vergleich für die Auswahl der Werkstoffe, der Federform und der Befestigungsart bei verschiedenen Zinkenformen dienen. Die untersuchten Zinkenformen sind in Abbildung 7 dargestellt.

**Einfluß des Werkstoffes**

Wie Tabelle 1 zeigt, kam für die Federzinken in allen Fällen ein hochfester Werkstoff zur Verwendung.

Für die Zinkenformen K bis S wurde ein Stahl mit einer Zugfestigkeit  $\sigma_b = 120 \text{ kg/mm}^2$  verwandt.

Diese Festigkeit wurde durch Patentieren und Kaltziehen der Dröhte erreicht (Abb. 8). Bei ausländischen, insbesondere bei amerikanischen Geräten, werden dagegen oft vergütete Federzinken von gleicher Festigkeit benutzt [6]. Bei vergütetem Material läßt sich leichter eine einwandfreie Oberfläche herstellen, die auf die Dauerwechselfestigkeit einen großen Einfluß ausübt. In den Versuchen konnte festgestellt werden, daß Rostbildungen und Oberflächenbeschädigungen, die durch das Ziehen und Biegen der Federn leicht entstehen können, die Anschlagzahlen bis zum Bruch wesentlich herabsetzen. Um das Entstehen von Rost zu vermeiden, sollten die Federzinken mit einem zähen, dehnungsfähigen und korrosionsbeständigen Farbanstrich versehen werden.

Wie die Versuche ferner zeigten, lohnt es sich nicht, durch besonders hochfesten Werkstoff den hohen Zinkenbeanspruchungen gerecht werden zu wollen. Hochfeste Stähle besitzen bekanntlich eine so große Kerbempfindlichkeit, daß die Dauerwechselfestigkeit bei höherer Zugfestigkeit nicht erheblich ansteigt. Einen wesentlich größeren Einfluß scheint die Bruchdehnung zu haben. So konnte für die Zinkenform C mit einer Bruchdehnung  $\delta_5 = 15\%$  gegenüber der Form B mit  $\delta_5 = 13\%$  bei gleicher Zugfestigkeit und Federform eine höhere Anschlagzahl ermittelt werden.

Durch eine geeignete Werkstoffwahl und eine gute Oberflächenbeschaffenheit läßt sich nach dem oben Gesagten die Haltbarkeit von Heuwenderzinken verbessern. Einen vielleicht noch größeren Einfluß auf die Lebensdauer der Zinken haben, wie die Zinkenprüfung ergab, die Wahl der Federkennlinie und die Gestaltfestigkeit.

**Die Federcharakteristik von Heuwenderzinken**

Die Federcharakteristik von Heuwenderzinken soll den in der Praxis auftretenden Kräften entsprechen. Die am Zinken angreifenden Kräfte setzen sich im wesentlichen aus zwei Bestandteilen zusammen:

1. Der Kraft, die zur reinen Heubewegung notwendig ist.
2. Der Kraft, die infolge der Bodenberührung des Zinkens auftritt.

Durch Schwingungen der Maschine und Eigenschwingungen des Zinkens können zusätzliche Kräfte auftreten. Während der Fahrt über die wellige Grasnarbe kommt es vor, daß ein Zinken infolge einer Vertiefung die Berührung mit dem Boden verliert, während ein anderer über eine Bodenwelle schleift und so einen stark erhöhten Bodendruck ausübt. Versuche mit Heuwerbmaschinen zeigten ein starkes Hervortreten der Bodenkkräfte bei den Arbeitsgängen des Schwadens und Wendens. Es konnte ferner festgestellt werden, daß die Zinken bei der Berührung mit stark ausgetrocknetem Boden kaum eindringen. Ist der Boden mit einer Grasnarbe bedeckt, so dringen die Zinken meist in diese etwas ein und ziehen kleine Grasbüschel heraus.

Nur bei sehr weichem und unbewachsenem Boden konnte beobachtet werden, daß der Boden entsprechend der Bohnkurve der Zinkenspitze durchfahren wird. Da ein Zinken mit steiler Federkennlinie beim Überlaufen von Bodenwellen, Steinen oder ähnlichen Hindernissen bei gleicher Auslenkung stärker beansprucht wird als ein Zinken mit kleiner Federkonstante, erscheint es deshalb wenig zweckmäßig, Zinken mit übermäßig steiler Federkennlinie zu wickeln. Die Federung muß natürlich so hart sein, daß die Zinken nicht über frisch gemähtes Grünut oder eingeregnetes Heu hinwegrutschen und ein normales Schwad auseinanderziehen können. Als genügend hart in der Federung dürften die Charakteristiken der Zinken J und H angesehen werden (Abb. 9). Zum Vergleich ist in Abbildung 9 die Kennlinie des Zinkens eines amerikanischen Trommelwenders gestrichelt eingetragen, die noch wesentlich niedriger liegt. Es kann damit gesagt werden, daß die meisten der untersuchten Zinken eine zu harte Federkennlinie besitzen, die unnötig hohe Zinkenkräfte hervorruft. Zinken mit weicher Federcharakteristik haben sich, wie praktische Einsätze zeigten, besonders beim Schwaden von Rübenblatt besser bewährt als Zinken mit harter Federkennlinie.

<sup>2)</sup> Die Werkstoffuntersuchungen wurden im Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik (Direktor: Professor Hofmann) der Technischen Hochschule Braunschweig durchgeführt.



Abb. 8: Gefügebild eines Zinkens — Vergrößerung 600 : 1 — überwiegend sobitisches Gefüge, wenig Ferrit und Perlit, schwach kaltverformt

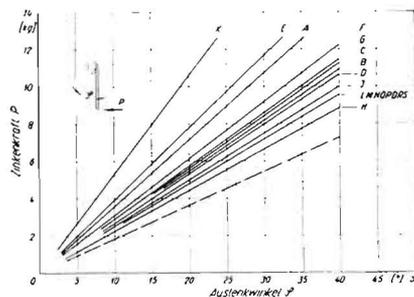


Abb. 9: Federkennlinien der untersuchten Zinkenformen

**Einfluß der Zinkenform**

Die Lebensdauer der Federzinken hängt in hohem Maße von der Gestaltfestigkeit und damit von der Zinkenform ab. Durch eine ungünstige Form können Spannungsspitzen auftreten, die die Haltbarkeit der Zinken stark herabsetzen. Die untersuchten Zinken sollen im folgenden auf Einspannung, Wickelform und Stabform betrachtet werden.

**Einspannung**

Die Einspannung stellt die Verbindungsstelle eines freischwingenden und eines starren Teiles dar. Sie muß deshalb gut konstruktiv durchgebildet sein, damit die erhöhte Bruchgefahr vermindert wird. Die Einspannungsstelle sollte grundsätzlich im Gebiet niedrigen Biegemomentes liegen, also möglichst zwischen Windungsmittellinie der Feder und Zinkenspitze. Von vornherein

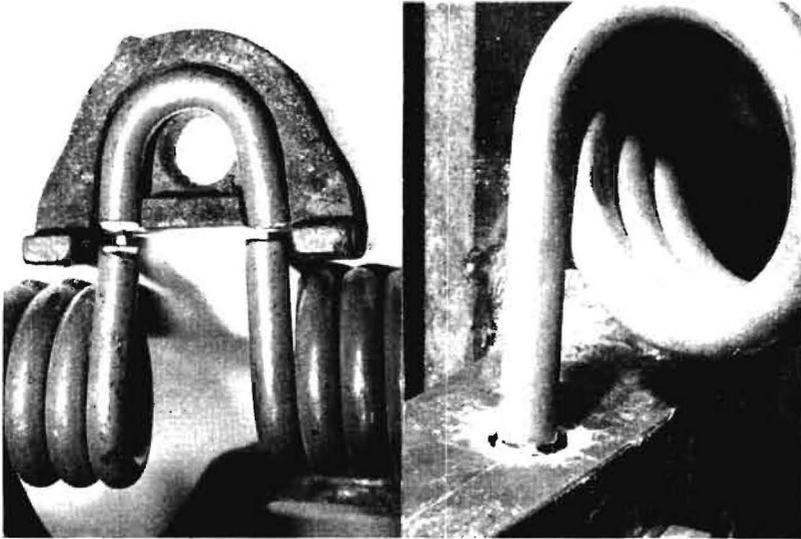


Abb. 10: Schlechte Einspannung zwischen scharfen Kanten

als nicht so günstig anzusehen sind Einspannungen, die von der Zinken-  
spitze aus gesehen hinter der Windungsmittellinie liegen, weil sie sich dort im Raum erhöhten Biegemomentes befinden (Zinken B, C, G, H, K, M, N). Sehr nachteilig sind Einspannungen zwischen scharfen Kanten, die Druckstellen hervorrufen und damit zu Brüchen unmittelbar an der Einspannung führen (Abb. 10). Eine Abrundung

der Kanten würde diese Einspannung etwas verbessern. Eine Mittelstellung nehmen solche Einspannungen ein, bei denen der Dorn nicht als Aufspannorgan dient, sondern als Drehpunkt, während ein kurzer Zinken als Gegenhalter in Holz einmündet, wo er sich abstützt (Zinken D, E, F). Ungünstig ist eine Krümmung des Gegenhalters, die zusätzliche Spannungserhöhung mit sich bringt und zu Brüchen Anlaß gibt (Abb. 11). Man läßt also das kurze Zinkenende besser ungekrümmt in die Einspannleiste einmünden (Zinken E, F). Die Druckstellen und Kerben, die beim Wickeln der Einspannöse des Zinkens leicht entstehen (Abb. 12), waren in vielen Fällen die Ursache der Zinkenbrüche. Die Einspannung mit einer Öse sollte daher nach Möglichkeit vermieden werden. Am besten bewährte sich die Einspannung der Zinken durch Totlegen der letzten Windung an der Einspannöse, das durch einen Gewindedorn (Zinken R), ein Einspannblech (Zinken O, Q) oder eine Blechunterlage (Zinken L) geschehen kann.

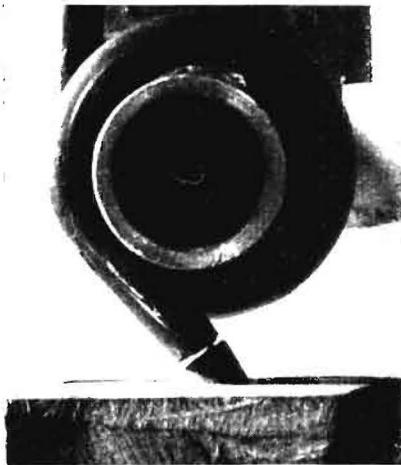


Abb. 11: Bruch durch erhöhte Spannungsspitzen im gekrümmten Gegenhalter

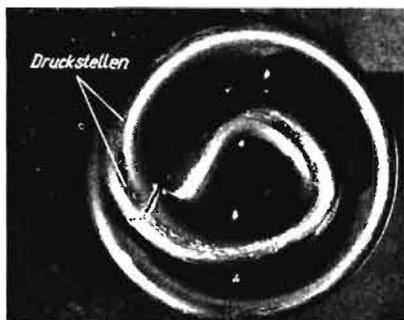


Abb. 12: Bruch verursacht durch Druckstellen, die beim Wickeln der Einspannöse leicht entstehen

#### Wickelform

Die in den Federwindungen auftretenden Spannungen lassen sich nach der Theorie des gekrümmten Balkens ermitteln. Da in einem gekrümmten Stab die Spannung bei gleicher Last höher ist als in einem geraden, sollte das Verhältnis von Drahtdurchmesser  $d$  zum Windungsdurchmesser  $D$  nicht zu groß gewählt werden (möglichst  $\frac{d}{D} < 0,2$ ).

Bei Belastung parallel zur Windungsmittellinie (Abb. 13) treten bei den verschiedenen Zinkenformen Erscheinungen auf, die sich als zusätzliche Beanspruchungen auswirken. Zunächst soll die Grundform des Doppelzinkens (Form A, H, J, L), der auf dem Dorn aufgespannt ist, untersucht werden. Zum Federungsverhalten dieser Form muß gesagt werden, daß der Dorn nur als Aufspannorgan dienen soll und selbst bei größter Durchfederung nicht

berührt werden darf. Bei der in Abbildung 13 skizzierten Belastung parallel zur Windungsmittellinie und zur Verschraubung hin wird die Wicklung zunächst frei durchfedern, bis die erste Windung auf dem Dorn aufliegt. An dieser Durchfederung ist die gesamte aufgewickelte Drahtlänge gleichmäßig beteiligt. Vom Moment der Berührung des Dornes an wird im wesentlichen nur noch der Stab und die Hälfte der ersten Windung Formänderungsarbeit aufnehmen können. Es kommt dann zu Brüchen in dem am Dorn anliegenden Bereich A der ersten Windung (Abb. 14). Etwas günstiger ist es, wenn der Stab ebenfalls zur Windungsmittellinie, aber von der Verschraubung der Feder auf dem Dorn weggerichtet, angreift. Es wird sich dann wieder nach einer gleichmäßigen Durchfederung unter Beteiligung der gesamten aufgewickelten Drahtlänge die erste Windung von unten her an den Dorn anlegen; der zur Aufnahme weiterer Formänderungsarbeit verbleibende Teil der aufgewickelten Feder ist zwar eine halbe Windung länger als bei eben behandelten Kraftrichtung, aber nur ein Bruchteil der gesamten Federlänge: Es kommt zu Brüchen im Bereich B der ersten Windung.

Bei der Wickelform des Doppelzinkens mit den breit auseinanderstehenden Windungen tritt bei seitlicher Belastung eine zusätzliche Beanspruchung auf. Bei der in Abbildung 13 skizzierten Belastung parallel zur Windungsmittellinie und zur Verschraubung hin wird der Zinkenstab um den Winkel  $\beta$  ausgelenkt. Dabei senkt sich die erste Windung um das Maß  $a$  nach unten. Etwa um das gleiche Maß  $a$  (genau  $a \cdot \cos \beta$ ) vergrößert sich die Eingriffslänge des Zinkens, was einer Erhöhung des Hindernisses entspricht. Es bedarf einer weiteren Auslenkung um den Winkel  $\beta'$ , um diese „Scheinhindernishöhe“ zu überwinden. Bei Belastung von der Verschraubung weg treten diese zusätzlichen Beanspruchungen nicht auf, da die wirksame Eingriffslänge verkürzt wird. Eine Reihe von Versuchen zeigte, daß bei den Doppelzinken fast immer der Teil zuerst brach, der auf die Einspannung hin belastet war. Es erscheint daher angebracht, den Doppelzinken vorwiegend in Windungsebene zu beanspruchen.

Die Zinken A, B, C, D, E, F, G, K mit eng aneinanderliegenden Windungen sind als nachteilig zu bezeichnen, da bei seitlicher Belastung die Windungen sich gegenseitig abstützen und nicht frei durchfedern können. Die Spreizung der Windungen von etwa 2 mm erhöhte, wie weitere Versuche zeigten, die Anschlagszahl bis zum Zinkenbruch, die ein Maß für die Lebensdauer darstellt, um das drei- bis vierfache. Eine erhöhte Wickelfahr dürfte diese geringe Spreizung auch für die Formen B, C und G, die nicht auf einem Dorn eingespannt sind, kaum mit sich bringen.

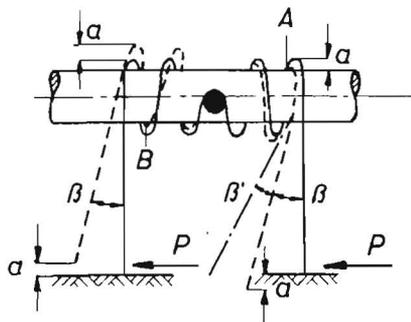


Abb. 13: Doppelzinken parallel zum Aufspanndorn belastet



Abb. 14: Zinkenbruch bei seitlicher Belastung verursacht durch das Anliegen der Windung am Dorn

Die Federformen P und Q mit den waagerechten zylindrischen und die Form R mit den waagerechten trapezförmigen Windungen ergaben gegenüber der Form L mit den gespreizten Windungen keine höhere Anschlagzahl bis zum Zinkenbruch. Die Bruchstellen lagen meist im Übergangsbogen vom Stab zur ersten waagerechten Windung. Dieser Übergangsbogen läßt sich schwierig wickeln und weist oft Kerbstellen auf, die der Anlaß zum frühzeitigen Bruch sein können. Die waagerechten Windungen der Formen P, Q und R dürften leicht zum Wickeln neigen.

Einen Zinken mit waagerechten Windungen, die ein zylindrisches Blech umgibt und die dadurch gegen das Wickeln geschützt sind, stellt die Form S dar. Die Auslenkung des Zinkenstabes, der an einer Grundplatte befestigt ist, ist begrenzt durch den Anschlag des Stabes an der Bördelkante des Blechzylinders. Die Auslenkung läßt sich aber erweitern durch Aussparung des Zylinders in den Beanspruchungsrichtungen. Die gefährdete Stelle dieser Zinkenform liegt in der Verbindungsstelle des Stabes mit dem Grundblech, während die Schraubenfeder bei richtiger Dimensionierung kaum zu Bruch geht. Außerdem ist der Bördelrand durch Verschleiß gefährdet. Ob diese Zinkenform Aussicht auf Bewährung hat, könnte erst durch den Einsatz in der Praxis entschieden werden.

#### Stabform

Um die Wurfwirkung beim Wenden zu erhöhen, wird der Stab oftmals gekrümmt oder der Zinkenstab in Wurf-

richtung geschwenkt (Abb. 15). Dadurch wird der Zinkenstab bei Bodenunebenheiten, Steinen oder ähnlichen Hindernissen zusätzlich ausgelenkt und beansprucht, wenn die Zinkenspitze nicht unter dem Drehpol liegt. Der Auslenkwinkel  $\alpha$  ist am geringsten bei rückwärts und am größten bei vorwärts geschwenktem Zinkenstab. In einem vorwärts gestellten Zinkenstab tritt außerdem eine starke Stoßkraft in Stabrichtung auf, da der Zinkenstab in den Boden eindringen muß.

Will man auf die Vorwärtsstellung des Stabes nicht verzichten, empfiehlt es sich, eine besonders weiche Federcharakteristik zu wählen, bei der sich die oben genannten Nachteile nicht so stark auswirken. Vielleicht bringt auch die abgeknickte Stabform eine gute Wurfwirkung, wie sie an einem amerikanischen Trommelwender Anwendung findet, bei der nur das Ende des Zinkenstabes vorwärts gestellt ist. Durch die Schrägstellung des unteren Stabendes wird bei dieser Form ein kleiner Abstand der Zinkenspitze von der Einspannung erreicht. Auf den Schwadvorgang dürfte die Abknickung keinen großen Einfluß haben, da die Heurolle durch den mittleren Bereich des Zinkenstabes bewegt wird, während die Stabspitze nur die liegengebliebenen Halme an die Heurolle heranreicht [5].

#### Anordnung der Zinken an der Maschine

Die Anordnung der Federzinken an der Maschine ist durch den Maschinentyp und die Wickelform der Feder bedingt. Wie Abbildung 6 zeigt, ist die Richtung der Zinkenkraft, die in Richtung der resultierenden Umfangsgeschwindigkeit  $\dot{u}$  liegt, bei den verschiedenen Heuwerbemaschinen nicht gleich. Beim Gabelwender liegt sie in der Fahrtrichtung; beim Zetter weicht sie je nach Stellung der Arbeitstrommel nur wenig von der Fahrtrichtung ab. Beim Trommelwender in Gradlaufbauart und beim Trommelwender in Schräglaufbauart greift die Zinkenkraft in Richtung der resultierenden Geschwindigkeit  $\dot{u}$  an, die sich aus der Fahrtrichtung und der Umfangsgeschwindigkeit ergibt.

Während so für den Gabelwender und den Zetter eine Zinkenform genügt,

die in einer Richtung ein günstiges Federungsverhalten besitzt, müssen die Federzinken für die Trommelwender in mehreren Richtungen gleich gute Federeigenschaften besitzen.

Für den Gabelwender und Zetter läßt sich mit Vorteil ein billiger Doppelzinken verwenden, da hier keine oder nur eine geringe seitliche Kraftkomponente zur Windungsebene auftritt, die eine schädliche „Hinderniserhöhung“ hervorrufen könnte. Der Zinken ist dabei so anzuordnen, daß die Windungen zugedreht werden, da die Lebensdauer beim Zudrehen der Windungen höher liegt als beim Aufdrehen, wie die Untersuchungen von Denck [3] und Knoille [4] zeigten. Eigene Versuche ergaben beim Zudrehen der Windungen die drei- bis vierfache Anschlagzahl gegenüber dem Aufdrehen.

Beim Trommelwender in Gradlaufbauart mit geschwenkter Arbeitstrommel und beim Trommelwender in Schräglaufbauart greift die Zinkenkraft P unter einem bestimmten Winkel  $\beta_s$  zur Windungsebene an. Für diese Wender ist deshalb eine Zinkenform vorteilhaft, die möglichst in vielen Richtungen gleiche Federeigenschaften besitzt. Diese Forderung erfüllen die Formen P, Q und R mit waagerechten Windungen. Beide Formen können aber wegen der erwähnten Nachteile nur bedingt empfohlen werden.

Federformen mit senkrechten Windungen lassen sich dann noch verwenden, wenn die Kraftangriffsrichtung nur einen geringen Betrag von der Windungsebene abweicht. Wie Abbildung 6 zeigt, ist die Abweichung der Krafttrichtung von der Fahrtrichtung beim Trommelwender in Gradlaufbauart noch nicht so groß, daß sie das Federungsverhalten der Zinkenform mit senkrechten Windungen erheblich verschlechtern würde. Abbildung 14 ist für einen Fahrzustand der Maschine gezeichnet, wie er in der Praxis als normal anzutreffen ist; dabei ergibt sich eine Abweichung der Beanspruchungsrichtung von  $\beta_s = 16^\circ$  für das Schwaden. Beim Wenden wird der Zinken wie beim Gabelwender in Windungsebene beansprucht. Es läßt sich somit ohne größeren Nachteil ein Doppelzinken (Form L) anordnen, wie er für die Zetter vorgeschlagen wurde. Ebenso ist die Anordnung eines einfachen Zinkens (Formen E und F) mög-

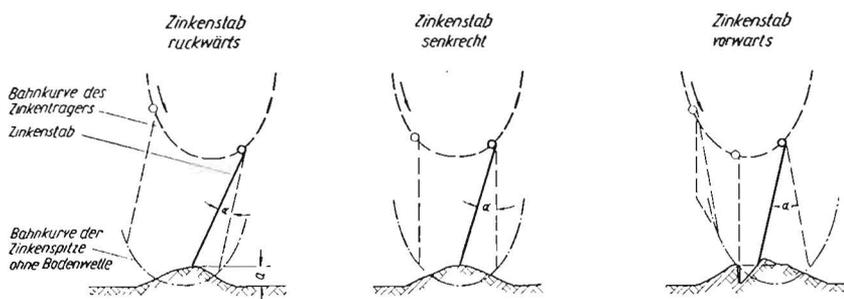


Abb. 15: Verdrehwinkel  $\alpha$  bei verschiedener Stabstellung beim Wenden

lich. Damit die seitliche Komponente, die beim Schwaden auftritt, ohne Nachteil von der Feder aufgenommen werden kann, ist eine Spreizung der Windungen von etwa 1 bis 2 mm notwendig. Beim Schwaden ist die Krafrichtung etwa entgegengesetzt der beim Wenden; das bedeutet, daß die Zinken bei einem Arbeitsgang auf-, beim anderen zugekehrt werden. Die Federzinken sollten so angeordnet sein, daß bei größten Belastungen die Windungen zugekehrt werden, da sie, wie schon erwähnt wurde, beim Zudrehen ihre größte Haltbarkeit besitzen. Nach durchgeführten Messungen [1] treten beim Schwaden größere Kräfte auf als beim Wenden. Aus der Praxis wurde bekannt, daß beim Schwad-Breitstreuen, das mit der Krafrichtung des Wendens übereinstimmt, die größten Zinkenkräfte auftreten sollen. Da exakte Messungen für das Schwad-Breitstreuen dem Verfasser nicht bekannt sind, kann nicht eindeutig angegeben werden, wie die Zinken im Hinblick auf das Zudrehen der Windungen beim Trommelwender in Gradlaufbauart anzuordnen sind.

Für die Kraftangriffsrichtung beim Trommelwender in Schräglaufbauart läßt sich für die Zinkenform mit senkrechten Windungen schwerlich eine An-

## Würfelheu

Prof. Dr. Bruhn von der Universität Wisconsin hat eine neue Methode zur Heueinlagerung entwickelt. Bei kurzzeitiger Anwendung von hohem Druck (4000—6000 lb. per sq. in.) wird Heu zu handlichen Würfeln gepreßt (rund 2 in. Kantenlänge). Die Lagerungsdichte dieser Würfel beträgt etwa das Zweifache von Preßballenheu und das Fünf- bis Sechsfache von Häckselheu. Getreide oder Kraftfutter kann mit eingepreßt werden. Bindemittel sind nicht notwendig. Die Würfel können in den üblichen Getreide-Futterautomaten verwendet werden.

Prof. Bruhn beabsichtigt, eine Würfelmaschine zu konstruieren, die vom Schwad aufnimmt und auf mitgeführte Anhänger lädt. Wahrscheinlich benötigt dies Verfahren das Zweifache der für das Ballenpressen üblichen PS-Stundenzahl je t Heu.

Ist der Feuchtigkeitsgehalt des Heues höher als zur Einlagerung erforderlich, können die Würfel getrocknet oder belüftet werden. Man erwartet, daß die Carotinverluste durch Oxydation durch die Würfelpressung herabgesetzt werden.

ordnung finden, die der seitlichen Beanspruchung gerecht wird. Der Doppelzinken mit seinen weit auseinanderstehenden Stäben läßt sich nur mit Nachteil verwenden, da sich bei ihm die schon beschriebene „Hinderniserhöhung“ (Abb. 13) einstellt. Am günstigsten erscheint die Anordnung der Zinkenform N, deren Windungsebene zwischen der Krafrichtung des Schwadens und der des Wendens gelegt ist. Dadurch erreicht man, daß in beiden Drehrichtungen der Arbeitstrommel die seitliche Kraftkomponente nicht zu groß wird. Der Zinken ist dabei so gespannt, daß in beiden Richtungen ein Einziehen des Zinkenstabes in den Boden nicht eintreten kann.

### Schrifttum:

- [1] R. Thiel und W. Bergmann: Ein Beitrag zur Haltbarkeit von Heuwendergabeln. Grundlagen der Landtechnik, H. 4/1953, S. 34
- [2] H. Gaus: Heuwendemaschinen. DLG-Maschinenprüfungsbericht, Gr. 7a, April 1955
- [3] W. Denck: Untersuchungen an Heubearbeitungsmaschinen. Druckerei und Verlag Wissenschaftlicher Werke K. Triltsch, Würzburg-Aumühle, 1939
- [4] W. Knolle: Rationalisierung der Versuchsanstellung zur Sicherung der Konstruktion. Grundlagen der Landtechnik, H. 4/1953, S. 5
- [5] H. J. Matthies: Der Vorgang des Schwadziehens und die Gestaltung von Heuwendern. Landtechnische Forschung, H. 4/1954, S. 97
- [6] W. Kloth und F. Naumann: Deutsche und ausländische Landmaschinen-Werkstoffe. Grundlagen der Landtechnik, H. 4/1953, S. 46
- [7] G. Segler: Landmaschinenkunde, Hamburg, 1955

## Résumé:

*Dipl.-Ing. F. Wienecke: „Untersuchungen zur Erhöhung der Lebensdauer von Heuwenderzinken.“*

*Die Untersuchungen an selbstfedernden Heuwenderzinken haben gezeigt, daß neben den Werkstoffeigenschaften vor allem die Gestaltfestigkeit in hohem Maße die Haltbarkeit und Lebensdauer beeinflußt. Eine geeignete Wahl der Federcharakteristik hilft, die Zinkenbeanspruchung möglichst niedrig zu halten.*

*Während auf dem für die DLG-Heuwenderprüfung entwickelten Zinkenprüfstand Anschlagzahlen von 50 000 bei den schlechtesten Ausführungen und 250 000 bei den besten Ausführungen zustande kamen bis Bruch auftrat, ist es unter Anwendung der bei diesen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse möglich geworden, die Haltbarkeit der Zinken unter gleicher Belastung bis zu 1 200 000 Anschlägen heraufzusetzen. Die Industrie hat teilweise auf Grund von Entwicklungsprüfungen im Institut für Landmaschinen konstruktive Änderungen an den Federzinken durchführen können, die zu einer Vervier- bis Verachtfachung der Lebensdauer geführt haben. Damit sind die Heuwender wesentlich betriebssicherer geworden.*

*Dipl.-Ing. F. Wienecke:*

*“Investigations on the Possibility of increasing the Useful Life of Teeth of Hay Tedders.”*

*Investigations made on elastic teeth of hay tedders showed that, in addition to the physical properties of the material of which the teeth were made, the stability of the shape of the teeth exerts a high degree of influence on the durability and useful life of the teeth. A correct determination of spring characteristics assists in keeping the stresses in the teeth down to a minimum.*

*Some tests made on a special test bench in connection with the DLG-Hay Tedder Tests showed that the number of impacts required before fracture of the tooth occurred varied from a minimum of 50 000 to a maximum of 250 000. The experience gained from these tests enabled the durability of the teeth to be increased until, under identical loading conditions, up to 1 200 000 impacts were required before fracture took place. As a result of these tests made by the Institute for Agricultural Engineering Research, manufacturers were enabled to make alterations in the design of elastic teeth which have led to an increase in useful life from four to eight times what is usual.*

*Dipl.-Ing. F. Wienecke: «Essais entrepris en vue d'augmenter la durée utile des doigts de faneuses.»*

*Les essais entrepris sur les doigts à ressort de faneuses ont montré qu'à côté des propriétés du matériau utilisé, la stabilité de forme influe considérablement sur l'endurance et la durée utile des doigts. Un choix convenable des caractéristiques du ressort aide à maintenir les contraintes imposées aux doigts aussi basses que possible.*

*Les essais de doigts faits sur le banc d'essai construit spécialement pour l'essai de faneuses suivant la réglementation de la Société Agricole Allemande ont révélé des résultats allant de 50 000 chocs supportés par les constructions les plus médiocres jusqu'à 250 000 chocs subis par les meilleures constructions avant que la rupture intervienne. En profitant des expériences ainsi acquises, on a construit des doigts qui ont pu supporter 1 200 000 chocs, la charge restant inchangée. A la suite des essais entrepris par l'Institut du Machinisme Agricole, certains constructeurs ont apporté des modifications constructives à leurs doigts à ressort et ont ainsi obtenu une augmentation de la durée utile de leur doigts de 4 à 8 fois la valeur précédente. Il s'ensuit que la sécurité de service des faneuses a pu être largement améliorée.*

*Ing. dipl. F. Wienecke:*

*«Investigaciones sobre el aumento de longedidad de las pías de los revolvedores de heno.»*

*Las investigaciones en las pías elásticas de revolvedores de heno han demostrado que, a más de las condiciones del material, es la resistencia a la deformación la que influye en alto grado en su longedidad. La elección de un material con característica de elasticidad favorable contribuye mucho a reducir el desgaste de las pías. Mientras los ensayos hechos en el banco de pruebas desarrollado por la Asociación de Agricultores Alemanes para la comprobación de estas pías, dieron por resultado 50.000 choques en las calidades más bajas y 250.000 en las mejores, hasta llegar a la rotura, se ha llegado a aumentar hasta 1.200.000 el número de choques de las pías, quedando las solicitaciones sin variar, aprovechándose las enseñanzas de estos ensayos. La industria, fundándose en gran parte en los resultados conseguidos con los ensayos efectuados por el Instituto de Maquinaria Agrícola, se ha visto en condiciones de introducir cambios en la construcción de las pías elásticas que han llegado a dar vida de cuatro y ocho veces más larga a las pías, con lo que los revolvedores de heno han ganado mucho en seguridad de servicio.*