

Betriebsbeanspruchungen durch zwei einfache, statische Belastungsfälle nachgeahmt werden können. Erster Fall ist gegeben durch die Belastung des angehobenen Rechwenders mit seinem Eigengewicht, wobei für die zu erwartenden Spannungs-Höchstwerte ein Stoßfaktor bis 2,3 anzunehmen ist. Zweiter Fall ist gegeben durch eine rechts am Rechwender nach hinten wirkende Ersatzkraft bestimmter Größe, die eine Verdrehung der Maschine um ihre Hochachse bewirkt.

Mit Hilfe der gemessenen Werte wurden so Unterlagen für die später im Labor durchzuführenden statischen Spannungsuntersuchungen geschaffen.

Die dynamischen Drehmomentmessungen an der Zapfwelle ergaben beim Wenden und Schwaden eine gemessene Rechwenderleistung von maximal etwa 3 PS.

Schrifttum

- [1] KLOTH, W.: Die Vorausbestimmung der Haltbarkeit von Landmaschinen. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 94—95
- [2] SPANGENBERG, D.: Spannungsuntersuchungen an einem Anbau-Rechwender. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 100—104
- [3] THIEL, R., und W. BERGMANN: Ein Beitrag zur Haltbarkeit der Heuwendergabeln. In: 11. Konstrukteurheft, Düsseldorf VDI-Verlag 1953 (Grundlagen der Landtechnik H. 4) S. 34—45

Résumé

Roman Thiel: "Measurement of Forces and Torques in Actual Practice on a Turnover Rake Attachment."

All possible forces in the framework of a turnover rake were measured in the field by means of dynamic stress measurements. It was ascertained that all stresses occurring during operation could be duplicated by two simple static loading systems. The first case occurs as a result of the load due to the tare weight of the turnover rake when raised, when the maximum stresses are assumed to have a thrust factor of 2.3. The second case is that which occurs when a supplementary force acting on the right-hand side of the turnover rake in a backward direction and which creates a torque about the vertical axis of the machine.

Data for use in the subsequent static stress investigation in the laboratory were obtained from the primary measurements.

Dietrich Spangenberg:

Spannungsuntersuchungen an einem Anbau-Rechwender

Institut für landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Die Untersuchungen wurden am Rahmen und Anbaurahmen des Anbau-Rechwender mit dem Ziel durchgeführt, über die tatsächlichen im Betrieb auftretenden Beanspruchungen (dynamische Untersuchungen) und über eventuell auftretende Spannungskonzentrationen im Rahmen bei normaler Belastung (statische Untersuchungen) Aufschluß zu erhalten.

Die dynamischen Untersuchungen bei verschiedenen Arbeitsgängen wurden mit Dehnungsmeßstreifen [1] festgehalten. Sie ergaben, daß die größten Beanspruchungen im wesentlichen bei zwei Belastungsfällen auftraten, die in den Bildern 1 und 2 dargestellt sind. Im Fall 1 wird der Rahmen beim Anheben durch Eigengewicht belastet. Der Fall 2 wurde gefunden, indem die dynamisch beim Schwaden ermittelten Meßwerte am Gestänge

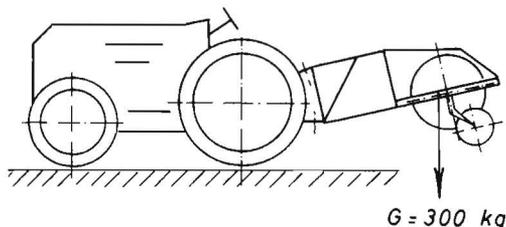


Bild 1 (oben): Statischer Belastungsfall 1. Belastung des Anbaugestänges durch Eigengewicht $G = 300 \text{ kg}$

Bild 2 (rechts): Statischer Belastungsfall 2. Belastung durch Ersatzkraft $P = 100 \text{ kg}$

Ermittelt aus dynamischen Beanspruchungsmessungen im Feldversuch

The dynamic torque measurements at the power take-off shaft gave a maximum value of approximately 3 HP during turning and swathing operations.

Roman Thiel: «La mesure des efforts et des couples agissant sur le système d'attelage d'un râteau-faneur lors du fonctionnement.»

On a déterminé par des mesures dynamiques les multiples contraintes que subit le système d'attelage d'un râteau-faneur au cours de son utilisation dans le champ. Il en résultait que toutes les contraintes auxquelles est soumis le râteau-faneur, peuvent être reproduites par deux cas de contraintes simples statiques. Le premier cas est caractérisé par la contrainte que subit le râteau-faneur soulevé et qui est due à son propre poids. On peut estimer que la contrainte maximum possible peut atteindre un facteur de pointe de 2,3. Le deuxième cas de contrainte est réalisé quand on fait agir une force d'une grandeur déterminée vers l'arrière du râteau-faneur dont résulte une torsion de la machine autour de son axe vertical.

Les résultats de ces mesures peuvent servir d'éléments de base aux essais statiques à entreprendre dans l'avenir au laboratoire.

Les mesures dynamiques du couple appliqué à la prise de force ont donné une puissance d'environ 3 CV au maximum du râteau-faneur pendant le retournement et l'andainage.

Román Thiel: «La medición de los esfuerzos y de los momentos de giro que se presentan en la práctica a un rastrillo oreador montado al tractor.»

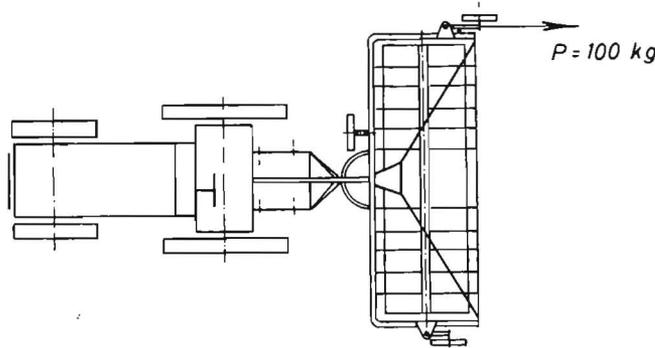
Por mediciones de tensiones dinámicas se han determinado todas las solitudes que en la práctica puedan presentarse en el bastidor de montaje de un rastrillo oreador, encontrándose que todas las sollicitaciones de servicio pueden reproducirse con dos casos de sollicitación estática sencillos: El primer caso se da por la carga del volteador levantado con su peso propio, empleándose un factor de choque hasta de 2,3 para los valores de tensión máximos que puedan presentarse. El segundo caso se presenta, aplicando un esfuerzo de sustitución de un valor determinado en el lado derecho del rastrillo que obre hacia atrás y que efectúe una torsión de la máquina alrededor de su eje alto.

Con los valores medidos se dispone de las bases para la investigación estática de las tensiones, que se hará después en el laboratorio.

Las mediciones de los momentos de giro dinámicos en el eje de toma de fuerza en el trabajo de voltear darán un consumo de potencia del volteador de rejilla medido de aprox. 3 C. V. como máximo.

des Anbaurahmens im statischen Versuch durch Anbringen einer entsprechenden Ersatzkraft wieder hergestellt wurden. Diese Ersatzkraft wurde dann als Belastung für die statischen Messungen aufgebracht. Da der Belastungsfall 2 die höchsten Beanspruchungen zur Folge hatte, wurden die statischen Messungen im wesentlichen darauf beschränkt.

Es wurden zunächst die Hauptspannungsrichtungen mit Hilfe des MAYBACH-Reißlackverfahrens [2; 3; 4] bestimmt. Die aufgetretenen Dehnungsrisse wurden mit weißer Farbe teilweise nachgezeichnet und fotografiert. Man kann aus dem Verlauf der Dehnungslinien, die den Hauptspannungstrajektorien entsprechen, auch Rückschlüsse auf die Art der Beanspruchung ziehen. Besonders wichtig sind sie für die anschließenden Feindehnungs-



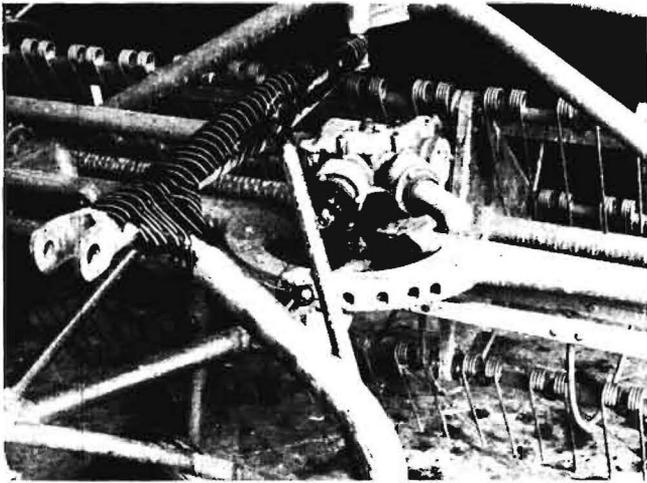


Bild 3: Dehnungslinien am oberen horizontalen Stab des Anbaugestänges bei Belastungsfall 1

Ansicht von links oben. Auf der Oberseite herrschen Zugspannungen in Längsrichtung, da die Lackrisse quer zur Stabachse laufen

messungen, da die Meßgeräte sofort in Richtung der Hauptspannungen aufgesetzt werden können.

Die statischen Feindehnungsmessungen wurden mit HUGGENBERGER-Tensometern von 10 mm Meßlänge, ASKANIA-Feindehnungsmessern von 2 mm Meßlänge und einem optischen Dehnungsschreiber¹⁾ von 25 mm Meßlänge durchgeführt. Die Umrechnung der Meßwerte in Spannungen erfolgte, da jeweils in Richtung der Stabachsen gemessen wurde, nach der Beziehung

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

In den folgenden Ausführungen sollen die Ergebnisse der statischen Untersuchungen anhand der Dehnungslinienbilder und Spannungsverteilungskurven für die beiden oben erwähnten Belastungsfälle dargelegt werden.

Belastungsfall 1

Das an einem Schlepper angebaute Gerät wurde mit der Schlepperhydraulik angehoben und abgesenkt. Hierbei wurde besonders der obere horizontale Stab des Anbaurahmens beansprucht, und zwar in erster Linie auf Zug. Dies kann man aus den Dehnungslinienbildern (Bilder 3 und 4) schließen, da die Lackrisse nahezu ringförmig verlaufen.

Der sehr spröde Lack hat bekanntlich die Eigenschaft, stets quer zu der größten positiven Dehnung aufzureißen, das heißt bei einem in Längsrichtung auf Zug beanspruchten Stab treten die Risse stets senkrecht zur Längsachse auf. Bei einem in Längsrichtung auf Druck beanspruchten Stab dagegen reißt der Lack infolge der Querkontraktion senkrecht zur positiven Querdehnung und damit parallel zur Spannungsrichtung auf. Bei einem auf Biegung beanspruchten Stab müssen also auf der Zugspannungsseite die Dehnungslinien quer zur Stablängsachse, auf der Druckspannungsseite parallel zur Stablängsachse verlaufen.

Es muß an dieser Stelle noch darauf hingewiesen werden, daß die Abstände der nachgezeichneten Lackrisse völlig willkürlich sind und daher keinerlei Aufschlüsse über die Größe der Spannungen geben. Die aufgetretenen Lackrisse liegen in Wirklichkeit viel dichter beieinander und sind in den Bildern nicht zu erkennen.

Da das Anheben und besonders das Absenken ungleichmäßig und ruckweise vonstatten ging, konnten die empfindlichen statischen Feindehnungsmesser nicht verwendet werden. Stattdessen wurde in der Mitte des Stabes ein optischer Dehnungsschreiber mit 25 mm Meßlänge aufgespannt (Bild 5). Bei diesem Gerät wird durch die Längenänderung der Meßstrecke ein Spiegel verdreht, der seinerseits einen auftreffenden feinen Lichtstrahl ablenkt. Die Ablenkungen des Lichtstrahles werden auf einem vorbeilaufenden Schmalfilm festgehalten. Die Größe der Ausschläge ist dann ein Maß für die Größe der jeweiligen Dehnung und damit auch der Spannung. Gleichzeitig werden auf dem Film mit Hilfe eines zwei-

¹⁾ Bauart: Institut für Instrumentenkunde, Göttingen.

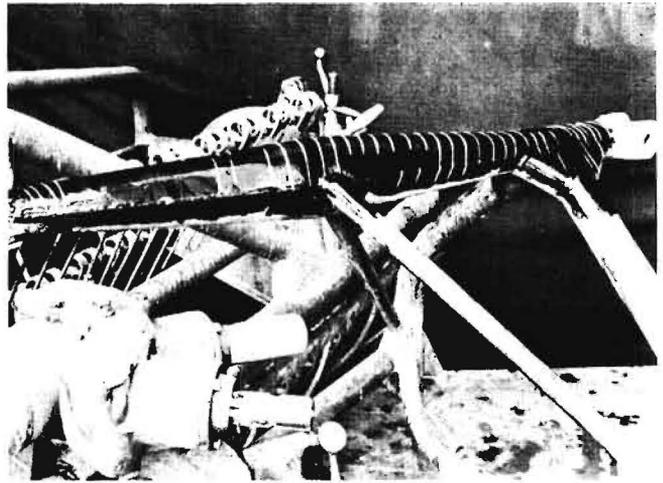


Bild 4: Dehnungslinien am oberen horizontalen Stab des Anbaugestänges bei Belastungsfall 1

Ansicht von rechts hinten



Bild 5: Dreipunktaufhängung des Rechwenders mit aufgespanntem optischen Dehnungsschreiber von 25 mm Meßlänge (Bauart: Institut für Instrumentenkunde, Göttingen) und aufgeklebten Dehnungsmessstreifen

Rechts im Bild der Antriebsmotor für Filmtransport des Dehnungsschreibers

ten Lichtstrahles und einer Kontaktuhr Zeitmarken angegeben, so daß damit die Filmgeschwindigkeit und damit auch die Frequenz von Schwingungen bis maximal 200 Hz festgestellt werden können. Den Filmvorschub bewirkt ein kleiner regelbarer Elektromotor (im Bild rechts) über eine biegsame Welle.

Bild 6 zeigt nun eine Ausschnittsvergrößerung des Filmschriebes, der beim Anheben und Absenken entstanden ist. Die obere, unterbrochene Linie ist der Zeitmarkenschrieb, wobei der Zeitraum zwischen zwei Unterbrechungen jeweils 1 sec betrug. Die gezackte mittlere Linie ist der eigentliche Meßschrieb, während die untere, gerade Linie die Nulllinie ist, von der aus die Ausschläge gemessen wurden. Mit Hilfe des Eichfaktors wurde rechts neben dem Bild die Spannungsskala in kg/mm² angegeben.

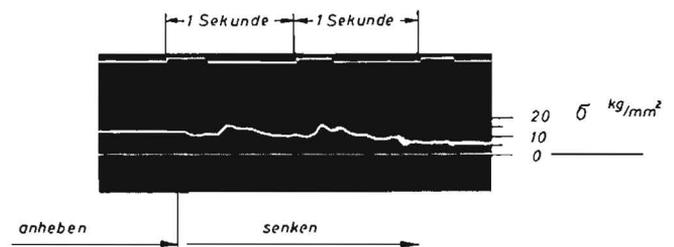


Bild 6: Ausschnittsvergrößerung aus einem Meßschrieb des Dehnungsschreibers beim Heben und Senken (Belastungsfall 1)

Stoßweise Belastung beim Senken hat Spannungsspitzen zur Folge. Stoßfaktor $\approx 1,4$

Der linke Teil der Meßkurve gilt für das Anheben, der rechte Teil für das Senken, wobei die Spannungsspitzen durch absichtliches ruckweises Entlasten der Hydraulik entstanden sind. Dieses Abfangen beim Senkvorgang wird auch in der Praxis häufig angewendet, um das Gerät sanfter auf den Erdboden aufzusetzen. Die statistische Maximalspannung beim Anheben beträgt $+13 \text{ kg/mm}^2$, wobei das positive Vorzeichen besagt, daß es sich um Zugspannungen handelt. Beim ruckweisen Senken treten Stoßfaktoren von etwa 1,5 auf, was durch die Messungen mit Dehnungsmeßstreifen bestätigt wird [1]. Dagegen ergeben sich beim schnellen

Fahren in ausgehobenem Zustand größere Faktoren, die etwas über 2 liegen.

Die höchste gemessene Spannung bei ruckweisem Ablassen beträgt 18 kg/mm^2 . Dieser Wert mag zunächst recht hoch erscheinen. Berücksichtigt man aber, daß es sich hier um reine Spitzbeanspruchungen handelt und daß ferner diese Spannungen an einem völlig glatten Stab auftreten, so darf man die Festigkeit des Gestänges als hinreichend beurteilen. Hinzu kommt, daß sowohl die Gestaltung dieses Stabes als auch die werkstattmäßige Ausführung sorgfältig durchgeführt wurden.

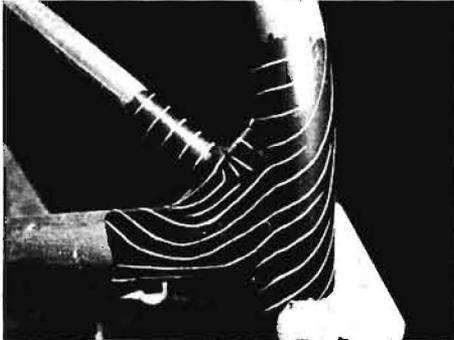


Bild 7: Dehnungslinienverlauf (Außenansicht) am rechten Knotenpunkt des Anbaugestänges bei Belastungsfall 2

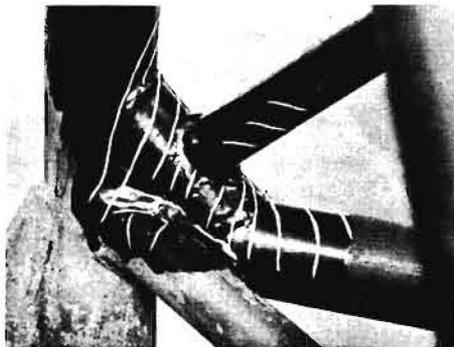


Bild 8: Dehnungslinienverlauf (Innenansicht) am rechten unteren Knotenpunkt des Anbaugestänges bei Belastungsfall 2

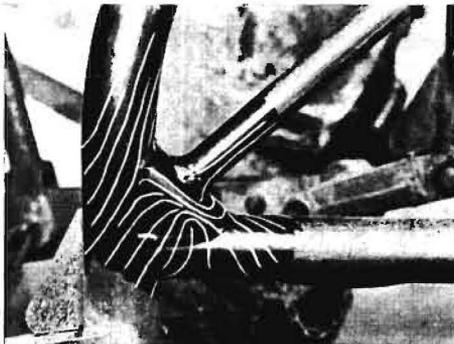


Bild 9: Dehnungslinienverlauf (Außenansicht) am linken unteren Knotenpunkt des Anbaugestänges bei Belastungsfall 2



Bild 10: Dehnungslinienverlauf (Innenansicht) am linken unteren Knotenpunkt des Anbaugestänges bei Belastungsfall 2

Belastungsfall 2

Wie oben bereits erwähnt, wurde der Belastungsfall 2 (Bild 2) deshalb gewählt, weil die aus ihm resultierenden Beanspruchungen der Konstruktion denen der Feldversuche am meisten ähnelten. Die Ersatzkraft von 100 kg wurde durch einen statistischen Eichversuch bestimmt, indem solange mehr und mehr belastet wurde, bis sich ein oberer Wert von etwa 6 kg/mm^2 einstellte, entsprechend den beim Schwaden [1] häufig aufgetretenen Spitzenwerten. Die seltener aufgetretenen maximalen Spitzenwerte können dann in Form eines Stoßfaktors berücksichtigt werden. Aus den dynamischen Messungen ergab sich bei den vorliegenden Betriebsverhältnissen dieser Faktor zu etwa 2 [1]. Die Größe des Stoßfaktors kann selbstverständlich bei anderen Betriebsbedingungen etwas schwanken. In den nachfolgend gezeigten Spannungsverteilungskurven ist der Stoßfaktor nicht berücksichtigt. Es sind vielmehr die bei einer Last von 100 kg tatsächlich gemessenen Werte angegeben. Sie stellen also häufig auftretende Spannungen dar, während die höchsten zweimal so groß sind. Wenn die Maschine dauerhaft sein soll, darf an keiner Stelle eine Spannung auftreten, die über der Dauerfestigkeit des Materials liegt.

Um Aufschluß über die Richtung der Spannungen und damit über die Art der Beanspruchungen zu erhalten, wurden zunächst wieder an Knotenpunkten und voraussichtlich hochbeanspruchten Stäben Reißlackuntersuchungen durchgeführt. So sind auf den Bildern 7 und 8 die Dehnungslinien auf der Innen- und Außenseite des rechten vorderen Knotenpunktes und auf den Bildern 9 und 10

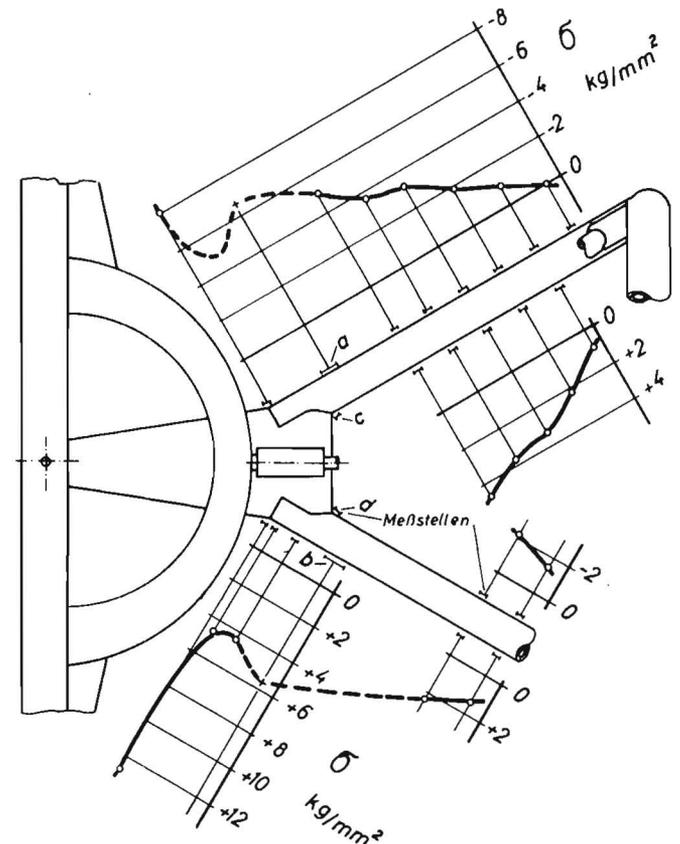


Bild 11: Spannungsverteilungen an den unteren Horizontalstäben des Anbaugestänges bei Belastungsfall 2

In den Ecken des hinteren Knotenpunktes treten hohe Spannungsspitzen auf. Eine konstruktive Änderung war notwendig. Die Stäbe werden auf Biegung belastet

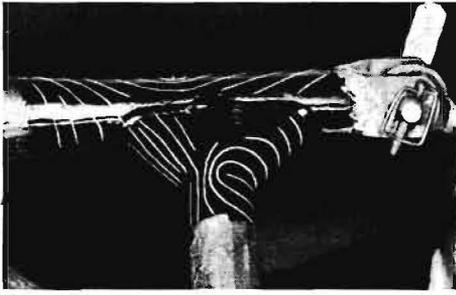


Bild 12: Dehnungslinien am oberen vorderen Knotenpunkt des Anbaugestänges bei Belastungsfall 2

die entsprechenden Ansichten an dem linken vorderen Knotenpunkt des Anbaurahmens zu sehen. Ein Vergleich der beiden Außenansichten (Bild 7 und 9) beziehungsweise Innenansichten (Bild 8 und 10) zeigt, daß die Linien auf der linken und rechten Seite senkrecht zueinander verlaufen, wie es aus Symmetriegründen sein muß. Darüber hinaus kann man aussagen, daß die Knotenpunkte sehr steif sind und wie eine Einspannung der einzelnen Stäbe wirken. An der schräg nach hinten oben verlaufenden Abstützung erkennt man sehr gut die Biegebeanspruchung (besonders in den Bildern 9 und 10). An der Außenseite (Bild 9) verlaufen die Dehnungslinien parallel zur Stabachse (Druckspannungen), dagegen an der Innenseite (Bild 10) senkrecht zur Stabachse (Zugspannungen). Genau umgekehrt ist es bei der rechten Stütze (Bild 7 und 8).

Da an den senkrechten Hauptstützen die Linien in beiden Ansichten stark geneigt zur Stabachse verlaufen, kann man aussagen, daß diese Rohre hauptsächlich auf Verdrehung beansprucht werden. Bei den waagerechten Außenstäben dagegen überwiegt die Biegebeanspruchung. Für diese Stäbe wurden an der Innen- und Außenseite die Spannungsverteilungen jeweils über der ganzen Stablänge gemessen, wobei die Meßgeräte in Richtung der Stabachsen aufgespannt wurden.

Diese Spannungsverteilungen sind in Bild 11 dargestellt. Es bedeuten: (+) = Zugspannungen und (-) = Druckspannungen. Die Kurven sind entstanden, indem an den einzelnen Meßstellen die jeweiligen Meßwerte aufgetragen und anschließend verbunden wurden²⁾. Es geht aus den Kurven hervor, daß jeder Stab für sich auf Biegung beansprucht wird, und zwar in gleicher Richtung. Die Spannung steigt auf der freien Länge zunächst zum hinteren Knotenpunkt hin an. Am Übergang zur hinteren Versteifung liegt an den Außenseiten ein Spannungsmaximum. Durch den Einfluß des Knotenbleches fällt die Spannung dann ab, hat aber am Ende des Stabes, genau in der Ecke der Schweißnaht, eine starke Spitze, die mit fast 13 kg/mm² gemessen wurde.

An den Innenseiten steigt auf der freien Stablänge die Spannung ebenfalls linear. Da der Übergang zum Knotenblech aber schärfer ist, wurden hier Spannungsspitzen gemessen, die fast doppelt so groß sind wie außen. Diese Werte müssen noch mit dem Stoßfaktor multipliziert werden, um die möglichen Spitzenwerte zu erhalten. Sie nehmen damit Größenordnungen an, die als kritisch zu bezeichnen sind. Diese Knotenpunkte wurden daher bei der späteren Serienausführung konstruktiv geändert, indem Verstärkungen mit sanfterem Übergang angebracht wurden, um die Spannungsspitzen dadurch abzubauen.

Wie aus Bild 11 ferner hervorgeht, sind in der Nähe der vorderen Knotenpunkte die Spannungen verhältnismäßig gering. Durch einige Tastmessungen in den Ecken der Knotenpunkte wurde dies bestätigt. Die Meßwerte wurden daher nicht mit aufgeführt.

Für den oberen vorderen Knotenpunkt wurde dagegen eine Spannungsuntersuchung durchgeführt. Aus dem Dehnungslinienbild (Bild 12) geht hervor, daß die nach unten führenden Streben auf Biegung beansprucht werden (rechts Zugspannungen, links Druckspannungen). Infolge der starken Kröpfung dieser Streben muß am unteren Ende eine Verdrehung auftreten, die aus den Bildern 7 bis 10 bereits erkannt wurde. Im Übergang von der Rohrstrebe zur Knotenversteifung (vgl. Bild 12) kann man aus dem Verlauf der Dehnungslinien (Abbiegen um 180°) auf ein

²⁾ Die Messungen wurden mit induktiven Feindehnungsmessern von 2 mm Meßlänge durchgeführt.

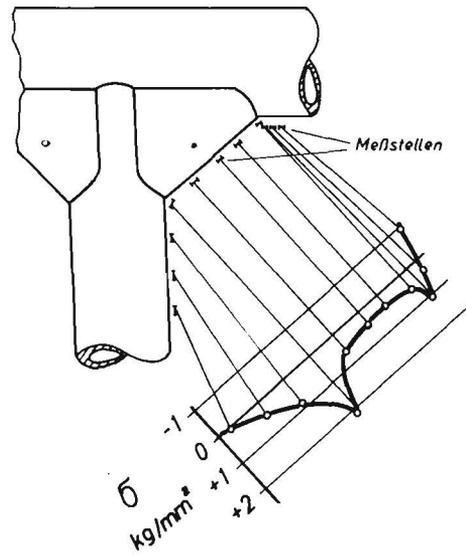


Bild 13: Spannungsverteilung am oberen vorderen Knotenpunkt des Anbaugestänges bei Belastungsfall 2
Spannungskonzentration wieder in den Ecken. Sie sind ungefährlich, da die Absolutwerte niedrig sind

Spannungsmaximum schließen. Wie die mit Feindehnungsmessern ermittelte Spannungsverteilungskurve (Bild 13) zeigt, ist in der Ecke tatsächlich eine deutliche Spannungsspitze vorhanden. Die Absolutwerte sind jedoch so klein, daß diese Spitze ungefährlich ist. Ebenso ist die in der oberen Ecke gemessene Spannungserhöhung ungefährlich.

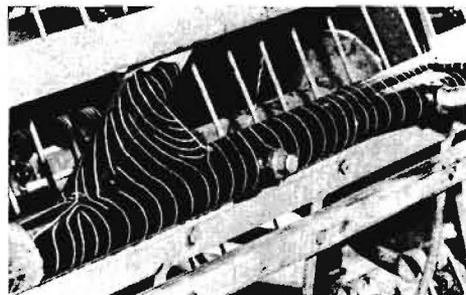


Bild 14: Dehnungslinienverlauf am vorderen Rohrträger des Rahmens bei Belastungsfall 2
Auf der Vorderseite herrschen Zugspannungen, die von der Biegung durch Belastungsfall 2 herrühren

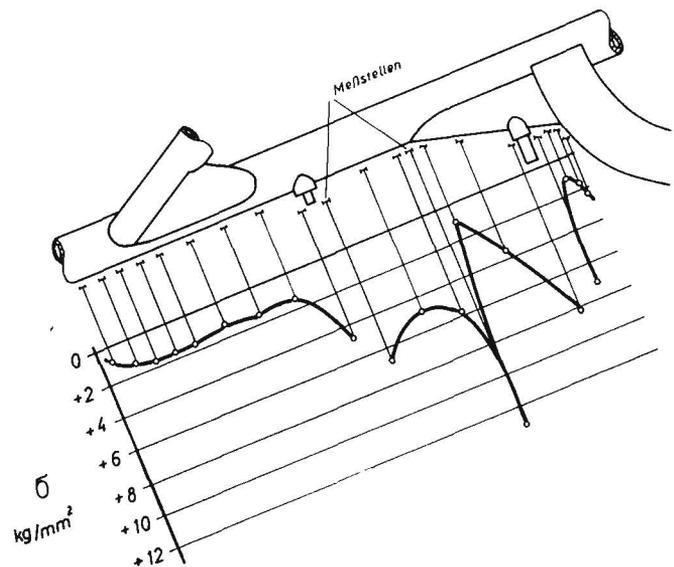


Bild 15: Spannungsverteilung längs der hochbeanspruchten Biegefaser am vorderen Rohrträger des Rahmens
Spannungserhöhungen überall dort, wo der Querschnitt verändert wird. Der Übergang zur vorderen Knotenpunktversteifung wurde daraufhin spannungsgünstiger gestaltet

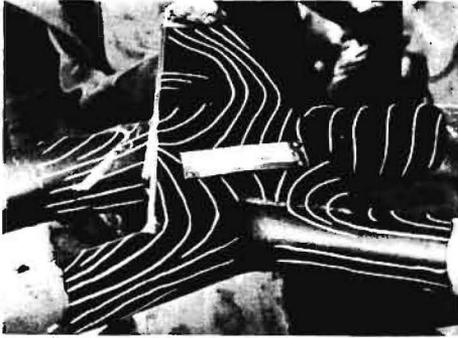


Bild 16: Dehnungslinienfelder am oberen Knotenpunkt des Rahmens. Rohre werden auf Biegung mit überlagerter Verdrehung beansprucht. Tastmessungen ergaben, daß die Spannungen nur gering waren.

Am Rahmen des Anbau-Rechwenders wurde besonders der vordere Rohrträger untersucht. Wie zu erwarten war, wird dieser Träger beim Belastungsfall 2 hauptsächlich auf Biegung beansprucht, was durch den Verlauf der Dehnungslinien in Bild 14 bestätigt wird. Längs der auf Zug am höchsten beanspruchten Biegefaser wurde mit Feindehnungsmessern die Spannungsverteilung bestimmt, und zwar in Richtung der Stabachse und damit gleichzeitig senkrecht zu den Dehnungslinien. Diese Spannungsverteilung ist in Bild 15 dargestellt. Jede Störung der hochbeanspruchten äußeren Faser eines Biegeträgers führt erfahrungsgemäß zu Spannungsspitzen. So kann man an den beiden angeschweißten Bolzen deutlich Spannungskonzentrationen erkennen, obwohl keine äußeren Kräfte an den Bolzen wirken. Eine besonders hohe Spannungsspitze von mindestens 13 kg/mm^2 tritt im Übergang vom Rohrträger zum Knotenblech auf. Auch an dieser Stelle wurde auf Grund der Untersuchungen für die Serienfertigung eine konstruktive Änderung vorgenommen, um die Spannungsspitze abzubauen.

An dem oberen Gestellknotenpunkt wurden mit Reißlack zunächst die Dehnungslinien beim Belastungsfall 2 bestimmt (Bild 16). Hieraus konnte geschlossen werden, daß die Anschlußstäbe auf Biegung mit geringer überlagerter Verdrehung beansprucht werden. Tastmessungen in den Ecken der Anschlüsse ergaben aber nur geringfügige Spannungswerte, so daß auf die Bestimmung von Spannungsverteilungskurven verzichtet werden konnte.

Weitere Tastmessungen an verschiedenen Stellen des Anbau-Rechwenders zeigten ebenfalls nur geringe Werte an.

Zusammenfassung

Durch statische Spannungsuntersuchungen sollte festgestellt werden, ob der Rechwender genügende Festigkeit besaß, beziehungsweise ob und wo schwache Stellen in der Konstruktion vorhanden waren. Aus den dynamischen Untersuchungen ergaben sich zwei hauptsächliche Belastungsfälle:

Beim Belastungsfall 1 wird in erster Linie die obere Strebe des Anbaurahmens beansprucht. Diese Strebe ist gegen Biegung als Träger nahezu gleicher Festigkeit ausgebildet. Die Anschlüsse der Abstützungen in der Mitte erfolgen nahezu in der neutralen Zone, so daß gefährliche Spannungsspitzen nicht auftreten können.

Beim Belastungsfall 2 treten hohe Beanspruchungen am hinteren, unteren Knotenpunkt des Anbaurahmens auf. Am Rahmen des Anbau-Rechwenders wird der vordere Rohrträger am meisten beansprucht. Hohe Spannungen sind im Übergang zum Knotenblech vorhanden, da die Spitze des Knotenbleches genau in der äußersten Randfaser des Biegeträgers liegt.

Für diese Stellen hoher Beanspruchung konnte durch kleine konstruktive Änderungen eine Entlastung herbeigeführt werden. Für alle anderen untersuchten Teile des Anbau-Rechwenders wurde hinreichende Sicherheit festgestellt, um so mehr, als sie werkstattmäßig gut ausgeführt waren.

Schrifttum

- [1] THIEL, R.: Messung der im Betrieb auftretenden Kräfte und Drehmomente an einem Anbau-Rechwender. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 96—100
- [2] DIETRICH, O., u. E. LEHR: Das Dehnungslinienverfahren. Z. VDI 76 (1932), S. 973—982

[3] BERGMANN, W.: Reißlackverfahren. In: Handbuch der Spannungs- und Dehnungsmessung. VDI-Verlag 1958, S. 93—130

[4] SPANGENBERG, D.: Arbeitsanleitung für Dehnungslinienlack. In: Merkblatt für „Brafa“ Dehnungslinienlack der Braunschweiger Farbenwerke, Pieper & Co

Résumé

Dietrich Spangenberg: "Investigations on the Stresses in a Turnover Rake Attachment."

It was desired to investigate, by means of static stress investigations, whether a turnover rake had sufficient stability and to determine whether and where weak points in the design existed. Two principal types of loading resulted from the dynamic investigations.

In type 1 the upper strut of the attaching framework is under stress. This strut has been designed as a beam in order to resist bending. The supports are attached approximately in the neutral axis, so that dangerous peak stresses cannot result.

In type 2 high stresses are found at the lower rear joint of the framework. The front tubular beam is the most highly stressed in the attaching framework. High stresses are also found in the point of attachment to the plating, since the tip of the plating lies exactly in the outer fibre of the beam.

It was found possible to minimise the stresses at the critical places by various small changes in the design. All other parts of the turnover rake attachment were found to be sufficiently strong, the more so as they were of very good workmanship.

Dietrich Spangenberg: «Examen des contraintes s'exerçant dans un râteau-janeur porté.»

Afin de savoir si le râteau-janeur porté possède une résistance suffisante respectivement si et où se trouvent des points faibles dans la construction, on a procédé à l'examen des contraintes au cours d'essais statiques. Les essais dynamiques avaient révélé deux cas principaux de sollicitations:

Dans le premier cas, c'est en premier lieu le tirant supérieur du système d'attelage qui supporte les contraintes. La résistance à la flexion de ce tirant a été calculée de façon à être presque égale à celle d'une poutre. Les points de fixation des étauçons du milieu sont à peu près situés dans la zone neutre de sorte que des pointes de tension dangereuses ne peuvent s'y produire.

Dans le deuxième cas, c'est le point de jonction arrière inférieur du système d'attelage qui supporte de hautes contraintes. Le tube support avant du bâti du râteau-janeur porté est soumis aux contraintes les plus élevées. De hautes contraintes agissent aux bords de la plaque de jonction, puisque la pointe de cette plaque coïncide exactement avec les fibres extrêmes de la barre de flexion.

Quelques modifications constructives ont permis de réduire les hautes contraintes auxquelles sont exposés ces quelques points de la construction. La résistance de toutes les autres pièces du râteau-janeur porté examiné a été reconnue comme suffisante d'autant plus que leur fabrication a été très soignée.

Dietrich Spangenberg: «Investigación de las tensiones que se producen en un rastrillo oreador montado al tractor.»

Se trataba de averiguar por investigaciones estáticas de las tensiones la resistencia del rastrillo oreador, es decir, si la construcción presentaba puntos débiles, y cuales eran estos puntos. Las investigaciones dinámicas permitieron apreciar dos casos de carga principales: En el caso 1º los esfuerzos recayeron en primer lugar en la tornapunta superior del bastidor de montaje. Esta tornapunta está construida como viga resistente a la flexión con solidez uniforme. Las conexiones que apoyan el centro se encuentran en la zona neutra, de forma que no pueden presentarse tensiones pico.

En el caso 2º se presentan esfuerzos elevados en el punto de empalme inferior del bastidor. En el bastidor del rastrillo oreador montado, el soporte tubular delantero es el que tiene que resistir los esfuerzos mayores. Se presentan esfuerzos muy elevados también en el paso a la chapa nodal, ya que la punta de éste se encuentra exactamente en la fibra extrema del borde de la viga de torsión.

Con cambios insignificantes de la construcción se ha podido conseguir una reducción de los esfuerzos en estos puntos. Para todos los demás elementos investigados del rastrillo oreador montado se ha podido apreciar una resistencia suficiente, tanto más, porque el trabajo de taller estaba hecho a conciencia.