

Festigkeitsgerechtes Konstruieren

Ein kritischer Rückblick auf Landmaschinen-Ausstellungen und eine technische Messe

Von W. Kloth, Braunschweig-Völkenrode

Wer Interesse an konstruktiven Problemen hat, wird gern die Ausstellungen dazu benutzen, festzustellen, welches der Stand der edlen Kunst des Konstruierens ist. Der Verfasser konnte im vergangenen Jahre die DLG-Ausstellung in Frankfurt, das Bayerische Zentrallandwirtschafts-Fest in München, die Technische Messe in Hannover und die Landmaschinen-Ausstellung in Leipzig-Markkleeberg besuchen. Von den vielen Eindrücken, welche solche Ausstellungen in konstruktiver Hinsicht vermitteln, möchte er nachstehend nicht die sogenannte Makrokonstruktion, wie z. B. die konstruktive Berücksichtigung des Kraftflusses in einer ganzen Maschine, sondern in der Hauptsache die Mikrokonstruktion, d. h. die konstruktive Durchbildung der Einzelteile, behandeln. Gerade hier kann viel getan werden, um die Haltbarkeit der Maschinen zu beeinflussen, denn manche Erkenntnisse der Konstruktionsforschung sind offenbar noch nicht Allgemeingut der Konstrukteure geworden. Wenn bei den ausgewählten Beispielen mehr Negatives als Positives zur Sprache kommt, so darf man daraus nicht auf den auf den Ausstellungen gewonnenen Gesamteindruck schließen. Man sah dort durchaus viele Beispiele guter konstruktiver Arbeit, aber aus den negativen Beispielen läßt sich das meiste lernen.

Bei der Auswahl der Bilder wurden solche mit irgendwelchen Firmenkennzeichen vermieden. Es ist selbstverständlich nicht

Löcher zu klein geworden ist, und hat deshalb eine Verstärkung oben aufgeschweißt. Dabei hat er übersehen, daß vor den Enden der Verstärkung ziemlich hohe Spannungsspitzen sind, die oft das Dreifache der normalen Biegespannung betragen können. Es könnte sehr wohl sein, daß durch die aufgeschweißte Lasche das Gegenteil von dem erreicht wird, was beabsichtigt ist. Da die Bohrungen in der neutralen Zone des Biegeträgers liegen, ist eine sehr große Schwächung gar nicht zu erwarten. Die Spannungsspitzen in den Ecken der Lasche könnte man im übrigen verringern, wenn man die Lasche nach beiden Seiten schlank auslaufen ließe.

Die Greiferkonstruktion bei dem Rad in **Bild 2** ist sicher sehr billig. Ob die Haltbarkeit ebenso befriedigen wird, sei dahingestellt. Das gespreizte Flacheisen ist nur mit einer einseitigen Kehlnaht mit der Radfelge verbunden; die an dem Greifer wirkenden Kräfte werden also recht ungünstig in die Felge eingeleitet. Beim Fahren über Pflaster werden die Greifer sicher häufig abbrechen.

Die Krafteinleitung von dem Flacheisen auf das Rohr, **Bild 3**, ist recht ungünstig und für größere Kräfte auf keinen Fall geeignet. Die Kräfte sollten immer möglichst flächenhaft übertragen werden, vor allen Dingen, wenn es sich um Teile mit dünner Wandstärke handelt.

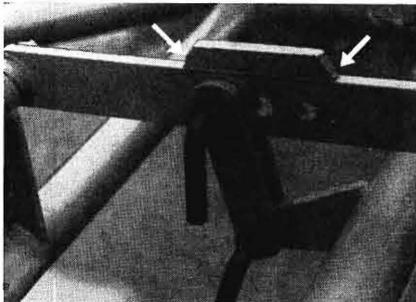


Bild 1.

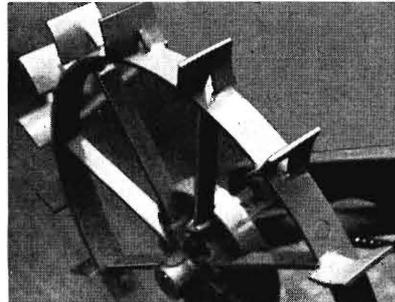


Bild 2.

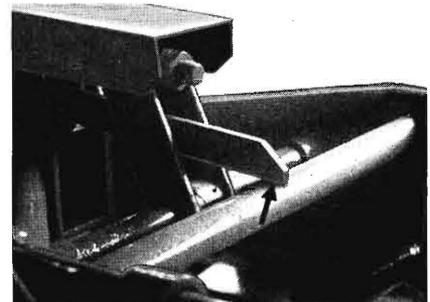


Bild 3.

der Sinn der Ausführungen, Firmenerzeugnisse zu kritisieren; auch wäre der Verfasser dem Leser dankbar, wenn er erst gar nicht versuchen würde, aus irgendwelchen Merkmalen auf die Herkunft der Bilder zu schließen.

Noch eines sei vorweggeschickt. Es werden außer Landmaschinen auch Konstruktionen von der Technischen Messe gezeigt. Ein Vergleich des konstruktiven Niveaus zeigt ganz deutlich, daß die Landmaschinenkonstruktionen sich durchaus nicht hinter den Konstruktionen der allgemeinen Technik zu verstecken brauchen. Zudem schwankt das Niveau natürlich sowohl auf den Landmaschinen-Ausstellungen als auch auf der Technischen Messe.

Es werden nun nacheinander Aufnahmen von Maschinenteilen gezeigt und dazu einige kritische Bemerkungen gemacht. Eigentlich müßte man dazu immer den jeweiligen Konstrukteur hören, da man aus dem Erscheinungsbild nicht immer alle Überlegungen des Konstrukteurs ablesen kann.

Bei der Flacheisenschiene in **Bild 1** fürchtete offenbar der Konstrukteur, daß deren Festigkeit durch die drei eingebohrten

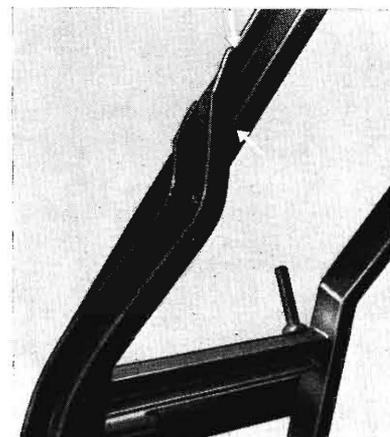


Bild 4.

In **Bild 4** ist der Rücken eines U-Eisens auf die Flanschenden eines anderen U-Eisens geschweißt. An den Enden der Schweißnähte werden bestimmt hohe Spannungsspitzen auftreten, besonders, da hier auch noch mit Einbrandkerben zu rechnen ist. An der Verbindungsstelle ist aus dem U-Eisen ein kurzes Rohr entstanden, das u. U. eine mehrere hundertmal so große Steifigkeit hat wie das anschließende offene U-Profil. Solche Sprünge in

Prof. Dr.-Ing. Dr. agr. h. c. Willi Kloth VDI, Direktor i. R. des Institutes für landtechnische Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode, ist Leiter einer Forschungsgruppe „Spannung und Gestalt“ an diesem Institut (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Batel).

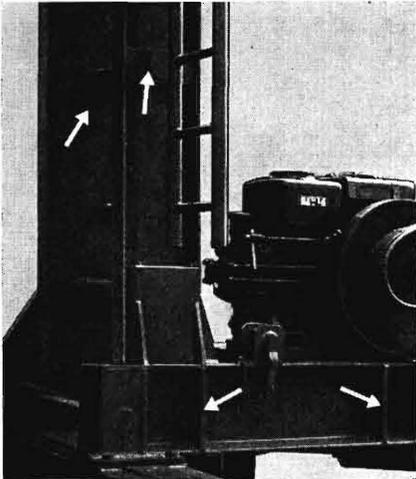


Bild 5.

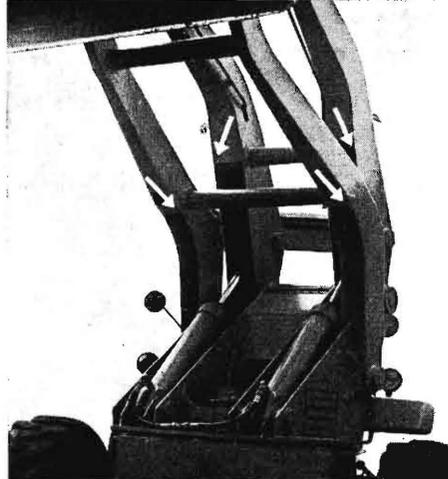


Bild 6.

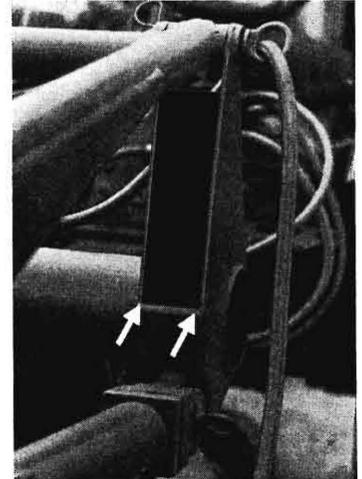


Bild 7.

der Steifigkeit eines Bauteiles sind erfahrungsgemäß — insbesondere bei Verdrehbeanspruchungen — außerordentlich gefährlich.

Auch bei der senkrechten Säule in **Bild 5** scheint ein solcher Fehler gemacht worden zu sein, da zwischen die Flansche der U-Träger Querbleche geschweißt worden sind, die ein Rohr entstehen lassen. Besser sind schon die in dem waagerechten U-Träger senkrecht eingeschweißten Stege.

Auch bei den Armen des Erdbaugerätes in **Bild 6** ist dieser Fehler zu beobachten. Man kann sicher damit rechnen, daß bei der Arbeit des Gerätes in die Hubarme fortlaufend Torsionsbeanspruchungen hineinkommen. Die Ecken der aufgeschweißten Bleche sind also in hohem Maße dauerbruchgefährdet. Bei den Armen des Gerätes in **Bild 7** ist die gleiche Feststellung zu machen.

Wenn bei einer Drillmaschine der Scharhebelträger gegen das U-Eisen des Tragarmes wie in **Bild 8** geschweißt wird, entsteht wieder an der Anschlußstelle das berüchtigte Rohr mit der Bruchgefahr an den Enden der Schweißnähte.

Wenn Profileisen zu einem Rahmenwerk zusammengefügt werden, so muß die Kraft aus dem einen Profil in organischer Weise auf das andere übertragen werden. In **Bild 9** werden die Querschnitte in ganz unorganischer Weise miteinander in Verbindung gebracht. Jeder Profilquerschnitt hat ja seinen bestimmten Charakter, d. h., er kann Kräfte nur in bestimmter Lage aufnehmen und weiterleiten. Man hat nicht den Eindruck, daß der Konstrukteur dieser Maschine sich über solche Gesetzmäßigkeiten Gedanken gemacht hat.



Bild 8.

Bild 9.

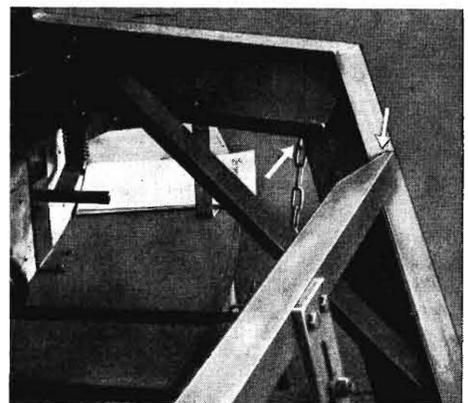


Bild 10.

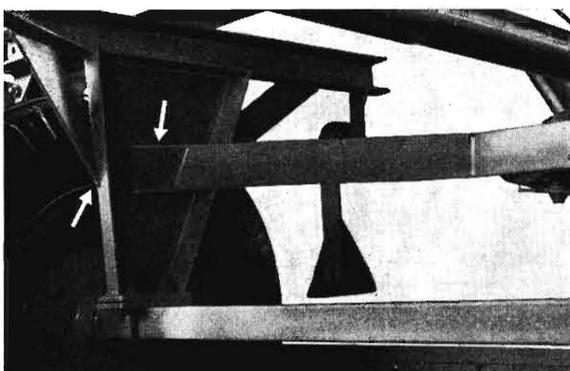
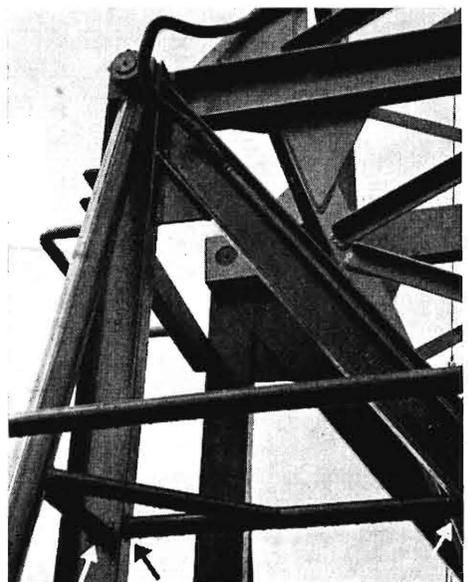


Bild 11.



Bei dem Ackerwagen in **Bild 10** dürfte der Anschluß der Anhängerkupplung an den Achsbock nicht sehr organisch sein; dasselbe gilt für die Seitenverstrebrungen des Achsbockes mit dem Längsträger. Das Flacheisen der Anhängerkupplung schließt in der Mitte des Stegbleches des Achsbockes an, an einer Stelle, die Kraftkomponenten quer zur Fahrtrichtung, also senkrecht zur Blechebene, nur sehr unvorteilhaft aufnehmen kann.

Bei der Konstruktion nach **Bild 11** ist zu bemängeln, daß die runden Rohre recht unmotiviert in der Mitte des Stegbleches von dem senkrechten U-Träger bzw. an dessen Schenkel angeschweißt sind. Das runde Rohr muß die Kraft in solcher Weise

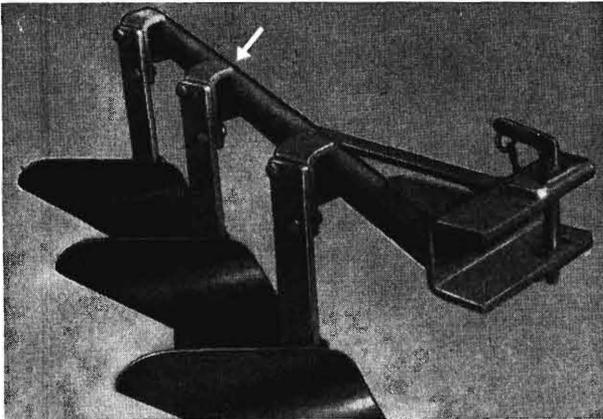


Bild 12.

Gegen den Anschluß der Pflugkörperstiele an das Rohrgrindel in **Bild 12** dürfte nicht viel einzuwenden sein. Die auf den Pflugkörper wirkende Kraft ist windschief zum Rohr gerichtet. Man muß deshalb auf die optimale Lage der Schweißnähte verzichten, die bei Biegebeanspruchung in der neutralen Zone des Rohres liegen würde.

Das Gitterwerk der Säule in **Bild 13** besteht aus Rundeisen, das mit einfachen Schweißraupen in den Ecken der Eckwinkelleisen angeheftet ist. Eine Rechtfertigung dieser Konstruktion kann wohl nur in der Billigkeit sowohl des Rundeisens als auch der Schweißarbeit liegen. Rundeisen ist für Knick- oder Druckbeanspruchung sehr ungünstig, und die Kraftübertragung vom Rundeisen auf die Winkeleisen hält höheren Anforderungen nicht stand.

Das Gitterwerk des Baggers in **Bild 14** besteht aus Winkeleisen, das über Eck auf die Schenkel des U-Eisens geschweißt ist. Im Hinblick auf die ungünstigen Einflüsse, die an den Enden der

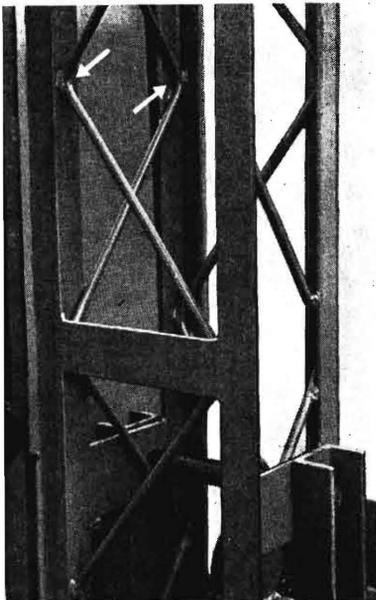


Bild 13.

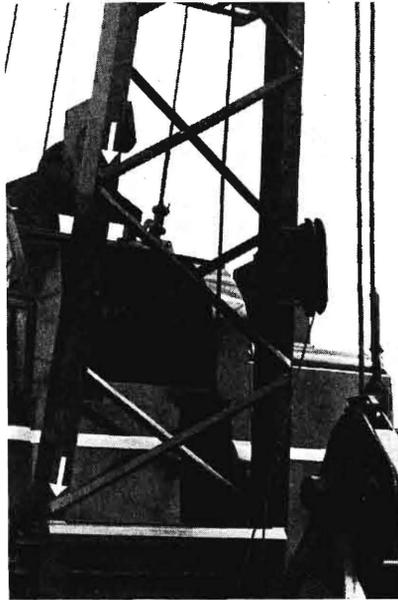


Bild 14.

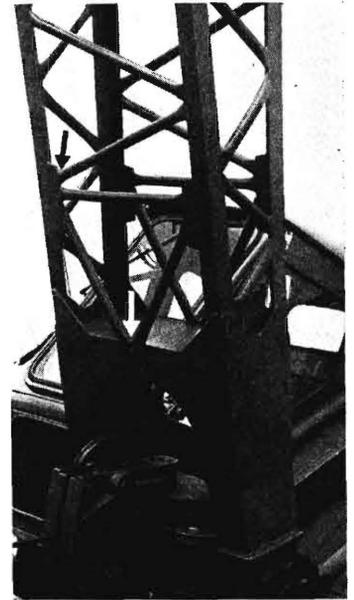


Bild 15.



Bild 16.

an das U-Profil weitergeben, daß nach Möglichkeit dieses Profil als Ganzes angesprochen wird, aber nicht nur der Steg oder nur der Schenkel. Dieser Grundsatz gilt um so mehr, je dünnwandiger die Profile sind.

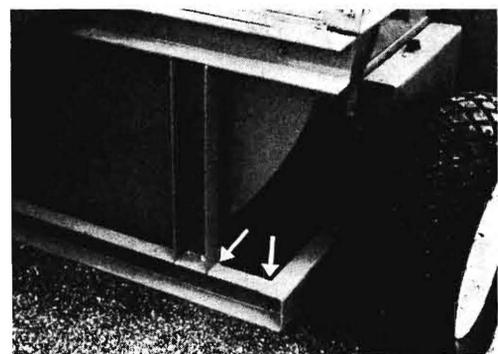


Bild 17.

Schweißnähte entstehen, wenn bei dem Anschluß ein Rohrstück gebildet wird, kann eine solche Konstruktion nicht gutgeheißt werden.

In **Bild 15** besteht das Gitterwerk aus Rohren, die an den Anschlußstellen flachgedrückt sind und stumpf an die Schenkel der senkrechten Winkeleisen angeschweißt wurden. Gegen die Kraftübertragung vom Rohr auf das Winkeleisen ist nichts einzuwenden, ebenso nicht gegen das Flachdrücken der Rohrenden, da bei Druck- oder Knickbelastung der entscheidende Querschnitt ja in der Mitte des Druckstabes liegt.

Die abgefachten Rohre des Gitterwerkes in **Bild 16** stoßen nicht auf die Schenkel der Winkeleisen, sondern sind flach

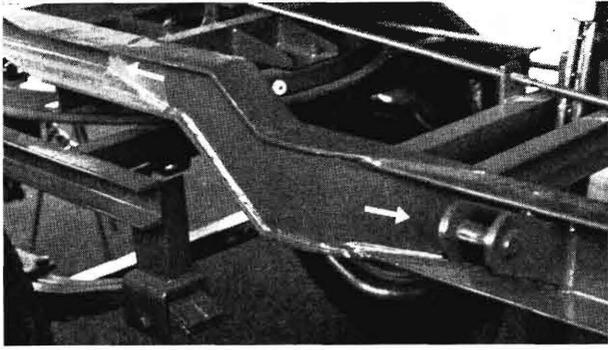


Bild 18.

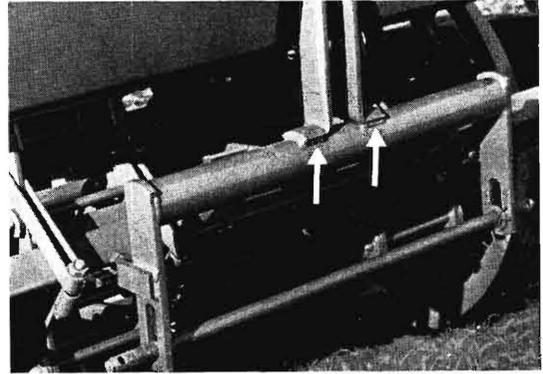


Bild 21.

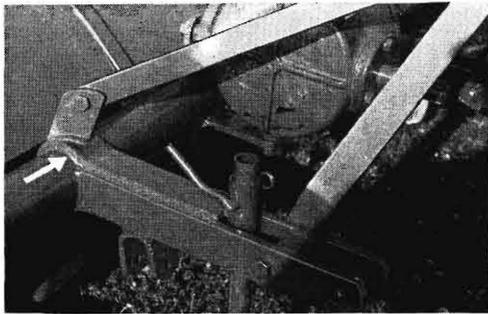


Bild 19.

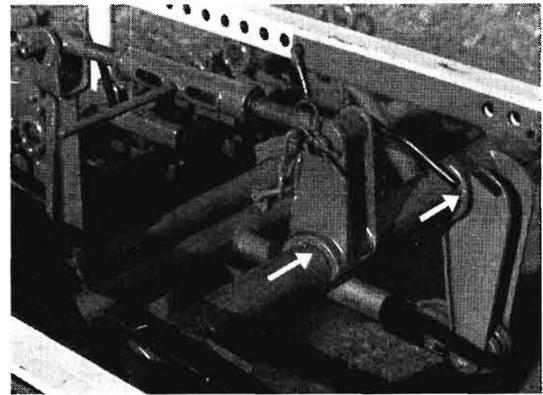


Bild 22.

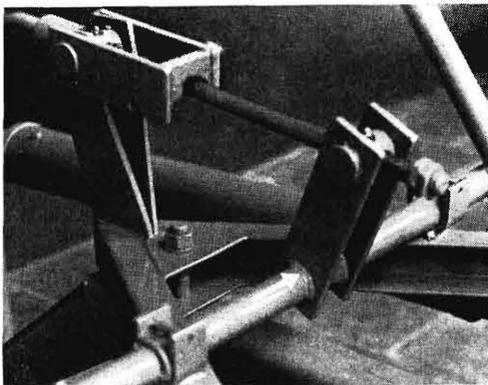


Bild 20.

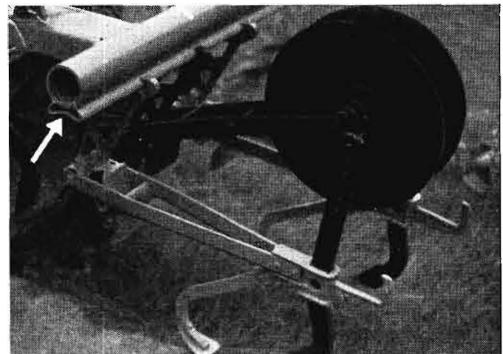


Bild 23.

daraufgelegt. Das hat den Vorteil, daß die Länge der Gitterstäbe nicht so genau angepaßt zu werden braucht und man tauscht dabei wohl auch kaum Mängel in der Festigkeit ein.

Das Maschinengestell in **Bild 17** ist aus U-Eisen zusammengeschweißt. Es kommt nun auf die Größe der Kraft an, die übertragen werden soll, ob diese Konstruktion den Ansprüchen genügen wird. Man stellt fest, daß die Kraft von dem senkrechten U-Eisen in die waagerechten nur durch jeweils einen Flansch eingeleitet wird und nicht in das Profil als Ganzes. Wieweit der Flansch die Kraft in die übrigen Profilteile überleiten kann, hängt von der Wandstärke ab. Warmgewalzte Profile werden das eher tun können als dünnwandige Kaltprofile. Biegekräfte sollten in U-Eisen im Schubmittelpunkt des Profiles, der außerhalb des Steges liegt, eingeleitet werden. Wenn dies nicht geschieht, erfährt das Profil zusätzlich eine Verdrehbeanspruchung. Dünnwandige Profile sind hierfür außerordentlich empfindlich, warmgewalzte Normalprofile weniger. Bei der vorliegenden Konstruktion liegen offenbar die Stege beider U-Eisen in derselben Ebene; wenn die waagerechten U-Eisen auf Biegung beansprucht werden, entstehen in den Ecken des Anschlusses sehr starke Spannungsspitzen. Auch die Ecke des unteren Rahmens kann nicht als besonders günstig angesehen werden. Sie ist räumlich sehr steif und wird bei Torsion die anschließenden U-Profile an ihrer Verformung hindern, was mit Spannungsspitzen verbunden ist. Spannungsspitzen sind bei ruhiger statischer Be-

anspruchung nicht sonderlich gefährlich, aber bei Dauerbeanspruchung gehen von den Spannungsspitzen dann die gefürchteten Dauerbrüche aus.

Der gekröpfte Fahrzeugträger, **Bild 18**, ist an der Kröpfung durch ein eingeschweißtes Stegblech versteift worden. Man hat die Enden des Stegbleches nach dem Steg des U-Trägers zu schräg auslaufen lassen, wodurch man den starken Sprung in der Steifigkeit herabgemildert hat.

Zur Übertragung eines Drehmomentes auf ein Rohr ist ein Arm angeschweißt, der in allen seinen Teilen das Rohr umfaßt, **Bild 19**. Die Kraftübertragung ist also günstig, wenn auch nicht ganz billig. Auch im nächsten Beispiel in **Bild 20** wird das Drehmoment auf das Rohr über den ganzen Querschnitt eingeleitet. Rundherumlaufende Schweißnähte werden von den Schweißtechnikern allerdings nicht besonders gern gesehen, da sie leicht zu Schweißspannungen führen. In **Bild 21** wird die Kraft von dem Hebel auf das Rohr nur durch zwei abgewinkelte Flacheisen übertragen. Wenn dabei auch nicht der ganze Rohrquerschnitt erfaßt wird, so wird doch eine gewisse Fläche des Rohres dazu herangezogen. Der Hebel, der in **Bild 22** das Drehmoment auf das Rohr überträgt, besteht hier aus einem Gußstück, das durch

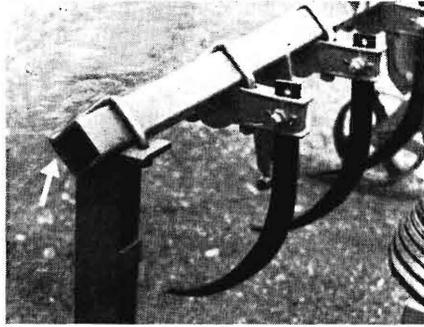


Bild 24.

Strichschweiung mit dem Rohr verbunden ist. Das eigentliche Ziel einer flächenhaften Kraftübertragung wird offensichtlich nicht ganz erreicht.

Bei der Hackmaschine in **Bild 23** besteht der Träger der Scharhebel aus einem Rohr, an das zum Anklammern ein profiliertes Blechstück geschweißt wurde. Man kann sich durch solche Konstruktion sehr wohl helfen, wenn man auch heute wohl an dessen Stelle ein Strangpreprofil verwenden würde. Diese Profile sind gar nicht sonderlich teuer und können in den verschiedensten Formen auch in kleineren Mengen hergestellt werden. Die Querschnitte können offen oder geschlossen sein, müssen sich aber in einem Kreis von 150 mm unterbringen lassen. Auch der Schartr ager in **Bild 24** könnte als Strangpreprofil hergestellt werden.

Zur Verjüngung des Rohrarmes in **Bild 25** ist das Rohr in interessanter Weise gefaltet, sicherlich eine günstige Konstruktion, wenn die entsprechenden Vorrichtungen einmal vorhanden sind.

Bei Hubarmen kommt es häufig vor, daß der Rohrarm an der Kraftangriffsstelleverstarkt werden muß. Dies ist in **Bild 26** in recht günstiger Weise durch eine Blechtasche geschehen, die etwa in der neutralen Zone des Rohres verschweißt wurde.

Wenn in einem Rohrrahmen Knotenpunkte gebildet werden, so ist das oft mit viel Schweiarbeit verbunden, **Bild 27**.

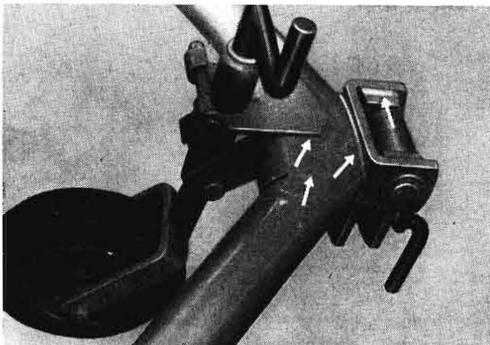


Bild 27.

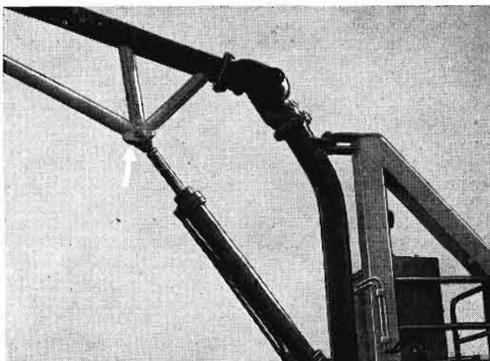


Bild 28.

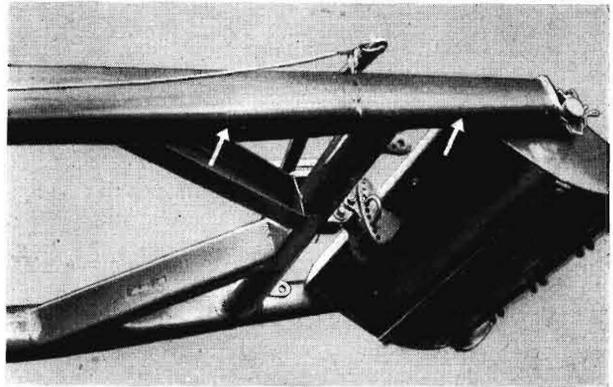


Bild 25.

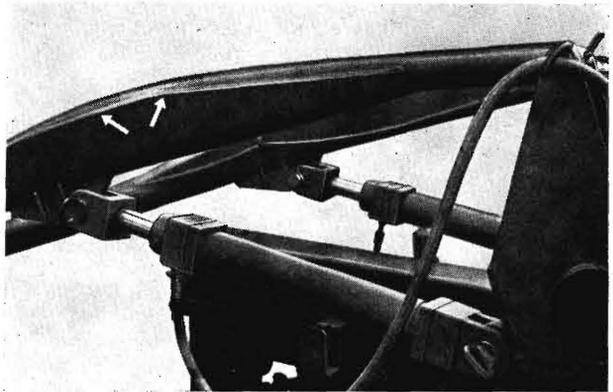


Bild 26.

Man wird in vielen Fällen vorteilhafter den Knotenpunkt als Guß- oder Preßstück ausbilden und die Röhre in geeigneter Weise an dasselbe anschweien.

Durch das Rohr in **Bild 28** wird Flüssigkeit geleitet. Es gilt aber auch gleichzeitig als Tragkonstruktion für den weitauskragenden Arm. Bauteile, die gleichzeitig als Hüll- und Tragkonstruktion eingerichtet werden können, sind in der Regel sehr vorteilhaft. Der Knotenpunkt der Röhre, an dem der Druckstoel der Hydraulik angreift, ist im übrigen als Preteil ausgebildet und erspart viel Anpa- und Schweiarbeit an den einmündenden Röhren.

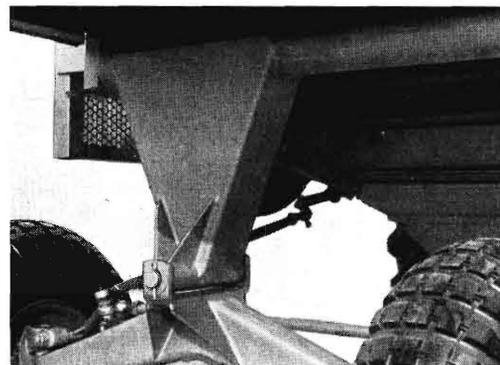


Bild 29.

Der Achsbock eines Mähdreschers in **Bild 29** ist in Blechkonstruktion ausgeführt. Er ist in vorteilhafter Weise oben an das Tragrohr angeschlossen und bildet unten den Drehpunkt für die Schwenkachse.

Wenn diese wenigen herausgegriffenen und bunt zusammengewürfelten Bilder einige Anregungen für das festigkeitsgerechte Konstruieren gegeben haben sollten, so ist die Absicht des Verfassers erreicht.