

Baustil und Beanspruchungen der Landmaschinen

Von Willi Kloth

Wenn man von „Baustil“ spricht, denkt man an etwas Beständiges, an Bauformen, die sich nicht von Tag zu Tag ändern. Von den Bauformen sind in der Technik aber im hohen Maße die Beanspruchungen abhängig, die ihrerseits wiederum den Aufwand an Werkstoff, Gewicht und Preis bedingen. Der Baustil legt also für eine gewisse Zeit diesen Aufwand in weitem Umfange fest und beansprucht deshalb das Interesse der Konstrukteure.

Beim Worte „Baustil“ denkt man zunächst an Bauwerke, an gotische Dome, Barockschlösser, Renaissancebauten, usw. Die Gestalt dieser Bauwerke wird bestimmt von

Zweck,
Material,
geistiger Idee.

Während bei Profanbauten der Zweck im Vordergrund steht, ist es bei kirchlichen oder repräsentativen Bauten die geistige Idee. Bei gotischen Domen sollen durch die Proportionen des Raumes und durch die himmelanstrebenden Pfeiler und Fenster die Gedanken aus den niederen Bereichen des täglichen Lebens in höhere Bezirke geleitet werden. Weltliche Bauten, etwa ein Fürstenschloß, sollen Macht und Reichtum zum Ausdruck bringen, unter Umständen gepaart mit Prunk und Schönheit, und den Betrachter in eine respektvolle Geistesverfassung versetzen.

Daß Zweck und Material von großem Einfluß auf die Gestalt dieser Bauwerke sind, ist jedem Techniker geläufig. Die Gestalt gotischer Dome ist auf das engste mit dem Werkstoff „Stein“ verbunden, die Gestalt eines Funkturmes mit dem Werkstoff „Stahl“.

Es ist interessant, daß die Ausdrucksformen in gewissen Zeiten ein gewisses Schema annehmen. Die Bauformen werden also nicht jedesmal von neuem frei erfunden, sondern die Gestaltung bewegt sich in bestimmten Bahnen. In der Gotik hatten die Baumeister einen gewissen Formenschatz, nämlich Spitzbögen oder bestimmte Proportionen, bei anderen Baustilen ist es ähnlich. Auch in der Malerei und der Musik stößt man auf ähnliche Erscheinun-

gen. Immer, wenn die Verwendung gleichartiger Ausdrucksformen oder Mittel einen gewissen Umfang annimmt oder sich über gewisse Zeiten erstreckt, spricht man von einem „Stil“. Über die tieferen Ursachen dieser merkwürdigen Erscheinung hat man sich in der Psychologie des Stiles Gedanken gemacht. Sie sollen hier nicht weiter ausgeführt werden.

Gewisse Parallelen bestehen zur Mode. Hier steht das spielerische Moment im Vordergrund. Große Ansprüche an Zweck oder an eine Idee werden nicht gestellt. Das gemeinsame liegt darin, daß mehrere Gestalter gleiche Ausdrucksmittel verwenden.

Wie ist es nun in der Technik?

Auch hier gibt es einen Stil, d. h., die Konstrukteure neigen dazu, gleiche Bauformen zu verwenden. Einer der Hauptgründe ist wohl, daß es einfacher ist, Bekanntes und Bewährtes zu übernehmen, als Neues zu erfinden. Die technische Gestalt wird ebenfalls von einer Reihe von Faktoren bestimmt. Faktoren materieller Art stehen dabei im Vordergrund:

Zweck,
Werkstoff,
Herstellungsverfahren,
Kosten, usw.

Auch hierbei liegt ein starker Faktor im Formenschatz, der den Konstrukteuren zur Verfügung steht, sei es von der Ausbildung her, aus der Tradition heraus, aus der täglichen Beobachtung usw.

Starke formenbildende Kräfte stammen aus dem Handwerk. Der Stellmacher schuf die Bauformen des Wagens, der Zimmermann und Tischler die Bauformen der Dreschmaschine, der Schmied die eisernen Achsen, Rahmen und Gestelle. Natürlich gingen die Holzhandwerker von ihrem Vorwerkstoff, dem Holz, aus, das sich leicht in geradlinige Teile zerlegen und aus solchen zusammenfügen läßt. Der Schmied ging aus vom Rund- oder Flacheisen und von seinen Herstellungsmitteln: Feuer, Hammer, Amboß. Sein Vorwerkstoff ist biegsam und knetbar und kann in ganz andere Formen gebracht werden als das Holz.

Wenn einmal solche Bauformen geschaffen sind, halten sie sich sehr lange im Gedächtnis der Konstrukteure. In Amerika sah ich in einem Werk in einer Halle die Herstellung von Pflügen in einem Stil, der vor langen Jahren einmal von Handwerkern geschaffen wurde, denen nur Rund- und Flacheisen sowie Hammer und Amboß zur Verfügung standen, daneben jedoch in einer anderen Halle die Fabrikation von Mähreschern in einem Stil, bei dem der Automobil- und Flugzeugbau Pate gestanden hatten. Die modernen Herstellungsverfahren entsprechen diesem Baustil. Wenn jedoch Pflüge, bei denen die geistigen Wurzeln des Baustils in einem ganz anderen Zeitalter liegen, mit modernsten Fabrikationseinrichtungen und in größeren Stückzahlen hergestellt werden, so empfindet man eine gewisse Disharmonie. Als Entwicklungsgeschichtlich alte Maschinen sind anzusprechen: der Pflug, die Drillmaschine, der Grasmäher, die Dreschmaschine, als entwicklungsgeschichtlich neue Maschinen z. B. die Gebläse und die Mährescher.

Wenn eben von stilbildenden Kräften des Handwerks gesprochen wurde, bei denen die Vorwerkstoffe und die Herstellungsverfahren die wichtigsten Impulse gaben, so muß auch auf einen Einfluß des Hochbaus hingewiesen werden, aus dem die Verwendung von Walzprofilen (I-, U-, L-Profile) stammt. Diese Walzprofile sind leicht zu beschaffen und leicht von der Stange zu schneiden und zusammenzufügen. Im Hochbau, mit seinen ruhenden Lasten und der vorherrschenden Druck- und Biegebeanspruchung, stellt die Verwendung eines Doppel-T-Trägers schon einen technischen Fortschritt gegenüber einem Rund- oder Flacheisen dar. Wenn ein solcher Doppel-T-Träger aber in einer fahrenden Maschine verwendet wird, in der alles andere als eine ruhige Biegebeanspruchung herrscht, nämlich Zug, Druck und Torsion, und alles mit schnell wechselnder und pulsierender Krafttrichtung, so daß gar nicht mehr Gewaltbrüche oder plastische Verformungen im Vordergrund stehen, sondern Dauerbrüche, so muß man zu der Erkenntnis kommen, daß in solchen Fällen Doppel-T-Träger oder auch andere Walzprofile wohl nicht mehr das Optimum darstellen. Während bei den ruhigen Lasten des Hochbaus die Verbindungen dieser Walzprofile kein besonderes Interesse beanspruchten, stehen sie jetzt bei der erhöhten Dauerbruchgefahr in steigendem Maße im Vordergrund.

Die stilbildenden Kräfte sollten also in erster Linie von den Verwendungszwecken und Betriebsverhältnissen herkommen, wozu man wohl auch noch die Herstellungsverfahren rechnen müßte, und nicht aus der historischen Entwicklung mit ganz anderen Voraussetzungen. Wesentlich für die erstgenannten Faktoren sind die Einsichten über die Kraftwirkungen bzw. die mechanischen Spannungen,

welche durch sie ausgelöst werden. Diese Einsichten haben sich gerade in der letzten Zeit wesentlich geändert und vertieft. Bei den meisten Landmaschinen weiß man schon recht gut über Größe, Richtung und Änderungen der Kräfte Bescheid. Auch über die Spannungen in ihren vielerlei Abhängigkeiten von der Gestalt weiß man mancherlei. Das, was fehlt, ist jedoch die Ausnützung dieser Erkenntnisse. Die stilbildenden Kräfte, welche eine Änderung des herrschenden Stiles bewirken können, müssen erst eine solche Größe angenommen haben, daß sie die Beharrungskräfte überwinden können. Wie lange weiß man schon, daß in einem Biegebalken die größten Beanspruchungen in den Außenfasern vorhanden sind, und daß es vorteilhaft wäre, möglichst viel Werkstoff hier zu konzentrieren! Trotzdem verwendet man immer noch massive Achsen, die nach wie vor ein wesentliches Merkmal des Stiles der Fahrzeuge bilden.

Man weiß seit langem, daß man Flacheisen nicht über die flache Kante auf Biegung oder Verdrehung beanspruchen soll. Trotzdem gründet sich auf solchen Einsatz auch heute noch der Baustil der Pflüge und vieler anderer Landmaschinen.

Seit Jahren weiß man, daß die entscheidenden Beanspruchungen einer Maschine in den Ecken der Verbindungsstellen verschiedener Profile, von Krafteinleitungsstellen, usw. auftreten. Trotzdem werden solche Stellen noch ziemlich bedenkenlos in den Formen des alten Baustiles konstruiert. Dies gilt im übrigen nicht nur für den Landmaschinenbau; auch in anderen Gebieten der Technik verwendet man große Mühe und einen erheblichen theoretischen Aufwand für die Berechnung von Trägern und Schalen und sieht nicht, daß die entscheidenden Spannungen in den Ecken gar nicht durch die schwierigen Rechnungen erfaßt werden können.

Daß die Betriebsverhältnisse stilbildende Elemente in sich tragen können, zeigt die Motorisierung, die die Gefahr von Dauerbrüchen wesentlich vergrößert hat. Für eine dauerfeste Konstruktion sind aber die Konstruktionsgesichtspunkte andere als für eine Konstruktion, die nur für statische Belastungen fest sein soll. Ein Dauerbruch kann schon entstehen, wenn in kleinen räumlichen Bezirken hohe Spannungen vorhanden sind, die bei ruhiger Last durch niedriger beanspruchte benachbarte Bezirke abgebaut würden. Damit treten die Spannungsfelder, insbesondere ihre hohen Spitzen und die Mehrachsigkeiten in den Vordergrund. Der Stil erschöpft sich also nicht in der äußeren Gestalt, in der Makrogestalt, sondern es gehören auch die Merkmale in den Mikrobereichen dazu.

Ein besonderes Merkmal des Landmaschinen-Baustiles ist, daß die Maschinen oftmals bewußt

weich konstruiert werden. Dies steht im Gegensatz zu weiten Gebieten des Maschinenbaues, wo eine große Starrheit gefordert wird, z. B. bei Werkzeugmaschinen. Landmaschinen, z. B. Fahrzeuge, müssen sich an die Unebenheiten der Fahrbahn anpassen können. Mäh- und Heumaschinen müssen Hindernissen ausweichen können. Wenn ein solches Ausweichen stattfindet, können hohe Kräfte und damit hohe Beanspruchungen gar nicht erst entstehen. Dieser Baustil ist also zu bejahen. Durch den Luftgummireifen ist er wesentlich gefördert worden. Die günstige Wirkung tritt natürlich nur ein, wenn tatsächlich ein Ausweichen vor einem Hindernis möglich ist. Dies gilt aber kaum, wenn z. B. ein Hufeisen in ein Mähmesser gerät.

Durch eine nachgiebige Bauweise dürfen auch keine zusätzlichen Beanspruchungen auftreten, etwa ein Ecken von Lagern, Störungen im Eingriff von Zahnrädern, usw. Auch darf die Weichheit keine Schwingungen begünstigen.

Ein anderes Merkmal des heutigen Landmaschinenbaustiles sind ein großes Spiel oder Ungenauigkeiten, die aus Gründen der Lohnersparnis von der Fertigung herrühren. Alle Messungen der letzten Jahre haben immer wieder gezeigt, daß dadurch die Beanspruchungen außerordentlich stark erhöht werden können. Die Teilungsfehler von rohen Zahnrädern ergeben oft Massenkräfte, die um ein Vielfaches höher sind als die eigentlichen Betriebskräfte. Ähnliches gilt von Stößen, die durch ein großes Lagerspiel verursacht werden. Hier steckt ein Pferdefuß, wenn das Bestreben nach Einsparung in der Fertigung zu groß ist.

Man muß es als ein besonderes Stilmerkmal der Landmaschinen ansprechen, wenn man sich über die Massenkräfte großzügig hinwegsetzt. Bei vielen Maschinen treten hin- und hergehende Be-

wegungen auf, aber nur selten findet man Vorkehrungen, um die schädlichen Massenkräfte zu verringern oder auszugleichen. Sie sind die Ursachen vieler Brüche, Abnützungen oder von Überdimensionierungen.

Zusammenfassung

Es ist richtig, daß bei den Landmaschinen die Kosten eine wichtige Rolle spielen. Um so mehr muß aber der Konstrukteur überlegen, wo er mit Verantwortung sparen kann.

Der heutige Baustil ist stark auf das Lohnsparen abgestellt, trotzdem die Werkstoffkosten 3- bis 10mal höher sind. Die geringsten Werkstoffkosten ergeben sich keineswegs immer bei demjenigen Werkstoff, der in der Gewichtseinheit am billigsten ist.

Die Großzügigkeit in Bezug auf Spiel, Ungenauigkeit, usw. spart oft nur scheinbar Kosten, da höhere Kräfte eine stärkere Dimensionierung verlangen bzw. höheren Verschleiß ergeben. Ein echtes Kosten sparen geschieht durch sorgfältige Werkstoffauswahl, sorgfältige Kräftebehandlung und sorgfältige Formgebung.

Viele Landmaschinen werden heute noch in einem Stil gebaut, der den Forderungen nach den günstigsten Beanspruchungen nicht entspricht. Die Konstrukteure sollten sich klar werden, daß der Baustil nichts Unabänderliches ist, sondern sich entsprechend neuer Erkenntnisse, neuer Fertigungsmethoden usw. weiterentwickelt. Schon das Bewußtsein, unter dem Gesetz eines bestimmten Baustiles zu arbeiten, und die Erkenntnis, daß die Tendenzen, welche eine Änderung des Baustiles auslösen, erst eine gewisse Stärke erreicht haben müssen, dürfte eine schnellere Anpassung des herrschenden Baustiles an die neueren Einsichten begünstigen.

Eingegangen am 11. 12. 1957

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. W. Kloth, (20 b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft