

satzbedingungen und Arbeitsorganisation. Am Beispiel des Abbunkerns soll nochmals ein Problem der Ausnutzung des vorhandenen Leistungsvermögens näher erläutert werden.

Das Abbunkern des Getreides im Stand erfordert beim MD E 512 je nach Ertrag 10 bis 15 % der Durchführungszeit T_{04} . Wird dabei noch auf am Feldrand stehende Transportfahrzeuge abgebunkert, erhöht sich dieser Anteil durch die zusätzlich notwendig werdenden Leerfahrzeiten auf 20 bis 25 %. Die erreichte Leistung kann dadurch bis zu einem Viertel unter der in der gleichen Einsatzzeit erreichbaren liegen. Da der MD E 512 die Möglichkeit bietet, relativ einfach auf nebenherfahrende Transportfahrzeuge abzubunkern, würde obige Organisationsform einer hohen Ausnutzung des vorhandenen Leistungsvermögens entgegenstehen.

Trotzdem nicht unter allen Bedingungen ein Abbunkern während der Fahrt möglich ist (z. B. beim Anmähen) hat die Staatliche Prüfung des MD E 512 1967 gezeigt, daß der Zeitanteil für das Abbunkern an der Durchführungszeit bis auf etwa 2 % gesenkt werden kann [2]. Die Ergebnisse der Staatlichen Prüfung weisen aber auch aus, daß durch keine andere technische oder organisatorische Maßnahme beim Mähdeschereinsatz ein derart hoher Leistungszuwachs er-

reichbar ist. Das Abbunkern während der Fahrt sollte deshalb beim Einsatz des MD E 512 grundsätzlich angewendet werden.

4. Zusammenfassung

Die Zusammenhänge zwischen den Körnerverlusten und der Durchsatzleistung bei verschiedenen Getreidearten für den MD E 512 werden dargestellt. Daraus leiten sich Flächen- und Körnerleistungen bei unterschiedlichen Korn- und Stroherträgen ab.

Am Beispiel des Abbunkerns wird auf die Wahl der richtigen Organisationsform beim Mähdeschereinsatz hingewiesen.

Literatur

- [1] o. V.: Werkerprobungsberichte Mähdescher E 512 des VEB Kombinat „Fortschritt“ Landmaschinen, Neustadt/Sa., 1965 und 1966 (unveröffentlicht)
- [2] GÄTKE, R. / H. RUNGER: Prüfbericht Mähdescher E 512 der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim 1967
- [3] PINKAU, H. / D. PREUSS: Die komplexe Darstellung der leistungsbeeinflussenden Faktoren als Hilfsmittel bei der Auswahl von Maschinenparametern. Deutsche Agrartechnik 17 (1967) H. 10, S. 477 bis 480

Dipl.-Ing. K. OLIVA, KDT /
Dipl.-Ing. D. OHL / Dipl.-Ing. H. ROSNER

Einige Probleme der Dimensionierung des Mähdeschers E 512

1. Vorbemerkungen

Die zu schwach ausgelegten Stellen einer Konstruktion lassen sich bei der Prüfung einer Anzahl von Mustern feststellen, dagegen sind die überdimensionierten Bauelemente einer fertigen Konstruktion relativ schwierig zu ermitteln. Jede Überdimensionierung an einer Landmaschine erfordert Mehrkosten bei der Herstellung und erhöhte Betriebskosten beim Einsatz.

Trotz der kurzen Entwicklungszeit für den MD E 512 wurden die Probleme der Überdimensionierung unter Beachtung des ersten ökonomischen Gesetzes für eine Konstruktion („nur so viel Aufwand wie notwendig“) behandelt. Überdimensionierungen müssen zur Gewährleistung der Wettbewerbsfähigkeit des Erzeugnisses genau so ausgeschlossen werden wie Unterdimensionierungen aus Haltbarkeitsgründen.

Am Beispiel des Maschinengestells des MD E 512 sei dargestellt, wie diese Problematik bearbeitet wurde. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Fragen der Berechnung. Fragen der Gestaltung und der Haltbarkeitsprüfung sollen nur erwähnt werden, soweit es die Vollständigkeit erfordert.

In Vorbereitung für die konstruktive Bearbeitung wurden im wesentlichen zwei Probleme behandelt. Einmal fand eine intensive Analyse der vorhandenen Vergleichserzeugnisse statt, um die vorbildlichen Merkmale der Gestaltung sowie die Schwachstellen zu ermitteln. Des weiteren erfolgten durch das Institut für Leichtbau Dresden umfangreiche Messungen der äußeren Kräfte an den Triebbrädern und der Lenkachse unter typischen Einsatzbedingungen an einem Prinzipmuster des E 512.

2. Lastannahmen für die Festigkeitsberechnung

An ausgewählten Stellen der Achsen angebrachte Dehnmeßstreifen dienten dazu, die Dehnungen zu messen. Die Auswahl der Stellen erfolgte so, daß im wesentlichen nur Dehnungen von jeweils einer Kraftkomponente aufgenommen wurden. Nach der statischen Eichung jeder Meßstelle ließen sich die mit einem Direktreiber registrierten Dehnungsverläufe auswerten und in Radkräfte umrechnen.

Als Ergebnis der statistischen Auswertung der Meßschriebe von 5 Meßstellen an der Triebachse und 4 Meßstellen an der

Lenkachse lagen Radkräfte in Form von Kurven der relativen Häufigkeitssummen für alle zu berücksichtigenden Einsatzbedingungen vor. Zur Auswertung dieser sogenannten Einzellastkollektive wurde ein Verteilerschlüssel erarbeitet, der die zeitlichen Anteile der verschiedenen Einsatzbedingungen entsprechend den praktischen Verhältnissen festlegt. Mit Hilfe dieses Verteilerschlüssels ermittelte man aus den Einzellastkollektiven die Gesamtlastkollektive für alle Meßstellen. Da sich bei der Auswertung der Meßschriebe auch die mittlere Stoßhäufigkeit für jede Radkraftkomponente bestimmen ließ, waren somit wesentliche Voraussetzungen für die Aufstellung von Lastannahmen für Festigkeitsberechnungen gegeben. Entsprechend dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse über die Vorausberechnung der Nutzungsdauer von betriebsmäßig belasteten Teilen wurde für das Maschinengestell die statische Belastung berücksichtigt.

Bei einigen Baugruppen am Maschinengestell erfolgte zusätzlich eine Nachrechnung der Dimensionierung auf Dauerfestigkeit. Zur Ermittlung von Belastungswerten für die Dauerfestigkeitsberechnung aus Lastkollektiven diente eine im VEB Kombinat Fortschritt erarbeitete Anordnung über Belastungsannahmen und erforderliche Sicherheiten. Diese Richtlinie legt — abhängig vom jeweiligen Kollektivumfang und der Kollektivform — eine Erwartungswahrscheinlichkeit für die bei der Dauerfestigkeitsberechnung zu verwendende Belastung fest. Derartige Dauerfestigkeitsberechnungen wurden für die Triebachse und die Lenkachse des Mähdeschers durchgeführt.

Die Abt. Betriebsfestigkeit des Instituts für Leichtbau wertete aus den Betriebsmessungen die für die statische Berechnungsmaßgebenden Lastfälle aus. Dabei wurden die Radkraftkombinationen bei extremen Fahrzeugzuständen entsprechend der Erfahrung mit anderen Fahrzeugen aufgestellt.

Bei der Festlegung der für die einzelnen extremen Lastfälle maßgeblichen Radkräfte ergab sich unter Berücksichtigung der zu erwartenden Lastspielzahlen eine erforderliche Erwartungswahrscheinlichkeit von 99,996 %.

Da die für die statischen Lastfälle wesentlichen Einzellastkollektive (z. B. Geradeausfahrt im 3. Gang bei Maximalgeschwindigkeit auf schlechtem Feldweg) etwa bei 10% der Gesamteinsetzzeit auftreten, konnte man die statischen Radkräfte direkt aus diesen Einzellastkollektiven bei 99,96% Erwartungswahrscheinlichkeit entnehmen. Dabei wurde angenommen, daß diese Kräfte für den Fall eines repräsentativen Gesamtlastkollektivs der gewünschten Erwartungswahrscheinlichkeit von 99,996% entsprechen.

In den aufgestellten Grundbelastungsfällen fanden im wesentlichen folgende extreme Belastungszustände Berücksichtigung: Fahrt durch tiefe Schlaglöcher mit und ohne seitliche Beschleunigung, Geradeausbremsung, Lenkbremsung und Fahrt mit der Lenkachse durch eine tiefe Querrinne. Zum Beispiel repräsentiert der Lastfall 2 eine Beanspruchung durch einen Vertikalstoß vorn und hinten gleichzeitig mit einem Stoßfaktor $n = 1,8$ und einem zusätzlichen Seitenstoß von $n = 0,35$ bei angebautem 5,7-m-Schneidwerk und vollem Kornbunker. Dieser Lastfall entspricht etwa der Fahrt auf einer Schlaglochstrecke mit einer Geschwindigkeit von 10 bis 15 km/h, wenn die vertikalen Stöße am rechten und am linken Triebwerk abwechselnd auftreten.

In der mit den Grundbelastungsfällen durchgeführten statischen Berechnung wurden dann die Radkräfte durch Massenkräfte und Massenmomente im Schwerpunkt der Maschine ins Gleichgewicht gesetzt. Diese Trägheitskräfte wurden anschließend auf die wichtigsten Teilmassen verteilt. Ein Schema der Massenordnung des MD E 512 zeigt Bild 1. Unter Berücksichtigung der konstruktiven Gestaltung und des Anschlusses der Massen an den Rahmen ließen sich somit die an das Maschinengestell angreifenden Kräfte berechnen.

Die Grundbelastungsfälle wurden später durch kombinierte Kräfte- und Spannungsmessungen bei der Werkerprobung eines Fertigungsmusters überprüft.

Im Ergebnis dieser Messungen konnten die Meßfehler der ersten Messungen besser abgeschätzt und die aufgestellten Grundbelastungsfälle durch weitere Kräftekombinationen, die das dynamische Verhalten der Maschine im Einsatz genauer beschreiben, ergänzt werden. Insbesondere wurden Radkräfte bei Geradeaus- und Lenkbremsung genauer formuliert. Diese Untersuchungsergebnisse stellen wichtige Grundlagen für die Entwicklung weiterer selbstfahrender Landmaschinen dar.

3. Die Konstruktion und das statische System des Maschinengestells

Das Maschinengestell wurde ausgeführt als Konstruktion aus offenen, verschweißten Profilen, die durch aufgepunktete Bleche verbunden sind, um geschlossene schubsteife Wände zu erhalten. Entsprechend Bild 2 besteht das Maschinengestell aus zwei vertikalen seitlichen Schubwänden *a*, einer geschlossenen Oberwand *b*, gebildet aus Kornbunkerboden, Abdeckblechen und Motorwanne und demzufolge gleichfalls als schubsteif anzusehen, einer aus Funktionsgründen offenen Unterwand *c* und den erforderlichen Querwänden (Spant 1, *d*; Spant 4, *e*). Die Unterwand ist ein aus Längs- und Querträgern bestehendes Rahmengerüst, das zur Erhöhung der Schubsteifigkeit im Vorderfeld eine Diagonale erhielt.

Triebachrohr und Lenkachsträger bilden in diesem Rahmen besonders steife Anschlußquerverbindungen.

Die als tragend anzusehenden Querwände Spant 1, *d* und Spant 4, *e* sind so weit als möglich auseinandergerückt, um ihre Wirksamkeit infolge des dann größer werdenden Hebelarms der inneren Kräfte zu erhöhen. Während es bei Spant 4, *e* verhältnismäßig leicht fiel, eine große Steifigkeit in der Spantebene zu erzielen, machten sich beim Spant 1, *d* auf Grund der äußerst beengten räumlichen Verhältnisse Kompromisse erforderlich.

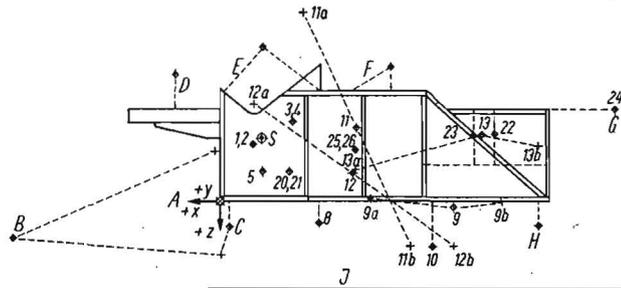


Bild 1. Verteilung der Teilmassen und Anschluß an das Maschinengestell beim MD E 512; A Fahrtrichtung, B Schneidwerk, C Triebachse, D Fahrersitz, E Bunker, F Motor, G Schütlerhaube, H Lenkachse, J Boden

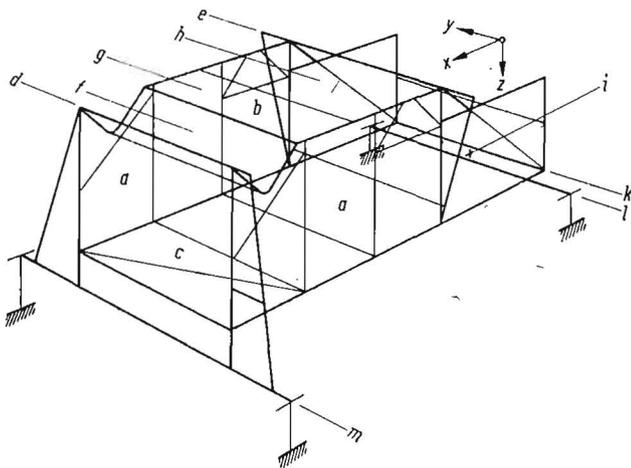


Bild 2. Statisches System des Maschinengestells vom MD E 512; a seitliche Schubwände, b Oberwand, c Unterwand, d Spant 1, e Spant 4, f Kornbunkerboden, g Abdeckbleche, h Motorwanne, i Pendelpunkt, k Lenkachsträger, l Lenkachse, m Triebachse

Die vorgegebene Lage der Funktions- und Antriebs-elemente ermöglichte es nicht immer, aus den senkrechten Stäben der Seitenwände und den Querstäben der Ober- und Unterwand geschlossene Rahmengerüste zu erzeugen. An mehreren Stellen mußten an den Ober- und Untergurten senkrechte Stäbe und Querstäbe versetzt angeordnet werden. Derartige Kompromisse lassen sich nur durch umfangreiche Abstimmung zwischen der Auslegung der Funktionselemente und des Tragwerks weitestgehend ausschalten. In kritischen Fällen ist jedoch die sichere Funktion gegenüber der optimalen Gestaltung und damit der günstigsten Dimensionierung vorrangig.

Seitenwände, Ober- und Unterwand, Spant 1 und Spant 4 bilden eine torsionssteife Röhre, die man für die Ermittlung der Schnittkräfte als räumlich statisch bestimmtes Rahmengerüst auffassen kann. Sie ist in der Lage, alle Elemente des Dreschwerks an ihren koordinatenmäßig festgelegten Punkten zu fixieren. Die Notwendigkeit dazu ergibt sich aus der Forderung, das Auftreten von Verschiebungen und Verdrehungen an den Lagerstellen der Dreschwerkselemente zu vermeiden, um so eine einwandfreie Funktion des gesamten Dreschwerks zu ermöglichen. Die Radkräfte werden über eine Dreipunkt-lagerung, die repräsentiert wird von den Triebrädern und dem Pendelpunkt an der Lenkachse, in das Maschinengestell eingeleitet. Der Mähdrescher kann somit jeder Bodenunebenheit folgen, ohne daß im Tragwerk Zwängungen entstehen.

4. Festigkeitsberechnung

Die auf Grund der unterschiedlichsten Fahrzustände am Maschinengestell angreifenden Kräfte lassen sich zu symmetrischen und asymmetrischen Lastfällen zusammenfassen.

Symmetrische Lastfälle resultieren im wesentlichen aus Fahrbahnstößen in x- und z-Richtung. Sie beanspruchen primär die seitlichen Schubwände und sekundär die Querverbindungen sowie die Ober- und Unterwände. Die Ursache der sekundären Beanspruchung liegt in der zur Längsachse des Mähdreschers asymmetrischen Massenverteilung und der symmetrischen Dreipunktlagerung des Maschinengestells. Die asymmetrischen Lastfälle infolge von Fahrbahnstößen in y-Richtung haben eine umgekehrte Beanspruchungscharakteristik.

Zur Bestätigung des theoretisch erarbeiteten Tragverhaltens des Maschinengestells wurde ein Modell im Maßstab 1 : 3,33 hergestellt. Die damit durchgeführten Belastungsversuche bewiesen qualitativ die Richtigkeit des Gedankenmodells.

Da jede Scheibe des räumlich statisch bestimmt aufgefaßten Rahmensystems in ihrer Ebene mehrfach statisch unbestimmt ist, waren umfangreiche numerische Berechnungen anzustellen. Am Beispiel der Unterwand und des Spantes 1 soll das gezeigt werden.

Die Unterwand ist unter Berücksichtigung der biegesteifen Anschlüsse 12fach innerlich statisch unbestimmt. Die Aufgabe war, dieses 12fach statisch unbestimmte System für 5 Lastfälle zu berechnen, um durch Variation von Stabsteifigkeiten eine möglichst optimale Spannungsverteilung zu erreichen. Die Ermittlung der Schnittkräfte erfolgte nach dem Matrizenkraftgrößenverfahren [1], das für eine Bearbeitung auf elektronischen Datenverarbeitungsanlagen aufbereitet ist. Die Rechnung wurde auf dem programmgesteuerten Rechenautomat National Elliott 503 am Institut für Datenverarbeitung durchgeführt. Der Bearbeitungszeitraum ließ sich so in vertretbaren Grenzen halten. Dabei stellte sich heraus, daß unter Zugrundelegung einer Werkstoffgüte St 38u-2 für den Gurtwinkel 60 · 60 · 6 an der kritischen Stelle eine rechnerische Sicherheit von $S = 0,85$ gegen Erreichen der Biege-

streckgrenze vorlag. Der Einsatz des höherfesten Baustahles St 52-3 ergab dann eine ausreichende Sicherheit von $S = 1,4$.

Zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführte Spannungsmessungen an diesen Stellen unter ungefähr den gleichen Bedingungen, wie sie der Rechnung zugrunde liegen, bestätigten in recht guter Weise die Größenordnung der kritischen Spannungen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß in jedem Fall versucht wurde, Rechenergebnisse durch Versuche am fertigen Gerät zu bestätigen.

Wie oben erwähnt, war die konstruktive Durchbildung des Spants 1 mit gewissen Schwierigkeiten verbunden. Eine erste Variante mit gleichen Diagonalen rechts wie links zeigte bei ihrer Durchrechnung — es handelt sich um ein 15fach innerlich statisch unbestimmtes System — unzureichende Sicherheiten (min. $S = 0,5$). Eine Maschine in diesem Rüstzustand bestätigte bei Probefahrten auf einer extrem harten Teststrecke die Rechenergebnisse. Eine zweite Variante mit wirkungsvoller gestalteter rechter Diagonale und Reduzierung der durch Exzentrizitäten an den Knotenpunkten entstehenden Zusatzmomente ergab für die gleichen Belastungsverhältnisse Sicherheiten in der Größenordnung von $S = 1,56$ und damit etwa die dreifachen Sicherheitswerte der Variante 1.

Bei den dargestellten Tragwerkscheiben Unterwand und Spant 1 ließ also die Kombination von theoretischen und experimentellen Untersuchungen konstruktive Lösungen finden, die den auftretenden Betriebsbeanspruchungen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit genügen und bei denen keine Überdimensionierungen vorliegen. In ähnlicher Weise wurde bei den anderen Baugruppen des Maschinengestells verfahren.

Literatur

[1] GERBETH, H.: Matrizenkraftgrößenverfahren zur Berechnung hochgradig statisch unbestimmter Systeme. IFL Dresden, 1964 A 7254

Dr. H. BUNGE, KDT

Methodische Hinweise für die Instandhaltungskostenprognose, dargestellt am Mähdrescher E 512

1. Einleitung

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Landwirtschaft ist die entscheidende Aufgabe, an der sich alle Maßnahmen der Betriebsorganisation und der Technisierung orientieren müssen. Im allgemeinen geht die Steigerung der Arbeitsproduktivität einher mit einem ständig fortschreitenden Ersatz von lebendiger Arbeit durch technische Hilfsmittel. Dabei kann von einer wirklichen Steigerung nur gesprochen werden, wenn der zusätzliche Aufwand an vergegenständlichter Arbeit je Erzeugniseinheit geringer ist als die eingesparte lebendige Arbeit. Im Rahmen dieser Entwicklung ergibt sich gegenwärtig eine völlige Neukombination von lebendiger und vergegenständlichter Arbeit, die zwangsläufig zu einer Veränderung der Selbstkostenstruktur in der Landwirtschaft führt. Mit fortschreitender Technisierung nehmen die Kosten für den Maschinenbesatz rapide zu. 400, 600, ja sogar 800 M je ha LN sind keine Seltenheit.

Zu einem ganz entscheidenden Element der Einsatzkosten haben sich die Instandhaltungskosten entwickelt (Tafel 1).

Tafel 1. Prozentualer Anteil der Kosten für Instandhaltung und Abschreibung an den Gesamtkosten des Maschineneinsatzes in der LPG Z

Untersuchungsjahr	Instandhaltung	Abschreibung
1960	38,5	13,7
1961	43,6	13,1
1962	44,5	13,7
1963	41,0	14,0
1964	42,3	12,9
1965	42,6	12,4
Durchschnitt	42,2	13,3

Aus Tafel 1 ist zu erkennen, daß die Instandhaltungskosten die Kosten der Abschreibungen um ein Mehrfaches übersteigen. Diese Relation führt logisch zu der Erkenntnis, daß Qualität und Verschleißverhalten die Kosten des Maschineneinsatzes stärker beeinflussen als der Preis. Das gilt insbesondere im Zusammenhang mit der hohen Kapazitätsauslastung im sozialistischen Landwirtschaftsbetrieb und in zunehmendem Maße mit der Entwicklung von Kooperationsbeziehungen. Die hohen Instandhaltungskosten werden im wesentlichen durch drei Komponenten bedingt: Hersteller, Anwender und Instandhaltungswesen.

Nach dem gegenwärtigen Stand unserer Erkenntnisse ist es nicht möglich, den Einfluß der einzelnen Komponenten kostenwirtschaftlich voneinander abzugrenzen, deshalb behandeln wir die Instandhaltungskosten als einheitlichen Komplex.

Über den Umfang der Instandhaltungskosten gibt es eine ganze Reihe von Veröffentlichungen, die wichtigsten davon sind in [1] berücksichtigt. Trotzdem ist es so, daß Untersuchungsergebnisse über Umfang, Struktur und zeitlichen Verlauf der Instandhaltungskosten im allgemeinen erst Jahre nach dem Serienanlauf zur Verfügung stehen. Wichtige Aussagen über Verschleißverhalten, Betriebssicherheit, Wertigkeit im Vergleich zu Weltspitzenerzeugnissen, voraussichtlichen Ersatzteilbedarf und vor allem über den ökonomischen Nutzeffekt einer Maschine sind aber nur möglich, wenn ein guter Überblick über die zu erwartenden Instandhaltungsmaßnahmen und deren Kosten schon vor Aufnahme der Serienfertigung besteht.

Für die Voraussage der zu erwartenden Instandhaltungskosten kann man sich verschiedener Methoden bedienen.

Beispielsweise ist es möglich, die Gesamtkosten der Instandhaltung summarisch einzuschätzen. Dieser Weg erscheint sehr einfach, er führt