

Entwicklungstrend und neue Aufgaben für Gelenkwellen und Überlastkupplungen an Landmaschinen

Von **Hubert Geisthoff**, Siegburg-Lohmar¹⁾

Die Schlepper- und Gerätekonstruktionen und die vielfältigen landwirtschaftlichen Arbeitsverfahren stellen bestimmte, dem allgemeinen Entwicklungstrend angepaßte Anforderungen an Gelenkwellen und Überlastkupplungen. Auf die Lage der schlepper- und geräteseitigen Gelenkwellenanschlüsse wird unter Berücksichtigung der Gelenkkinematik, der verschiedenen Anhäng- und Anbauarten für Landmaschinen, des erforderlichen Freiraumes, der Schutzverkleidungen und der Überlastkupplungen unter Hinweis auf das vergangene und gegenwärtige Bemühen näher eingegangen. Auf die vielen Anpassungsmöglichkeiten, wie sie Gelenkwellen und Überlastkupplungen bieten, wird anhand von Beispielen hingewiesen. In gemeinsamen Bemühungen von Schlepper-, Gelenkwellen- und Geräteherstellern können dem Entwicklungstrend entsprechende wirtschaftliche Lösungen gefunden werden.

Das Kreuzgelenk ist das älteste und verbreitetste Bauelement für Gelenkwellen zur Übertragung von Drehmomenten bei bestimmten Drehzahlen und Ablenkungswinkeln. Es wird bereits um 1920 verwendet, als der ursprünglich für schwere Zug- und Transportarbeiten entwickelte Schlepper zur Acker-schiene eine Zapfwelle bekommt, die sich besonders vorteilhaft für den Antrieb von Bindemähern erweist. Gleichlaufend mit der Entwicklung der Schlepper und Geräte läuft auch die Entwicklung für die Anschlußelemente und die der Kraftübertragungselemente.

Die stetig zunehmende Zahl der Zapfwellengeräte, die unterschiedlichen Anhäng- bzw. Anbauarten, wie Zugmaul, Zug-haken, Ackerschleife, Zuppendel, Dreipunkt-kupplung und Seitenanbau, die verschiedenen Antriebsarten der Zapfwelle, die Getriebezapfwelle, Wegzapfwelle, Motorzapfwelle und die hinzukommende freie Motorzapfwelle und die Zapfwellenausführungen mit 540 und 1000 U/min stellen unterschiedliche Anforderungen an die Gelenkwelle. Die Grundforderung, jeden Schlepper mit jedem Gerät ohne Änderung bzw. Austausch von Teilen koppeln zu können, zwingt aufgrund der vielen Kombinationsmöglichkeiten zur besonderen Beachtung der Gelenkwellenanschlüsse zu den anderen Koppelpunkten.

Die folgenden Ausführungen berücksichtigen nur Gelenkwellenfragen. Stützlasten, Zugkraft, Lenksicherheit, Kippmomente und sonstige durch die unterschiedlichen Kopplungsarten verursachte Beeinflussungen sollen hier unberücksichtigt bleiben.

Bewegungsverhältnisse und Aufbau einer Gelenkwelle und die Auswirkungen

Die Bewegungsübertragung bei Kreuzgelenken erfolgt mit größer werdendem Beugungswinkel α zunehmend ungleichförmiger, **Bild 1**. Das Über- bzw. Untersetzungsverhältnis — das Kreuzgelenk stellt je nach Drehstellung, also periodisch wechselnd, ein Über- bzw. Untersetzungsgetriebe dar — ist bei großen Beugungswinkeln α so groß, daß es bei der Festlegung der Gelenkwellenanordnung nicht unbeachtet bleiben darf.

Die steigenden Schlepperleistungen und die auf die verfügbare Antriebsleistung abgestimmten Geräte erfordern Gelenke mit immer größer werdendem Rotationsdurchmesser d_R . Die konstruktionsgebundene, für den Längenausgleich nicht nutzbare Verlustlänge wird ebenfalls größer, **Bild 2**.

1) Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Stuttgart am 26. Oktober 1966.

Ingenieur Hubert Geisthoff ist Leiter der Entwicklungsabteilung in der Firma Walterscheid KG, Siegburg-Lohmar/Rhld.

Die verbleibende theoretische Teleskoplänge wird $l_{Te1} = l_{min} - (l_1 + l_2) = l_{min} - l_{Ver1}$ und $l_{max} = l_{min} + l_{Te1}$. Bei der ausgeführten Gelenkwelle ist die erforderliche Mindestüberlappung sowie der Gelenkwellenschutz zu berücksichtigen. **Bild 3** läßt die Verlustlänge l_{Ver1} der aus zwei Gelenken bestehenden Gelenkwelle in Abhängigkeit vom Rotationsdurchmesser d_R der Gelenke erkennen, die bei der Festlegung der Einbaulänge zu beachten ist. Der durch die gestrichelten Linien abgegrenzte Bereich entspricht den gebräuchlichen Baugrößen.

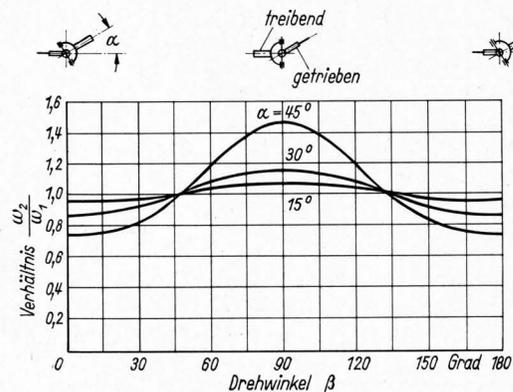


Bild 1. Verhältnis ω_2/ω_1 für ein Kreuzgelenk in Abhängigkeit vom Drehwinkel β .

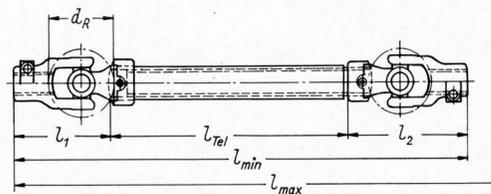


Bild 2. Für den Längenausgleich nicht nutzbare Länge $(l_1 + l_2)$ einer Gelenkwelle.

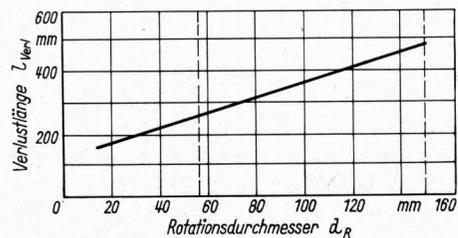


Bild 3. Verlustlänge $l_{Ver1} = l_1 + l_2$ einer Gelenkwelle in Abhängigkeit vom Rotationsdurchmesser der Gelenke.

Bild 4 zeigt die Abhängigkeit des mittleren Dauerdrehmoments vom Rotationsdurchmesser für nadelgelagerte Kreuzgelenke. Dem Schaubild ist ferner die Abstufung der heute überwiegend gebräuchlichen Größenreihe, wie sie sich durch die Anpassung an die Geräteleistungsgruppen und den verfügbaren Einbauraum ergeben haben, zu entnehmen.

Ungleichförmigkeitsgrad und Winkelfehler erzeugen periodisch schwankende Drehzahlen und Drehmomente in der Gelenkwelle und ihren Anschlußteilen in Form von drei Störungsgruppen:

1. Drehschwingungen, wenn zwischen den Gelenken A und B ein unausgeglichener Restwinkel α_R vorhanden ist, **Bild 5**,

- Auswirkung der Massenträgheitsmomente des ungleichförmig laufenden Wellenteils, auch bei gleichen Gelenkwinkeln und
- Auswirkung der in der Gelenkwelle zu Biegekritischen 2. Ordnung führenden Zusatzmomente (gestrichelte Linie in Bild 5).

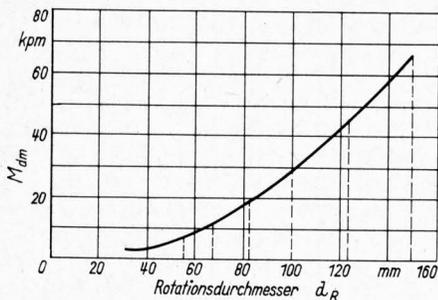


Bild 4. Mittleres Dauerdrehmoment in Abhängigkeit vom Rotationsdurchmesser der Gelenke.

Haupteinflussfaktoren für die Auswirkung dieser Störungen sind die Gelenkwinkel, Drehzahl und das Gewicht der Welle. Der unverkennbar zu höheren Zapfwelldrehzahlen und Leistungen führende Trend im Schlepper- und Landmaschinenbau läßt hieraus die bevorstehenden Aufgaben deutlich erkennen: Die unter Punkt 1 erwähnten Drehschwingungen erfordern eine bessere Zuordnung der schlepper- und geräteseitigen Koppelpunkte zur Gelenkwelle. Die unter Punkt 2 angeführten Auswirkungen der Massenträgheitsmomente sind durch die Festlegung möglichst kleiner Gelenkwinkel in der Arbeitsstellung und durch Verringerung der Massen zwischen den Gelenken zu reduzieren. Die an 3. Stelle genannten Auswirkungen der in der Gelenkwelle zu Biegekritischen 2. Ordnung führenden Zusatzmomente sind durch Vermeidung zu großer Längen und Winkel gering zu halten.

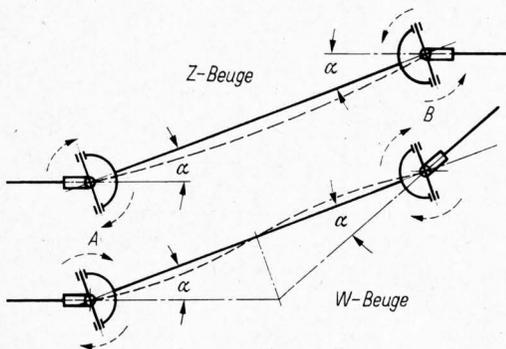


Bild 5. Gelenkwellenwinkel in Z- und W-Anordnung.

Diese Zusammenhänge führen, besonders bei Berücksichtigung der mehr und mehr geforderten größeren Laufruhe (auch bei Kurvenfahrten) und der erhöhten Zapfwelldrehzahl von 1000 U/min, zu unterschiedlichen Auswirkungen bei den verschiedenen Gelenkwellenanordnungen und Kopplungsarten.

Die Gelenkwelle beim Dreipunktbau

Der Anschluß der Gelenkwelle am Gerät kann aus konstruktiven Gründen seitlich versetzt liegen. Trotzdem sollte zur Verringerung der Gelenkwinkel und vor allem, wenn außer der Z-Beuge eine W-Beuge möglich ist, der geräteseitige Gelenkwellenanschluß wie am Schlepper möglichst in der Mittelebene liegen.

Die Höhenlage der geräteseitigen Anschlußwelle schwankt bei den arbeitenden Maschinen sehr. Dies ist vor allem auf die unterschiedliche Gerätefunktion zurückzuführen. Beim Einsatz verschiedener Geräte muß ein Freiraum für die Kulturen bleiben, so daß ein relativ hoch liegender Gelenkwellenanschluß notwendig wird. An anderen, z. B. im Boden arbeitenden Geräten, können die Anschlüsse tiefer liegen. Bei beiden Gerätegruppen wird in der Praxis mehr oder weniger der verfügbare

Hubbereich der Dreipunktkupplung ausgenutzt. Das geräteseitige Gelenk beschreibt beim Heben und Senken eine Kurvenbahn, **Bild 6 und 7**, die Längenänderung der Gelenkwelle kann hierbei unter Umständen ganz beträchtlich werden. Beim kurzen Anbau tritt beim Heben häufig ein Stauchen und beim Senken ein Auseinanderfallen der Gelenkwelle ein, während beim langen Anbau noch Längenreserven in der Gelenkwelle bestehen, die eine Anpassung an abweichende Anbauebenen ermöglichen. Um ein Stauchen oder Auseinanderfallen der Gelenkwelle, das zu erheblichen Gerätebeschädigungen und Unfällen führen kann, zu vermeiden und um dem Gerätebesitzer z. B. beim Schlepperwechsel oder beim Kauf eines neuen Gerätes eine Längen Anpassung der Gelenkwelle zu ersparen, muß aufgrund der heute sehr unterschiedlichen Lage der Koppelpunkte am Schlepper der geräteseitige Gelenkwellenanschluß möglichst weit hinter die Koppel zurückverlegt werden. Diese Probleme sind darauf zurückzuführen, daß die ursprünglich für Anbaupflüge entwickelte Dreipunktkupplung im Laufe der Zeit zunehmend für das Koppeln von Dreipunktgeräten genutzt wird und ferner die unterschiedlichen Getriebekonstruktionen verschiedene Zapfwellenlagen zur Motorkurbelwelle und somit auch zum Dreipunktgestänge ergeben.

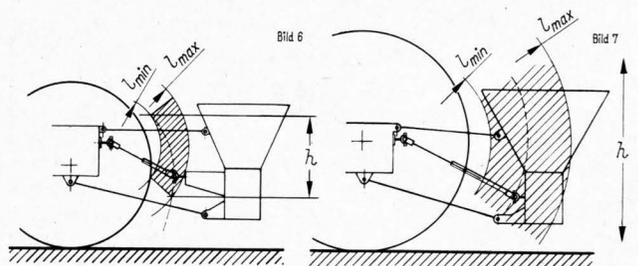


Bild 6 und 7. Kurze und lange Gelenkwelle beim Dreipunktanbau. Kurzer Anbau bedingt eine Hubbegrenzung; bei langem Anbau ist keine Hubbegrenzung der Gelenkwelle wegen nötig.

Eine einheitliche Zuordnung der Zapfwelle, vor allem in der Höhenlage und im waagerechten Abstand zu den Koppelpunkten der Unterlenker müßte deshalb angestrebt werden. Damit würde dem Gerätekonstrukteur die Möglichkeit gegeben, den geräteseitigen Gelenkwellenanschluß, abgestimmt auf die Gelenkgröße und Gelenkwinkel und auch die Schwerpunktlage des Gerätes in der Arbeitsstellung, optimal zu fixieren.

Die Gelenkwelle bei angehängten Geräten

Die verschiedenen Koppelpunkte machen wegen ihrer Lage, besonders wegen der Differenzen des waagerechten Abstands, eine getrennte Betrachtung erforderlich. Zugmaul und Zughaken und Ackerschleife und Zugpendel können jeweils zusammengefaßt werden, da sie im Prinzip die gleichen Auswirkungen auf die Gelenkwelle zeigen.

Auf die Gelenkwellenanordnung bezogen unterscheiden sich Zugmaul und Zughaken darin, daß die Zapfwelle einmal über und einmal unter dem Koppelpunkt liegt. Beide weisen nur relativ geringe waagerechte Abstände zur Zapfwelle auf, wodurch sich bei Knickstellungen zwischen Schlepper und Gerät, also bei Kurvenfahrten, große einseitige, und zwar schlepperseitige Gelenkabwinkelungen ergeben. Die geräteseitige Gelenkabwinkelung bleibt dann gering, wenn der Gelenkwellenanschluß mittig liegt. Die entscheidenden Vorteile dieser beiden Kupplungsarten sind, daß die Längenänderung in der Gelenkwelle gering ist und daß die Festlegung der Gelenkwellenlänge fast allein von der Gerätekonstruktion bestimmt wird, und sich somit keine Anpassungsprobleme ergeben. Nachteilig ist, daß die Verwendung einer Gelenkwelle in der Zweigelenkbauweise, **Bild 8**, ein Abschalten der Zapfwelle bei verhältnismäßig kleinen Knickstellungen zwischen Schlepper und Gerät erfordert. Der hierdurch entstehende Zeitverlust und der Wunsch, auch bei Kurvenfahrten arbeiten zu können, macht die Verwendung eines Doppelgelenks in Form eines Gleichlaufgelenks erforderlich, **Bild 9**. Diese Konstruktion erfordert zwar einen zusätzlichen Aufwand, kann jedoch, abgesehen von den sich beim

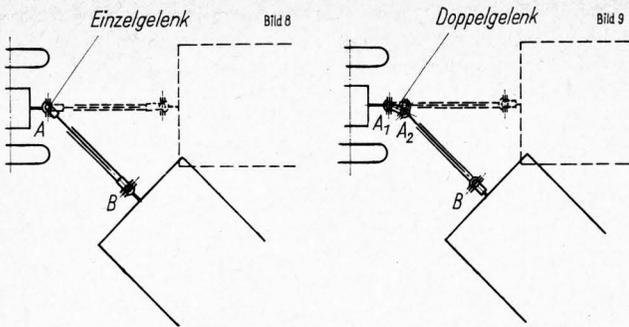


Bild 8 und 9. Gelenkwellenanordnung für Zughaken- bzw. Zugmaul-Anhängung.

Geräteinsatz bietenden Vorteilen, wirtschaftlich sein, wenn die Verminderung der Beanspruchung bei der Auslegung der der Gelenkwelle nachgeschalteten Triebwerksteile genutzt wird.

Die in **Bild 10 bis 13** gezeigten, mit einem Ladewagen im Feldeinsatz aufgenommenen Diagramme lassen den unterschiedlichen Drehmomentverlauf bei verschiedenen Gelenkwellenanordnungen erkennen. Bei gestreckter Gelenkwellenanordnung (**Bild 10**), einwandfreier Z-Beuge (**Bild 11**) und dem Einsatz eines Doppelgelenkes bei nur einseitiger Abwinkelung (**Bild 12**) entspricht der Drehmomentverlauf der Ladewagencharakteristik. Der Einfluß des Winkelfehlers bei Verwendung einer Gelenkwelle in der Zweigelenkbauweise bei einseitiger Abwinkelung (**Bild 13**) ist jedoch beachtlich. Liegt der geräte-seitige Gelenkwellenanschluß seitlich zur Schlepperzapfwelle versetzt oder ist er aus konstruktiven Gründen sogar zusätzlich noch geneigt, so daß zu dem Parallelversatz bei Geradeausfahrt noch ein Winkerversatz vorhanden ist, so wird aus den zuvor genannten Gründen auch geräte-seitig ein Doppelgelenk notwendig.

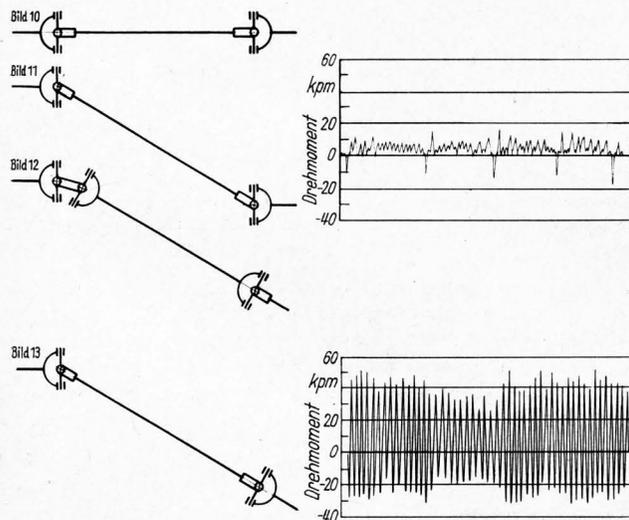


Bild 10 bis 13. Zapfwelldrehmomente bei verschiedener Gelenkwellenanordnung und -ausführung.

Die vorgenannten Koppelungsarten unterscheiden sich von denen an der Ackerschleife und dem Zugpendel dadurch, daß die beiden letzteren einen Längsabstand von der Zapfwelle aufweisen, wodurch bei entsprechender Zuordnung des geräte-seitigen Gelenkwellenanschlusses eine Aufteilung der Gelenkwinkel und so ein Gleichlauf ermöglicht wird, **Bild 14 und 15**. Die idealen Verhältnisse liegen vor, wenn die Geräteanhangung in der Schlepperlängsachse, und zwar in der Mitte der Gelenkwelle liegt. Für einen gewünschten Deichseleinschlagwinkel ist jedoch ein entsprechender Gelenkabstand bzw. ein entsprechender Abstand des Anhangepunktes von der Zapfwelle notwendig. Die erforderliche Überlappung der Schiebeteile ist zusätzlich zu beachten, da sie bei Geradeausfahrt, also in der Betriebsstellung, abgesehen von den Nickbewegungen von Schlepper und Gerät, ein Minimum hat. Große Deichseleinschläge bei relativ kleinen Abständen zwischen Zapfwelle und Geräteanhangung erfordern relativ kleine Toleranzen in den Abständen. Die heute

noch z. T. erheblich abweichenden Abstände bei den verschiedenen Schleppern haben in Verbindung mit langen Deichseln zur Verwendung von langen Gelenkwellen geführt; vor allem, wenn das Gerät zur Zapfwelle seitlich versetzt angehängt ist. Der auftretende große Winkelfehler bei Kurvenfahrten wird in Kauf genommen und das Abschalten der Zapfwelle vorgeschrieben.

Bei Verwendung eines z. B. aus drei Gelenken bestehenden Gelenkwellenstranges wird auch mitunter eine starre, d. h. nicht längenveränderliche Gelenkwelle, zwischen Schlepper und Zwischenlagerung vorgesehen, wobei die Längenänderung über die auf der Deichsel verstellbare Schwingstütze im geräte-seitigen Gelenkwellenteil erfolgt. Die Gelenkwellenanpassung an die unterschiedlichen Koppelabstände ist zwar erleichtert,

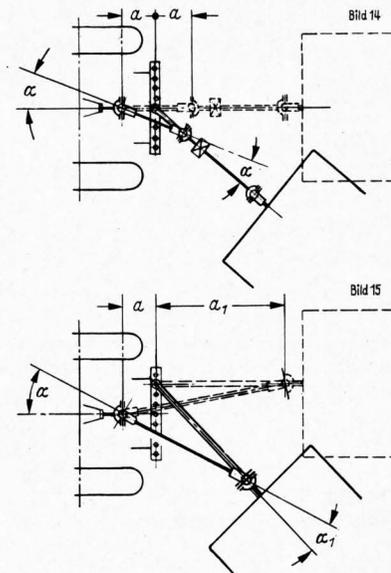


Bild 14 und 15. Gelenkwellenanordnung für Anhängung an Ackerschleife bzw. Zugpendel.

fordert jedoch eine auf die Dauer nicht zumutbare Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals, vor allem wenn verschiedene Schlepper zum Einsatz gelangen. Die Gelenkwinkel sind selbst bei der erwähnten Idealanhangung nicht ausgeglichen und können in Abhängigkeit von dem Schwingungsverhalten des Gerätes unter Umständen erhebliche Auswirkungen zeigen, mal zum Guten, aber öfter zum Schlechten. Die mitunter festzustellende Vergrößerung der Laufruhe kann durch bestimmte Winkeldifferenzen bei bestimmten Drehzahlen bewirkt worden sein. Wie theoretisch nachzuweisen ist, können also Winkelfehler auch gezielt ausgenutzt werden.

Ausnutzung „falscher“ Gelenkabwinkelung

Häufig liegt der geräte-seitige Gelenkwellenanschluß aus konstruktiven Gründen seitlich versetzt. In diesen Fällen und auch in Einzelfällen bei konstanten Gelenkwinkeln und abgestimmten Drehzahlverhältnissen kann die „falsche“ Gelenkabwinkelung zur Verringerung der durch eine Vielzahl von Geräten verursachten Drehmomentschwankungen genutzt werden. Diese dem in **Bild 16** gezeigten Ersatzsystem zu entnehmenden Zusammenhänge sind in der Praxis häufig nur schwer rechner-

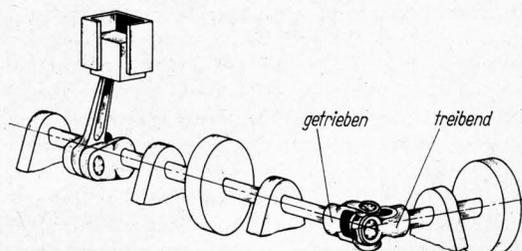


Bild 16. Ausnutzung einer „falschen“ Gelenkabwinkelung zur Verringerung periodischer Drehmomentschwankungen.

risch zu erfassen und lassen somit Versuche zur Ermittlung der optimalen Gelenkebenenstellung empfehlenswert erscheinen. Die so gegebene Möglichkeit, die Dimensionierung der Geräte auf die wirkliche Belastung durch die Arbeitsfunktion, also auf die Nutzleistung, auszurichten, erlaubt Einsparungen und entspricht der Forderung nach größerer Laufruhe, insbesondere bei höherer Zapfwellendrehzahl.

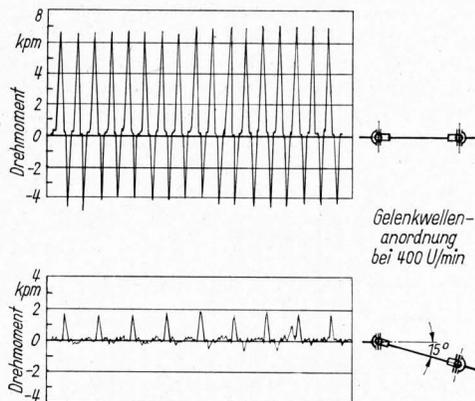


Bild 17. Leerlaufdrehmomente an einem Mähwerk.

Die in Bild 17 gezeigten Diagramme lassen den Unterschied im Drehmomentverlauf erkennen, wie er versuchsweise bei Leerlaufmessungen an einem Mähwerk bei 400 U/min und beiderseits 0° Gelenkwinkel gegenüber einem einseitigen Gelenkwinkel von 15° bei optimaler Drehlage ermittelt wurde.

Die Zapfwellenprofile, Drehzahlen und Schnellkupplungen

Das Problem der größer werdenden Verlustlänge, wie sie sich durch den größeren Rotationsdurchmesser des Gelenkes ergibt, scheint durch die annähernd verdoppelte Zapfwellendrehzahl (von 540 auf 1000 U/min) „halbiert“ zu sein. Die Verdoppelung der Oszillation im Gelenk und die Ausnutzung der höheren Zapfwellendrehzahl beim Einsatz leistungstarker Schlepper zum Antrieb von Geräten mit geringerem Leistungsbedarf, um im sogenannten Schongang, d. h. mit geringerer Motordrehzahl, zu arbeiten (diese zunehmend von Landwirten mit Erfolg angewandte Praktik könnte Schule machen) lassen wegen des geringen Vorteils die Wahl einer kleineren Gelenkwelle meistens nicht empfehlenswert erscheinen. Dazu ist zu bemerken, daß die

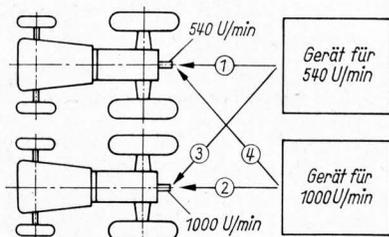


Bild 18. Mögliche Schlepper-Gerätekombinationen in Abhängigkeit von Zapfwellenprofil und -drehzahl.

höhere Drehzahl aus Sicherheitsgründen und wegen der hohen Beschleunigungsmomente einen größeren Sicherheitsfaktor notwendig macht, so daß doch wieder die gleiche Gelenkwellengröße erforderlich ist. Weiterhin sind die bei Längenänderungen in der unter Last stehenden Gelenkwelle auftretenden Schubkräfte bei der Auslegung der Gelenkwellenanschlüsse und deren Lagerung zu berücksichtigen. Dies gilt vor allem für die größeren Gelenkausführungen, da durch den größer werdenden Rotationsdurchmesser des Gelenkes der auf den Gelenkwellenanschluß wirksam werdende Hebelarm länger wird und gleichzeitig immer größer werdende Drehmomente zu übertragen sind. Diese sich progressiv auswirkenden Einflüsse erfordern bei Ausnutzung der für kleinere Drehmomente üblichen Gleit-

reibung einen Durchmesser der Schiebeelemente, dessen Einführung sich vor allem aus Platzgründen verbietet. Sonderprofile, die eine Rollreibung ermöglichen (Ausführungen sind für Sonderzwecke bereits entwickelt worden) sind hier die Lösung. Im unteren und mittleren Drehmomentbereich werden die Spezialprofile weiterhin die Optimallösung darstellen.

Die Forderung, Geräte jeder Art und Herkunft mit jedem Schlepper verwenden zu können, wird durch die unterschiedlichen Zapfwellenprofile $1\frac{3}{8}$ " 6teilig und $1\frac{3}{8}$ " 2teilig bei unterschiedlicher Drehzahl erschwert. Bild 18 läßt die vom Zapfwellenprofil und der Drehzahl gegebenen vier Kombinationsmöglichkeiten erkennen. Die zumindest für eine Übergangszeit zu beachtenden Möglichkeiten 3 und 4 erfordern Vorkehrungen zur Drehzahlanpassung, z. B. umschaltbare Zapfwelle und bei unterschiedlichen Zapfwellenprofilen Anschlußmöglichkeiten für die Gelenkwelle. Der Einsatz von sogenannten Reduzierstücken, die zu einer nicht unerheblichen Verlängerung des Wellenstummels führen, dürfte sich wegen der höheren Biege- und Lagerbeanspruchungen verbieten.

Ein Verbindungselement (z. B. ähnlich den Wellenkupplungen bei Einachsschleppern, bei denen Konuskupplungen mit Verzahnung Verwendung finden), welches auf die Zapfwelle geschoben wird, könnte die Lösung sein. Hiermit wäre gleichzeitig die Forderung, das Kuppeln der Gelenkwelle zu erleichtern, zu erfüllen. Weiterhin könnte ein solches Verbindungselement zu einer Kuppelvorrichtung, die vom Schleppersitz aus betätigt würde, weiterentwickelt werden und so eine Ergänzung zum Geräteschnellkuppler darstellen.

Der Gelenkwellenfreiraum

Der Gelenkwellenfreiraum wird in erster Linie von der Zuordnung der Koppelpunkte zur Zapfwelle bestimmt. In der Horizontalen sind Zughaken, Kupplungsmaul und Schlepperreifen maßgebend; in der Vertikalen wird der Freiraum nach unten durch die Ackerschleife und das Zugpendel bestimmt und nach oben durch den Hubbereich der Dreipunkthydraulik, wenn nicht das Kupplungsmaul im Wege ist. Winkel bis zu 60° können hier beim Geräteausheben auftreten, die sich durch einen weiter hinter die Koppelpunkte verlegten geräteseitigen Anschluß nicht wesentlich verringern lassen. Bei verbesserter Zapfwellenlage und Dreipunktgestängeanordnung kann man, wie zahlreiche Beispiele zeigen, mit Beugungen in der Gelenkwelle bis zu 45° auskommen.

Von der Gelenkwelle selbst wird der Freiraumwinkel durch den Rotationsdurchmesser des Gelenkes, d. h. durch den Abstand der Stirnseite Zapfwelle von Mitte Kreuzgelenk, und die Schutzverkleidung bestimmt. Da beide Maße durch die zu übertragenden Leistungen bestimmt werden, wird eine Anpassung der Freiraumwinkel an die gebräuchlichen Gelenkwellengrößen notwendig werden.

Der Gelenkwellenschutz

Der Gelenkwellenschutz ist auf die gegebenen Raumverhältnisse und die im Einsatz auftretenden Gelenkabwinkelungen abzustimmen. Winkel bis zu 100° können in Transportstellung und beim Abstellen von Geräten erwünscht, ja sogar notwendig sein. Dies bedeutet, daß Winkelbegrenzungen durch Schutzverkleidungen absolut unerwünscht sind. Die vor etwa 15 Jahren entwickelten kalottenförmigen Schutzverkleidungen konnten sich nicht zuletzt wegen dieser Forderungen hinsichtlich der Abwinkelung nicht durchsetzen. Schlepper- und geräteseitig befestigte Schutzverkleidungen zur Abdeckung der Wellenstummel und zur Ergänzung der auf der Gelenkwelle montierten Schutzverkleidungen werden weiterhin bevorzugt Verwendung finden.

Neu entwickelte, den Schutzforderungen entsprechende Kunststoffe lassen die Verwendung dieser Materialien für die bisher aus Stahl bestehenden Schutzrohre vorteilhaft erscheinen. Die Lebensdauer der Gelenkwellenschutzverkleidungen kann zusätzlich durch die geräteseitige Anbringung entsprechender Halterungen vergrößert werden.

Drehmomentbegrenzende Kupplungen

Abschließend soll noch kurz auf die drehmomentbegrenzenden Überlastkupplungen eingegangen werden. Die Forderung nach höchster Materialausnutzung, aber auch die dem Landwirt durch die Normung der Koppelpunkte gegebene Möglichkeit mit Kombinationen von Schlepper und Gerät arbeiten zu können, wird im Hinblick auf die Verdrehbelastung auch weiterhin drehmomentbegrenzende Überlastkupplungen notwendig machen.

Umfangreiche Messungen und langjährige Beobachtungen haben gezeigt, daß die durch Verdrehbeanspruchungen aufgetretenen Schäden auf folgende Hauptursachen zurückzuführen sind:

1. Blockieren der Gelenke bei scharfer Kurvenfahrt,
2. Materialermüdung in Form mäßig hoher Verdrehbeanspruchungen bei relativ hohen Schwingungsfrequenzen und
3. Schockbeanspruchungen von einer Stärke, welche die statische Festigkeit des Antriebes z. T. mehrfach übersteigt.

Das Blockieren der Gelenke nach Ursache 1 wird durch eine verbesserte Winkelaufteilung weitgehend ausgeschaltet, so daß die Überlastkupplungen zunehmend geräteseitig untergebracht werden können. Diese Art der Kupplungsanordnung hat den Vorteil, daß die mehr oder weniger lang bauenden Kupplungen die schlepperseitigen Abstandsverhältnisse von Zapfwelle und Koppelpunkten nicht zusätzlich beeinflussen. Geräteseitig können die zu beachtenden Baulängen konstruktiv berücksichtigt werden. Die Schadensursache 2 ist durch die Gerätekonstruktion und z. B. durch die von einem Jahr zum anderen mitunter sehr wechselnden Einsatzbedingungen gegeben. Selbstverständlich kann man von einer Sicherheitskupplung nicht erwarten, daß sie diese Unterschiede ausgleicht. Die Schadensursache 3 ist durch die Arbeitsweise des Gerätes gegeben und erfordert den Einsatz einer Überlastkupplung, die so ausgelegt ist, daß der Antrieb gegen gelegentlich auftretende Spitzenbeanspruchungen geschützt wird.

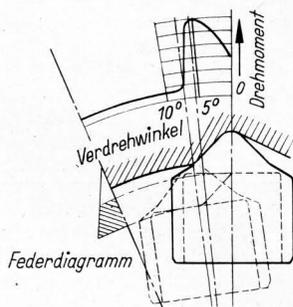


Bild 19. Arbeitsweise einer Sperrkörperkupplung.

Die Verschiedenheit der Betriebsbedingungen, der enge zur Verfügung stehende Raum und der Unterschied in den auftretenden Drehmomenten erfordert verschiedene Kupplungskonstruktionen und Bauarten. Grundsätzlich ist zwischen federbelasteten Sperrkörperkupplungen und Reibkupplungen zu unterscheiden. Sperrkörperkupplungen finden dann bevorzugt Verwendung, wenn die Gefahr vollkommener Blockierung der angetriebenen Maschine vorhanden ist, oder wenn die beim Durchrutschen der Kupplung erzeugte Vibrationsenergie eine beispielsweise durch zu starkes Beschicken hervorgerufene Blockierung beseitigen soll. Eine besondere Eigenschaft der Sperrkörperkupplungen ist deren Drehelastizität, die häufig den Einbau besonderer Drehschwingungsdämpfer überflüssig macht und eine größere Laufruhe bewirkt. Die drehelastische Eigenschaft ist Bild 19 zu entnehmen; das Drehmoment ist in Abhängigkeit vom Verdrehwinkel aufgetragen. Wie aus der Darstellung ersichtlich ist, wird die Kennlinie der Kupplung von der Federnvorspannung, dem Sperrwinkel und dem erforderlichen Verdrehwinkel bis zum Ausklinken der Kupplung bestimmt. Kurzzeitig auftretende Spitzenbeanspruchungen

können so ohne direktes Ausklinken der Kupplung durch die drehelastische Arbeitsweise abgebaut werden, Bild 20. Ist der ausgeprägte drehelastische Effekt einer Sperrkörperkupplung aus Schwingungsgründen unerwünscht, so ist der zum Durchrutschen der Kupplung erforderliche Verdrehwinkel zu verkleinern, d. h., die Federnvorspannung und evtl. auch der Sperrwinkel sind entsprechend zu ändern.

Geräte, die aufgrund großer zu beschleunigender Massen Überlastkupplungen mit der Arbeitsweise einer Anfahrkupplung erfordern, oder bei denen die Ansprechfrequenz einer Sperrkörperkupplung einen zerstörenden Einfluß hat, zwingen zunehmend zum Einsatz von Reibkupplungen. Aber auch die steigenden Schlepperleistungen, die bei verschiedenen Geräten durch höhere Fahrgeschwindigkeiten und konstantere Zapfwelldrehzahl die schwellenden Antriebsdrehmomente zu annähernd konstanter Belastung werden lassen, führen zum verstärkten Einsatz von Reibkupplungen.

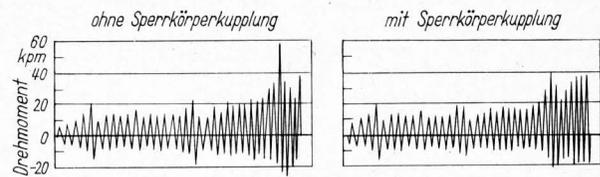


Bild 20. Einfluß einer Sperrkörperkupplung auf das Zapfwelldrehmoment.

Nicht verstellbare Ausführungen mit vollem Verschleißausgleich setzen sich neuerdings durch, und die Lebensdauer- und Genauigkeitsforderungen werden zunehmend durch die gezielte Wahl von Reibscheibenqualitäten und den Einsatz von neu entwickelten Regeleinrichtungen, die die Reibwertschwankungen ausgleichen, erfüllt.

Zur Anordnung der Überlastkupplung kann noch allgemein festgestellt werden, daß die zunehmenden Forderungen an die Güte der Überlastsicherung die Anordnung der Kupplung dicht an die Blockierungsstelle erfordert. Dies bedeutet, daß neben dem zentralen Geräteschutz die Einzelabsicherung mehr als bisher zusätzlich notwendig wird.

Zusammenfassung

Die Entwicklungsziele und Aufgaben für Gelenkwellen und Überlastkupplungen an Landmaschinen wurden unter Beachtung der Entwicklungsstufen und dem weiterhin zu erwartenden Entwicklungstrend aufgezeigt. Auf die vielen Anpassungsmöglichkeiten, wie sie Gelenkwellen und Überlastkupplungen bieten, wurde an Hand von Beispielen hingewiesen. In gemeinsamen Bemühungen von Schlepper-, Gelenkwellen- und Geräteherstellern können dem Entwicklungstrend entsprechende wirtschaftliche Lösungen gefunden werden.

Schrifttum

- [1] Brenner, W. G., und H. Gaus: Besser schützbar und besser geführte Zapfwellentriebe. Landtechn. 9 (1954) S. 354/59.
- [2] Geisthoff, H.: Überlastkupplungen in Landmaschinen. Grndl. Landtechn. Heft 14 (1962) S. 62/64.
- [3] Reinecke, W.: Konstruktionsrichtlinien für die Auslegung von Gelenkwellenantrieben. Motortechn.-Z. 19 (1958) H. 10, S. 349/52 und H. 12, S. 421/25.
- [4] Reuthe, W.: Die Bewegungsverhältnisse bei Kreuzgelenkantrieben. Konstruktion 2 (1950) H. 10, S. 305/12.
- [5] Schilling, E.: Landmaschinen. Bd. 2: Mechanische Bodenbearbeitung, 2. Aufl. Rodenkirchen: Verlag Dr. E. Schilling 1962.
- [6] Schilling, E.: Landmaschinen. Bd. 1: Ackerschlepper. 2. Aufl. Rodenkirchen: Verlag Dr. E. Schilling 1960.
- [7] Jean Walterscheid KG: Handbuch über Gelenkwellen und Überlastkupplungen für Landmaschinen und Sonderantriebe. Ausgabe 1966.