

Überlastkupplungen in Landmaschinen

Von Hubert Geisthoff, Siegburg-Lohmar/Rhld.

Überlastkupplungen werden in Landmaschinen zusammen mit der Gelenkwelle zwischen Schlepper und Gerät zur zentralen Absicherung und in zunehmendem Maße auch als Einbaukupplungen zur zusätzlichen Einzelabsicherung verwendet, um die technischen und wirtschaftlichen Forderungen, die an die Kraft- bzw. Arbeitsmaschinen gestellt werden, erfüllen zu können.

Welche Voraussetzungen müssen jedoch trotz Verwendung eines Überlastungsschutzes gegeben sein, und welchen Anforderungen muß die Überlastkupplung entsprechen? Vor Beantwortung dieser Frage soll die Entwicklungsgeschichte des Gelenkwellenriebes wenigstens angedeutet werden.

Die im 16. Jahrhundert von *Hieronymus Cardano* erfundene und nach ihm benannte kardanische Aufhängung erfuhr mit der Erfindung der Kraftfahrzeuge den entscheidenden Impuls zur Weiterentwicklung, da diese Antriebsart den an sie gestellten Anforderungen besser entsprach als die anfangs benutzten Übertragungselemente, wie Riemen, Ketten und Kettenräder. Mit der Einführung der zapfwellengetriebenen landwirtschaftlichen Geräte vor etwa 40 Jahren wurde die Entwicklung des kardanischen Antriebes fortgesetzt, da bei der zunehmenden Ausbreitung dieser Antriebsmethode für eine Anzahl von Problemen eine befriedigende Lösung gefunden werden mußte. So mußten u. a. die Unzulänglichkeiten, die durch die Verdrehbeanspruchungen verursacht wurden, beseitigt werden.

Bei oberflächlicher Betrachtung mag dieses Problem der Verdrehbeanspruchung einfach erscheinen, da es zuerst den Anschein hat, daß man sich dabei nach dem von der Antriebsmaschine maximal verfügbaren Drehmoment richten kann, z. B. $M = 33 \text{ kpm}$ bei $N = 25 \text{ PS}$ und $n = 540 \text{ U/min}$.

Leider haben sich sowohl die auf der Basis solcher theoretischen Werte entwickelten und nach Größen gestuften Antriebs-elemente als auch die darauf eingestellten Überlastkupplungen in fast allen Fällen als unzureichend erwiesen. Laufend sich einstellende Schäden der Gelenkwellen und ununterbrochenes Durchrutschen der Überlastkupplung machen ein Arbeiten mit diesen Geräten betriebswirtschaftlich unmöglich.

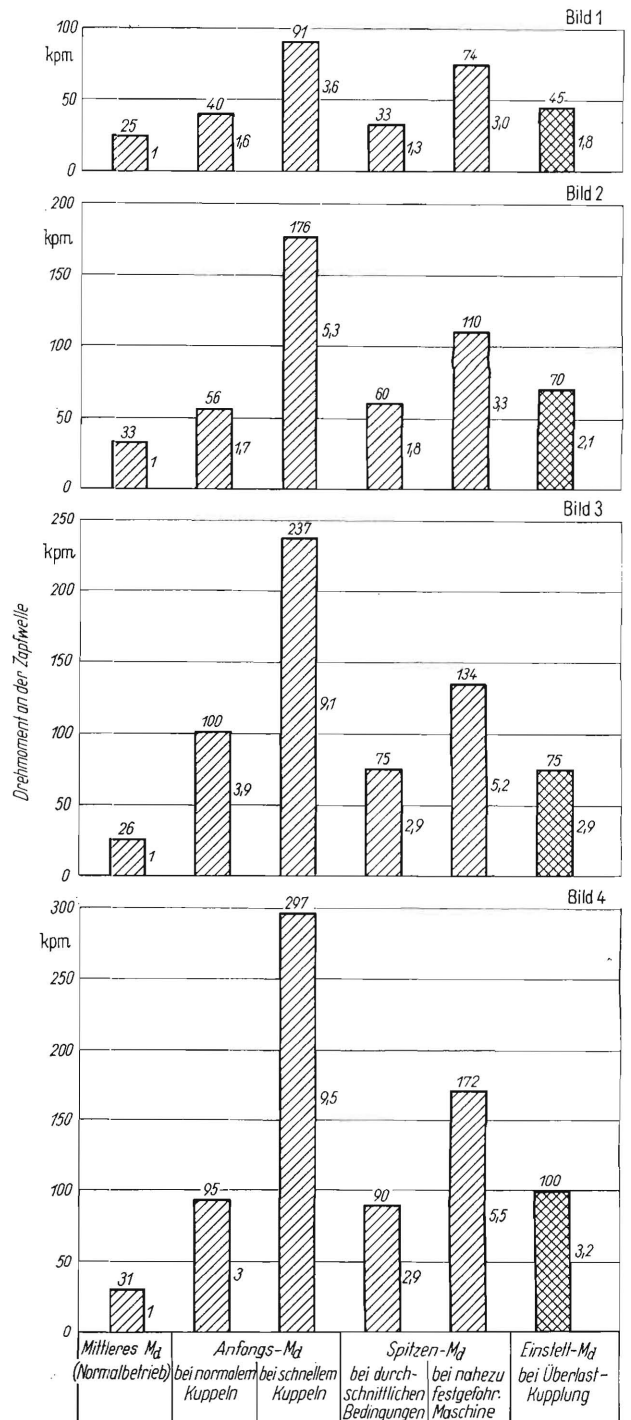
Umfangreiche Messungen und langjährige Beobachtungen haben gezeigt, daß die an zapfwellengetriebenen Geräten durch Verdrehbeanspruchungen aufgetretenen Schäden auf folgende Hauptursachen zurückzuführen sind:

1. Blockieren der Gelenke bei scharfer Kurvenfahrt,
2. Materialermüdung infolge mäßig hoher Verdrehbeanspruchungen bei relativ hohen Schwingungsfrequenzen,
3. Schockbeanspruchungen von einer Stärke, die die statische Festigkeit des Antriebes zum Teil mehrfach übersteigen und
4. zu große Seitenbelastung der Antriebswellen durch Riemen- oder Kettenübertragung.

Die Schadensursache nach 1 wird weitgehend dadurch beseitigt, daß die Überlastkupplung schlepperseitig angeordnet, d. h. der Gelenkwelle vorgeschaltet wird. Die Möglichkeit der Gelenkblockade durch Winkelüberzug kann jedoch durch entsprechende konstruktive Maßnahmen (z. B. Begrenzungsanschlag oder Wahl eines Gelenkwellenstranges) vermieden werden.

Die Ursachen unter 2 und 3 und die sich in erster Linie auf Einbaukupplungen beziehende Ursache 4 bedürfen einer ausführlichen Behandlung. Zur Ermittlung der im Betrieb wirklich auftretenden Beanspruchungen und der Arbeitsmerkmale wurden elektronische Messungen an einer Vielzahl von zapfwellengetriebenen Maschinen durchgeführt.

Wie die Drehmomentmessungen zeigen, ist zwischen den beim Anfahren, also den durch die Beschleunigung auftretenden Spitzenwerten, dem Arbeitsdrehmoment und den gelegentlich auftretenden Spitzenwerten, die durch Bodenhindernisse, Überbeschickung oder dgl. hervorgerufen werden, zu unterscheiden.



Bilder 1 bis 4. Mittlere Betriebs- und Spitzendrehmomente in der Zapfwelle (ohne Überlastkupplung) und Einstellmoment der Überlastkupplung für Stallungstreuer (Bild 1), Schlegelfeldhäcksler (Bild 2), Hochdruckballenpresse (Bild 3) und Bodenfräse (Bild 4).

Die Untersuchungen haben ergeben, daß sich die Verdrehbeanspruchungen im Zapfwellenantrieb unter Vernachlässigung der weniger bedeutenden Einflußfaktoren aus den folgenden vier Hauptgruppen in unterschiedlichen Anteilen zusammensetzen:

1. den von der Verbrennungskraftmaschine über die Zapfwelle abgegebenen Arbeitsdrehmomenten,
2. den Schwingmomenten der rotierenden Teile des Acker-schleppers,
3. den Beschleunigungsmomenten der anzutreibenden Massen des getriebenen Gerätes und
4. den von den Stoßkräften auf die Arbeitswerkzeuge des angetriebenen Gerätes herrührenden Drehmomenten.

Die **Bilder 1 bis 4** geben für vier verschiedene Maschinenarten charakteristische, aber keinesfalls extreme Meßergebnisse wieder. Es wird unterschieden zwischen dem Durchschnittsdrehmoment im Normalbetrieb, dem Anfangsdrehmoment bei normalem Kuppeln, dem Anfangsdrehmoment bei schnellem Kuppeln, den Drehmomenten bei durchschnittlichen Betriebsbedingungen, den Drehmomenten bei nahezu festgefahrener Maschine und dem Einstellmoment der Überlastkupplung. Die am Kopf der Säulen angegebenen Zahlenwerte sind die gemessenen Drehmomente. Diese sind auf das Durchschnittsdrehmoment bei Normalbetrieb ($= 1,0$) bezogen und die entsprechenden Verhältniszahlen neben den Säulen in den Bildern 1 bis 4 vermerkt.

Die ermittelten Einstellmomente der Überlastkupplungen gewährleisten eine zufriedenstellende Arbeit im Feldbetrieb, ohne die übertragbaren Drehmomente und damit die Maschinenleistung unnötig zu beschneiden. Bei diesen Sperrmomenten wird das Vorhandensein einer Überlastkupplung auch von dem Bedienungsmann nicht als störend oder lästig empfunden. Die Festlegung des Sperrmomentes für eine Überlastkupplung erfolgt unter Berücksichtigung eines dem jeweiligen Gerät eigenen Faktors (Kupplungsfaktor genannt).

Der Dimensionierung der An- und Abtriebsteile sollten grundsätzlich nicht die durchschnittlichen Kraftübertragungsverhältnisse, sondern die bei durchschnittlichen Betriebsbedingungen auftretenden Spitzenwerte und deren Frequenz zugrunde gelegt werden. Weiterhin muß die Drehschwingungsbeanspruchung, die durch das Ansprechen der Überlastkupplung hervorgerufen wird, so niedrig gehalten werden, daß die zulässigen Festigkeitswerte nicht überschritten werden.

Die verschiedenen Bauformen von Überlastkupplungen sind nicht nur in den bereits angeführten Drehmoment- und Festigkeitsforderungen, sondern auch durch Forderungen hinsichtlich der Lebensdauer, der Drehzahl, des Raumbedarfs, der Funktion und nicht zuletzt des Preises begründet. Im Hinblick auf die zulässigen Beanspruchungen kann z. B. der Übergang zu einer anderen Größenordnung der auftretenden maximalen Drehmomente Anlaß sein, eine andere Bauart des Drehmomentbegrenzers zu wählen.

Das Betriebsverhalten verschiedener Landmaschinen mit etwa dem gleichen Leistungsbedarf kann hinsichtlich der Funktionsforderungen so unterschiedlich sein, daß trotz der gleichen Drehmomente Überlastkupplungen ganz verschiedener Bauart erforderlich werden. So ist z. B. bei einer Bodenfräse ein Dreh-

momentbegrenzer erwünscht, der nach Überschreiten des Grenzdrehmomentes ein möglichst hohes Restmoment behält, um nach dem Überfahren eines Hindernisses (z. B. eines Steines oder einer Baumwurzel) die Fräse sofort wieder betriebsbereit zu machen.

Andererseits ist es z. B. für den Standdrusch mit einem durch einen Drehmomentbegrenzer geschützten Mähdrescher unerwünscht, nach dem Überschreiten des Grenzdrehmomentes (z. B. durch Verstopfen der Dreschtrommel) noch ein Restmoment zu behalten, da in der relativ langen Zeit bis zum Abstellen der Antriebsmaschine Beschädigungen an den Transmissionsteilen oder an der Überlastkupplung auftreten können. Das gleiche gilt für eine ohne Aufsicht arbeitende Beregnungsanlage, bei der eine auftretende Störung meist erst nach längerer Zeit bemerkt werden kann.

Wieder anders liegen die Verhältnisse bei Maschinen mit periodisch auftretenden Drehmomenten (z. B. bei Hochdruckballenpressen), die zudem durch zu starke Beschickung oder feuchtes Preßgut zu solchen Werten ansteigen können, die für die Maschine gefährlich werden. Ein Drehmomentbegrenzer muß in einem solchen Falle, bedingt durch die Betriebscharakteristik der Maschine, sehr oft ansprechen. Die hierfür notwendige Wärmeableitung muß beim Entwurf des Drehmomentbegrenzers berücksichtigt werden; eine solche Aufgabe kann nur durch eine wesentlich aufwendigere Konstruktion gelöst werden.

Für alle vorkommenden Aufgaben der Drehmomentbegrenzung an Landmaschinen stehen heute erprobte Konstruktionen von Überlastkupplungen zur Verfügung, so daß es hauptsächlich auf deren richtige Auswahl ankommt. Im folgenden sollen die im Landmaschinenbau gebräuchlichen Kupplungen, die Möglichkeiten der Drehmomentbegrenzung und die unterschiedlichen Bauformen, wie sie sich auch durch die mannigfaltigen Anforderungen ergeben haben, erläutert werden.

Die Scherstiftkupplung in **Bild 5** stellt eine der einfachsten Konstruktionen dar. Die Genauigkeit der Drehmomentbegrenzung genügt jedoch nur geringen Ansprüchen. Daher wird sie immer seltener verwendet. Außerdem ist das nach einer erfolgten Überlastung mitunter sehr zeitraubende, jedenfalls aber als lästig empfundene Auswechseln des sperrenden Scherstiftes erforderlich. Aus diesem Grunde wird auch das zulässige Sperrmoment verhältnismäßig hoch festgelegt, so daß die entsprechenden Gerätedimensionen größer gewählt werden müssen, und der Sinn des Überlastungsschutzes weitgehend verfehlt wird.

Die Friktionskupplungen nach **Bild 6** erfüllen in den heutigen Ausführungen als Einbaukupplungen schlecht und recht ihre Aufgabe, können aber wegen ihrer großen Reibungswertschwankungen als Überlastkupplungen im eigentlichen Sinne nicht angesprochen werden. Für große Drehmomente werden diese Kupplungen außerdem sehr groß und kommen damit in die Gruppe der schweren und somit viel zu teuren Kupplungen. Vorteilhaft bei dieser Art der Drehmomentbegrenzung ist die mitunter erwünschte Drehmomenterhaltung beim Durchrutschen, wobei aber die bei einer mit Schlupf arbeitenden Kupplung fehlende akustische Warnung — wenn sie nicht durch eine Zusatzkonstruktion gegeben ist — als nachteilig empfunden werden muß.

Die Stirnratsche in **Bild 7** stellt eine der ältesten Konstruktionen dar, die früher vorzugsweise in Verbindung mit der Gelenk-

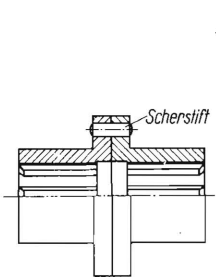


Bild 5. Scherstiftkupplung

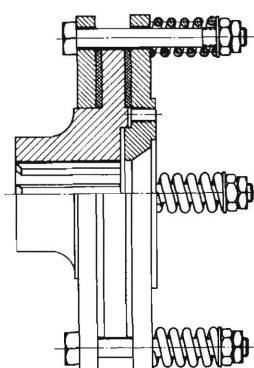


Bild 6. Friktionskupplung

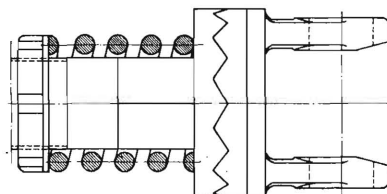


Bild 7. Stirnratsche

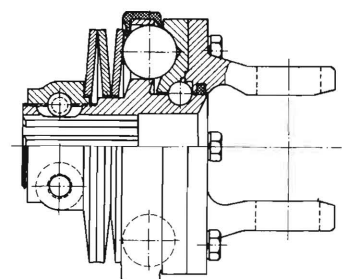


Bild 8. Kugelratsche

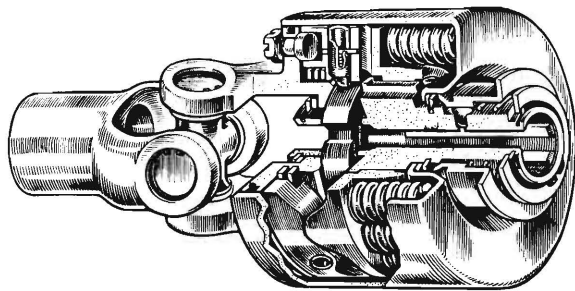


Bild 9. Kupplungsautomat unterbricht nach Erreichen eines bestimmten Grenzdrehmomentes den Kraftfluß.

welle im Landmaschinenbau Verwendung fand. Die Arbeitsweise der älteren Ausführungen dieser Art ist, daß bei einem bestimmten Grenzdrehmoment eine von den beiden planverzahnten Scheiben unter Überwindung einer entsprechenden Federkraft durchzurutschen beginnt. Mit Rücksicht auf die hierbei zusätzlich wirksam werdenden Axialkräfte wie auch die wegen dem Verschleiß (und der früheren Unkenntnis über die Höhe der Drehmomentenspitzen) erforderliche leichte Verstellmöglichkeit, von der bis zur restlosen Blockade Gebrauch gemacht werden kann, sollte auf den Einsatz dieses Drehmomentbegrenzers verzichtet werden. Selbst bei Anwendungsfällen mit kleinen Drehmomenten bei gleichzeitig niedrigen Drehzahlen muß auf die besondere Arbeitsweise dieser Kupplung Rücksicht genommen werden.

Eine verbesserte Ausführung dieser Kupplung stellt die in **Bild 8** gezeigte Kugelratsche dar. Durch die Massenverringering der beim Durchrutschen axial ausweichenden Teile werden die Axialstöße wesentlich verkleinert. Trotzdem empfiehlt es sich, diese Ausführung nur bei geringen Drehzahlen oder dort, wo mit verhältnismäßig geringen Schaltheufigkeiten zu rechnen ist, einzusetzen.

Eine weitere, aber wegen ihrer Besonderheit auffallende Konstruktion eines axial arbeitenden Drehmomentbegrenzers ist der in **Bild 9** gezeigte Kupplungsautomat. Diese Ausführung ist dadurch, daß sie beim Erreichen des Grenzdrehmomentes den weiteren Kraftfluß unterbricht, frei von Axialkräften. Je nach Ausführung der Kupplung wird die Sperrstellung beim Erreichen einer bestimmten Drehzahldifferenz zwischen dem treibenden und getriebenen Teil oder im Stillstand durch Handschaltung erreicht. Wie bereits erwähnt, ist diese Konstruktion z. B. dort zu bevorzugen, wo eine stationär arbeitende Maschine ohne Aufsicht läuft. Die Drehmenteinstellung kann durch Auswechseln des Federnpaketes verändert werden.

Die zur Gruppe der sogenannten Federzahnkupplungen gehörenden Drehmomentbegrenzer sind frei von axialgerichteten Auswirkungen, d. h. von Axialschwingungen. Außerdem wird auf die Möglichkeit der leichten Verstellbarkeit verzichtet. Die eventuell erforderliche Einstellbarkeit ist dadurch möglich, daß Federn ausgewechselt oder eine gewisse Anzahl von Federn bzw. Federn und Sperrkörper entfernt werden. Außerdem ist ein Fortschritt darin zu sehen, daß die Kupplungen verkapselt sind und damit die Aufrechterhaltung eines besseren Schmierzustandes ermöglichen.

Die in **Bild 10** gezeigte Nockenratsche stellt eine längengebundene Konstruktion — d. h. eine Ausführung, für die zur Begrenzung eines bestimmten Drehmomentes eine entsprechende Baulänge zur Verfügung stehen muß — bei kleinstem Durchmesser dar. Die Drehmomentcharakteristik entspricht bis zu etwa 50 kpm den meisten in diesem Bereich liegenden Landmaschinen.

Die Sternratsche nach **Bild 11**, ebenfalls bis etwa 50 kpm einstellbar, arbeitet nach dem gleichen Prinzip und findet wegen ihrer günstigen Abmessungen häufige Verwendung.

Die Nockenreibkupplung in **Bild 12**, aus einer Kombination zwischen einer Sperrkörper- und Friktionskupplung (Backenkupplung) bestehend, genügt neben dem stark gedämpften wechselnden Drehmomentverlauf beim Ansprechen bei höheren Drehmomenten auch den räumlichen Anforderungen, die sich aus den Abmessungen der Geräte und den durchschnittlichen Betriebsbedingungen ergeben.

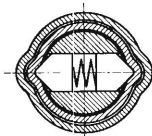


Bild 10. Nockenratsche.

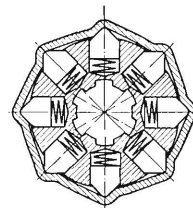


Bild 11. Sternratsche.

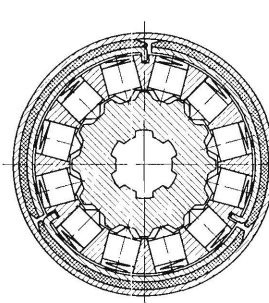


Bild 12. Nockenreibkupplung.

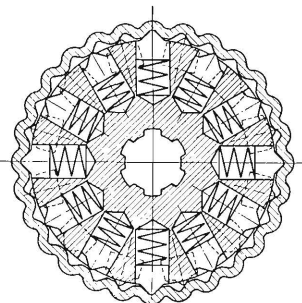


Bild 13. Sternkupplung.

Die Sternkupplung in **Bild 13** zeichnet sich besonders durch die geringe Schwingungserregung und die hohe Drehmomenterhaltung beim Ansprechen bei gleichzeitig guten Eigenschaften hinsichtlich der Lebensdauer aus. Weitere spezielle Eigenschaften von Überlastkupplungen können durch Kombination der genannten Federzahnkupplungen erreicht werden (z. B. beim Sternkupplungs- mit Nockenreibkupplungsprinzip).

Wenn auch die angeführten Kupplungskonstruktionen bei richtiger Wahl den heutigen Betriebserfordernissen und Gerätekonstruktionen entsprechen, so muß doch abschließend festgestellt werden, daß nicht alle Forderungen hinsichtlich des Überlastungsschutzes von Leichtbaukonstruktionen allein durch die richtige Wahl und die Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Überlastkupplungen erfüllt werden können.