

Clemens Nienhaus

Überlastkupplungen in der Landtechnik – Prinzipien und Anwendungen

Überlastkupplungen werden sowohl im Hauptantrieb zwischen Traktor und Maschine als auch innerhalb der Maschine eingesetzt. Dort dienen sie zur Absicherung einzelner Aggregate mit unterschiedlichen Leistungsanforderungen. Im Hauptantrieb müssen die Kupplungen nach internationalen Vorschriften immer an der Maschinenseite angeordnet werden. Die Freiräume sind oft begrenzt, sodass nur ein begrenztes Bauvolumen in Durchmesser und Länge zur Verfügung steht. Im Folgenden werden grundsätzliche Zusammenhänge und Funktionsmerkmale, Anwendungen sowie die Messtechnik erörtert.

Schlüsselwörter

Überlastkupplungen in Landmaschinen, Funktionsmerkmale, Anwendungen

Keywords

Overload clutches, functional characteristics, applications

Abstract

Nienhaus, Clemens

Overload clutches in agricultural machinery

Landtechnik 67 (2012), no. 6, pp. 458–464, 13 figures

Overload clutches are used in the main driveline between tractor and implement, and also in the implement itself, serving to protect individual units with different power requirements. In accordance with international regulations, clutches in the main driveline must always be installed on the implement side. The available space is often limited, resulting in restrictions on the diameter and length of the overall volume available. Functional features and their applications will be described in detail.

■ Im Laufe der Entwicklung haben sich unterschiedliche Kupplungsbauformen und Funktionsmerkmale herausgebildet (**Abbildung 1**).

Die Funktionen werden markenübergreifend weitgehend mit ähnlichen Merkmalen und Konstruktionen erfüllt.

Drehmomenterhaltende Kupplungen

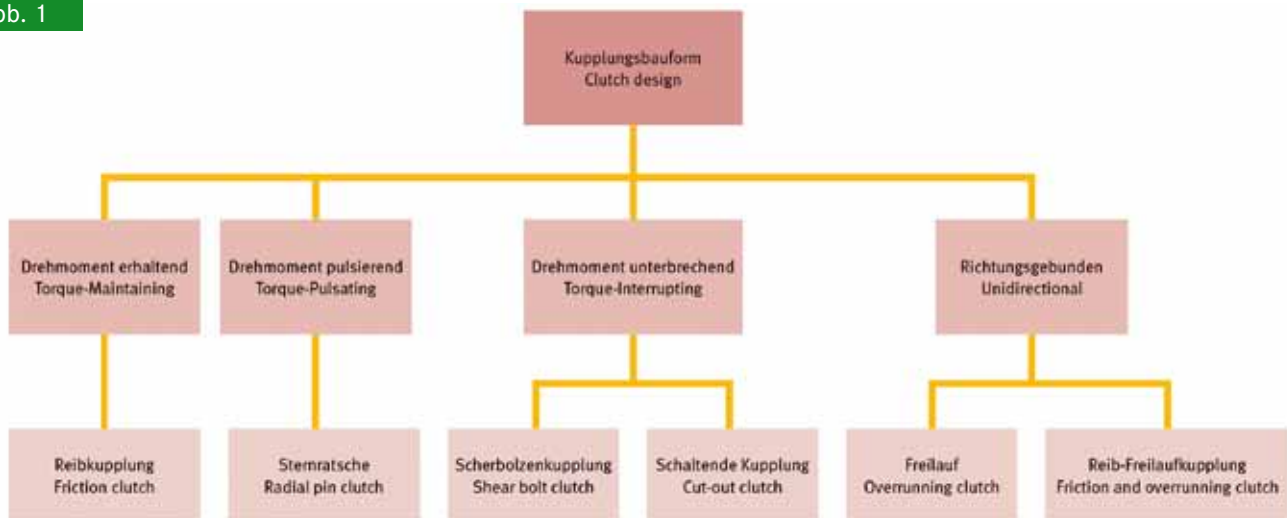
Alle Bauformen von Reibkupplungen gelten als drehmomenterhaltend (**Abbildung 2**). Während des Schlupfvorganges setzen sie die Antriebsleistung vollständig in Wärme um.

Da im begrenzten Bauraum in der Regel nur eine geringe Masse untergebracht werden kann, erhitzen Reibkupplungen sehr schnell. Die gespeicherte Wärme muss über die Oberfläche abgeführt werden. Die Abkühlung nimmt daher sehr viel Zeit in Anspruch (**Abbildung 3**). Die Ansprechhäufigkeit und die Länge der Rutschzeit sind sehr begrenzt, da die Kupplung sonst durch Überhitzung zerstört wird. Daher sollen Reibkupplungen gezielt bei Anwendungen zum Beschleunigen großer Massen eingesetzt werden. Überbelastungen, die zur Blockade führen, sollen möglichst vermieden werden.

In der Regel werden organische Reibbeläge, die speziell auf die Anforderungen ausgelegt sind, verwendet. Das Verbot von Asbest in den 1980er-Jahren bedeutet eine große Herausforderung bei der Entwicklung geeigneter Ersatzmaterialien. Eine hohe Reibwertkonstanz, verbunden mit hoher Temperaturbeständigkeit und hoher spezifischer Flächenpressung und gutem Verschleißverhalten, ist gefordert. Aufgrund vielfältiger Einflussgrößen unterliegen die Reibwerte großen Schwankungen mit entsprechenden Abweichungen in der Drehmomentübertragung.

Alternativ werden auch Sinterwerkstoffe untersucht. Diese Beläge zeichnen sich zwar durch einen höheren Reibwert aus und sind auch weniger temperaturempfindlich, dennoch neigen sie in der Schlupfphase zu Rupfschwingungen und zum schädlichen Reibwertanstieg. Diese Eigenschaften sind zumeist unerwünscht, da sie zerstörend wirken können. Daher finden Trockenkupplungen mit Sintermetallbelägen keine breite Anwendung.

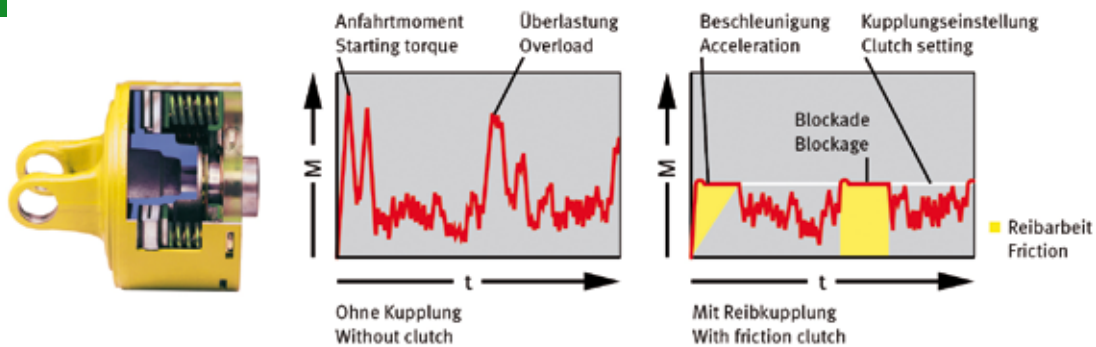
Abb. 1



Grundbauformen und deren Funktionsmerkmale

Fig. 1: Overview of different clutch functions and design

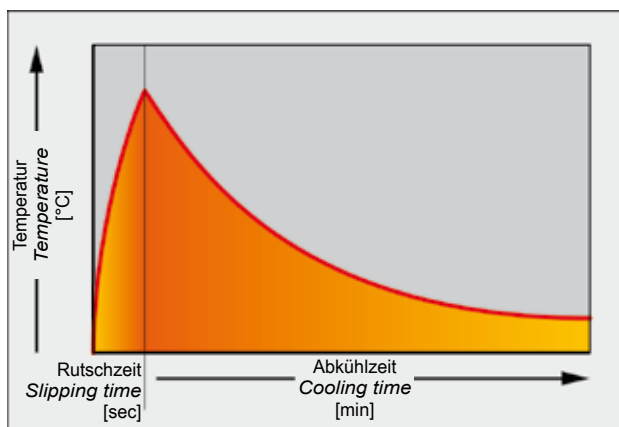
Abb. 2



Aufbau einer Reibkupplung und deren Arbeitscharakteristik

Fig. 2: Design of a friction clutch and its operating characteristics

Abb. 3



Prinzipdarstellung des Temperaturverhaltens von Reibkupplungen (logarithmischer Zeitmaßstab)

Fig. 3: Schematic diagram of temperature behaviour of friction clutches (logarithmic time scale)

Allerdings eignen sich Sinterbeläge zum Einsatz von Bodenfräsen, bei denen zumeist nur eine kurzfristige Blockade eintritt, wenn sie über Hindernisse hinweg rollen. Daher werden Sinterbeläge fast nur bei Bodenfräsen eingesetzt.

Um schon beim Ersteinsatz die maschinenspezifische Drehmomentauslegung zu erreichen, werden alle Kupplungen einem gesonderten Einlaufprozess zur Angleichung der Gleitflächen unterzogen.

Bevorzugt werden Reibkupplungen bei Mähwerken, Mulchern, Packenpressen und Dungstreuer eingesetzt.

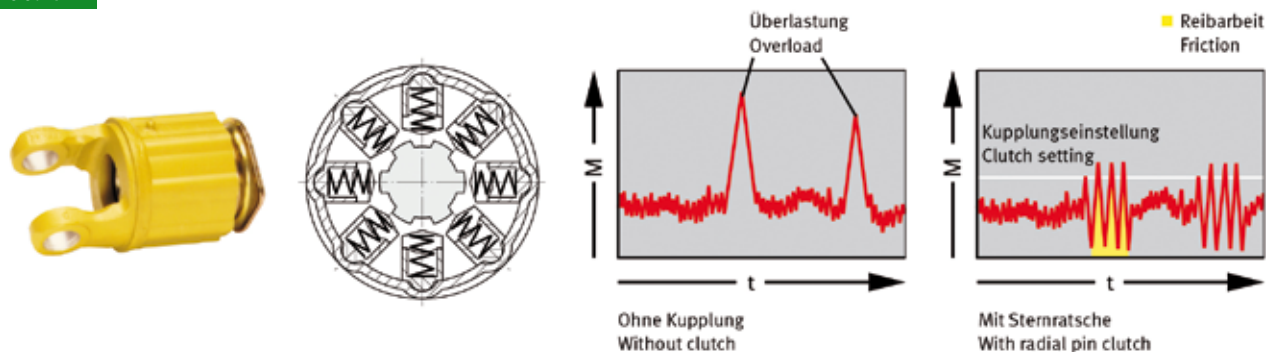
Allgemeines zu Sperrkörperkupplungen

Alle Sperrkörperkupplungen erzeugen ein pulsierendes Drehmoment.

Dieses Pulsieren wird häufig gewünscht, da es zum Freifahren von Verstopfungen und Überbeschickungen geeignet ist. Das Geräusch, das hier beim Ansprechen entsteht, macht den Fahrer auch auf die Überlastung aufmerksam.

Bei allen Sperrkörperkupplungen spielt der Schmierstoff eine entscheidende Rolle. Bei diesen Kupplungsprinzipien

Abb. 4



Aufbau einer Sternratsche und deren Arbeitscharakteristik
 Fig. 4: Design of a radial pin clutch and its operating characteristics

werden die Sperrkörper aufgrund einer vektoriellen Kraftzerlegung gegen die Federn gedrückt, bis der Formschluss zur Gegenfläche aufgehoben ist und die Schlupfphase beginnt.

Durch die Drehmomentübertragung und auch durch weitere Vibrationen verursacht, führen die Sperrkörper an ihren Gegenflächen und in der Führung der Nabe Mikrobewegungen unter einer hohen spezifischen Flächenpressung aus. Dieser Effekt zerstört den Schmierfilm eines normalen lithiumverseiften Mehrzweckfettes. Dadurch kommt es zum Kontakt von Metall zu Metall, wodurch Reibrost (Passungsrost) entsteht. Dieser Rost führt zur unkontrollierten Reibwerterhöhung, bis hin zur Blockade, und damit zum Ausfall der Kupplung.

Schon in den 1960er-Jahren wird durch die Firma Walterscheid dieser Zusammenhang erkannt und mit der Firma Molykote, nachfolgend Firma Gleitmo, in umfangreichen Testreihen ein Sonderfett mit einem hohen Feststoffanteil entwickelt. Während des Einlaufvorgangs verbinden sich die Feststoffpartikel mit der Oberfläche – dieser Vorgang wird auch als „Aufpanzerung“ bezeichnet – und unterbinden somit auf Dauer den metallischen Kontakt.

Jede Überlastkupplung wird nach einem speziellen Verfahren auf einem Prüfstand eingefahren. Bei diesem Vorgang finden die Aufpanzerung und ein Setzen der Federn statt. Damit wird die einwandfreie Funktion der Kupplung gewährleistet. Zur Wartung der Kupplung kann dann wieder ein handelsübliches lithiumverseiftes Mehrzweckfett eingesetzt werden. Auch bei Reinigungen anlässlich einer Reparatur bleibt die Aufpanzerung erhalten. Sperrkörperkupplungen besitzen ein gutes Ansprechverhalten mit geringen Abweichungen über den gesamten Lebenszyklus und finden daher ein weites Einsatzgebiet.

Sternratschen

Sternratschen sind bis heute die am weitesten verbreiteten Überlastkupplungen. Allein die Firma Walterscheid hat mehr als acht Millionen Sternratschen von insgesamt ca. 14 Millionen Überlast- und Freilaufkupplungen produziert.

Diese Sonderstellung ist dem einfachen und damit kostengünstigen Aufbau zu verdanken. Im Prinzip ist die Grundkonzeption der 1950er-Jahre erhalten geblieben. Jedoch ist in

dieser Zeit wiederholt eine Optimierung hinsichtlich Werkstoff, Oberflächenbehandlung, Härteverfahren und Schmierstoff vorgenommen worden.

Aufgrund des kombinierten Kraft-/Formschlusses werden in der Schlupfphase ca. 30 % der Leistung in Wärme umgesetzt. Durch das Pulsieren werden Schwingungen erzeugt, die vom gesamten Antrieb aufgenommen und ertragen werden müssen (**Abbildung 4**). Bei nicht aufeinander abgestimmten Elastizitäten können Resonanzschwingungen auftreten, die die Lebensdauer der Maschine deutlich beeinträchtigen.

Die Drehzahl ist auf 540 min^{-1} und das Drehmoment im Normalfall auf 900 Nm begrenzt.

Haupteinsatzgebiete sind Maschinen für die Grünfüttergewinnung und Heuwerbung, für die Einzelabsicherung von Aggregaten in Maispflückern sowie Baumwollerntemaschinen und Pick-Up-Antriebe.

In den USA ist der Begriff Ratsche aufgrund der starken Axialschläge und der durch die große Masse verursachten Schwingungen der Stirnratsche im Teleskop der Gelenkwelle negativ besetzt. Daher wird die Sternratsche als „radial pin clutch“ bezeichnet. Die Kupplung wird in Nordamerika sowohl im Haupt- als auch im Nebenantrieb mit großem Erfolg vermarktet.

Schaltende Kupplungen

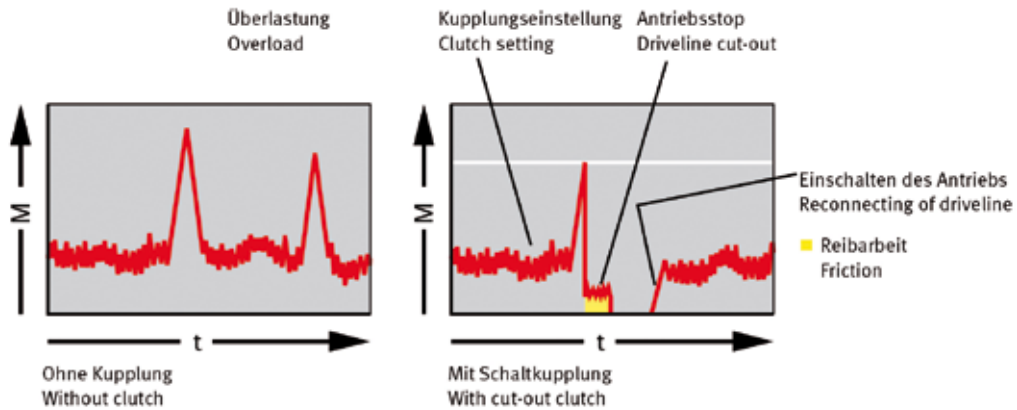
Zunehmende Motorleistungen erfordern Überlastkupplungen, die in der Schlupfphase nur einen geringen Teil der Leistung in Wärme umsetzen. Des Weiteren soll ein Freifahren von Verstopfungen oder gar Blockaden erreicht werden, wie dies bei Scherbolzenkupplungen nicht möglich ist.

Treten Verstopfungen oder Blockaden auf, so können diese durch Schwingungen des pulsierenden Drehmoments freigefahren bzw. behoben werden (**Abbildung 5**). Diesen Effekt erfüllen die automatisch wiedereinschaltende Nockenschaltkupplung und die Keilschaltkupplung.

Breite Anwendung finden diese Kupplungen bei Maschinen der oberen Leistungsbereiche wie Kreiseleggen, Ladewagen, Dungstreuer und Rundballenpressen.

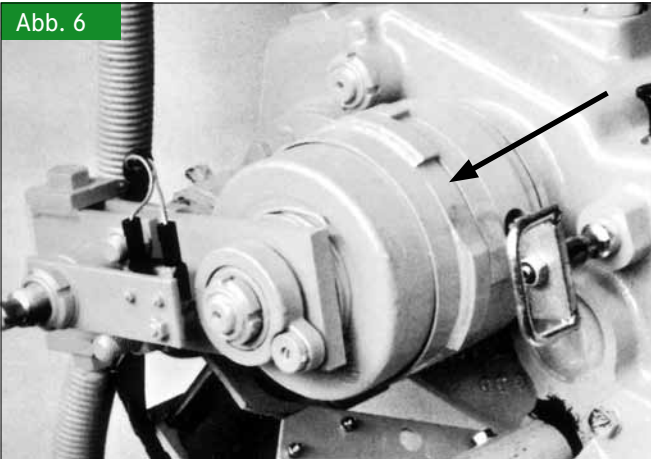
Scherbolzenkupplungen unterbrechen den Antrieb dagegen ohne Restmoment. Sie werden daher vorwiegend bei Nebenan-

Abb. 5



Arbeitscharakteristik von wiedereinschaltenden Kupplungen
 Fig. 5: Operating characteristics of reengaging clutches

Abb. 6



Kugelschaltkupplung als Schnellstop, Schaltscheibe mit Sperrnocken
 (Foto: GKN Walterscheid)
 Fig. 6: Ball-type cut-out clutch as quick-stop device, switching plate with locking cam

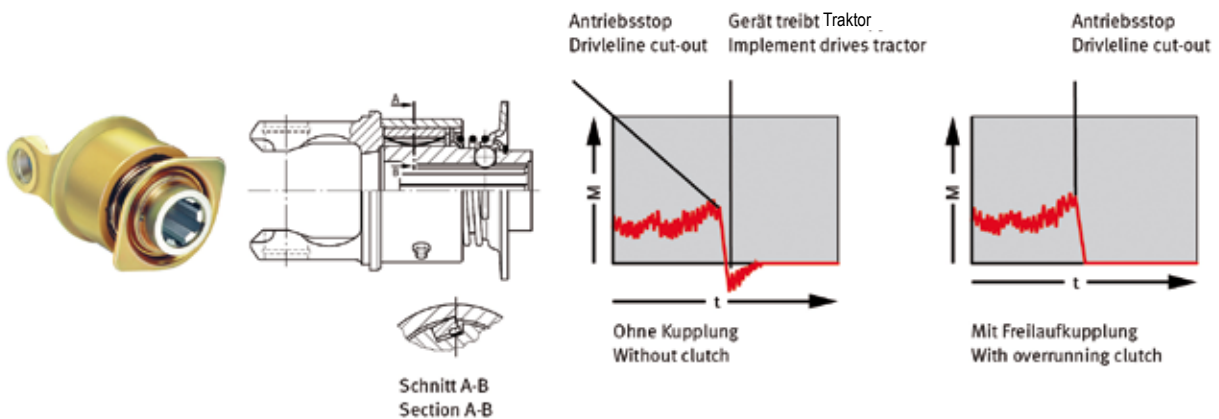
trieben eingesetzt, z. B. bei der Absicherung von Mähscheiben in Scheibenmähern.

Für hohe Drehmomente und lange Schlupfzeiten ist die wartungsarme ölgefüllte Nockenschaltkupplung besonders geeignet, z. B. zur Absicherung von Raffer- und Rotorantrieben in Großpackenpressen.

Nocken- und Keilschaltkupplungen ersetzen die ursprünglich bevorzugt bei Grabenfräsen und Dränagemaschinen eingesetzten Kugelratschen (Baujahr 1954). Mit dem pulsierenden Drehmoment werden im Boden schwer zugängliche Hindernisse, z. B. Steine, zertrümmert oder freigelegt. Schaltende Kupplungen ermöglichen diese Funktion ohne die Maschine zu stark zu beanspruchen.

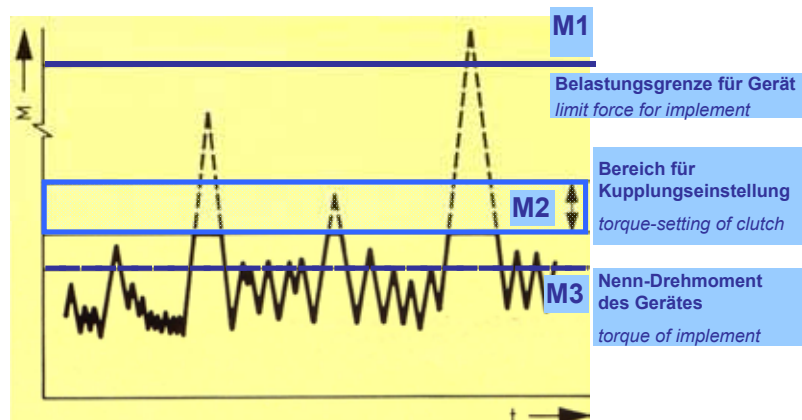
Die Kugelschaltkupplung nimmt als schaltende Kupplung eine Sonderstellung ein, da sie in beiden Drehrichtungen wirksam ist. Vorwiegend wird sie in Schneefräsen und Maisgebissen eingesetzt.

Abb. 7



Aufbau einer Freilaufkupplung und deren Arbeitscharakteristik
 Fig. 7: Design of an overrunning clutch and its operating characteristics

Abb. 8



Verhinderung von Spitzenmomenten durch Überlastkupplungen
 Fig. 8: Preventing peak torques by means of overload clutches

Bei einer Sonderbauform wird die Schaltscheibe von außen angesteuert, sodass das Abschalten unabhängig von einer Drehmomentüberschreitung möglich ist (**Abbildung 6**). In dieser Funktion hat sich diese Kupplung als Schnellstop bei Feldhäckslern in Verbindung mit Metalldetektoren hervorragend bewährt. Nach der Ansteuerung der Schaltscheibe durch eine Klinke wird der Antrieb unterbrochen und nach maximal einer Viertelumdrehung kommt der Antrieb zum Stillstand, das heißt bei einer Drehzahl von 600 min^{-1} nach nur $0,025 \text{ sec}$.

Freilaufkupplungen

Freiläufe übertragen das Drehmoment in nur einer Richtung. Bei entgegengesetzter Drehrichtung drehen sie ohne Mitnahme frei durch (**Abbildung 7**). In der Landtechnik werden vorwiegend Sperrkörperfreilaufkupplungen eingesetzt, da sie bei gleichem Bauraum eine deutlich höhere Kapazität haben als Klemmkörperfreiläufe, die nur auf Reibschluss basieren. Die Bindung an eine feste Teilung ist dabei häufig erwünscht.

Bevorzugte Anwendungen sind Kreiselmäherwerke, Mulcher und Maschinen mit hohen Drehmassen wie Schwungradantriebe, häufig kombiniert als Reibfreilaufkupplung.

Feldmessungen für die Auslegung von Überlastkupplungen und Antriebskomponenten

Um mechanische Antriebssysteme durch Überlastkupplungen vor außergewöhnlichen Belastungen zu schützen, sind die Einsatzverhältnisse wie auch die Maschinenfunktion genau zu berücksichtigen (**Abbildung 8**). Dies geschieht durch Feldmessungen, bei denen das mittlere Drehmoment und auch wiederkehrende Drehmomentspitzen erfasst werden.

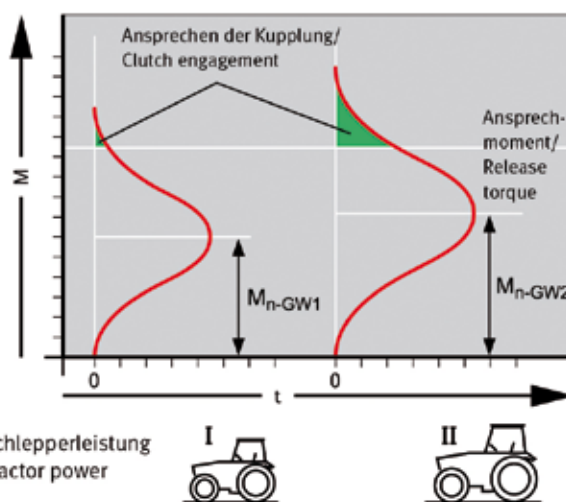
Feldmessungen werden seit Mitte der 1950er-Jahre vorgenommen. In dieser Zeit erfolgen allein von Walterscheid mehr als 7000 solcher Messungen. Heute werden hierzu rechnergestützte Verfahren mit modernen Auswerte- und Dokumentationsmethoden eingesetzt. Die Messdaten dienen zur Dimensionierung und Auslegung des gesamten Antriebsstrangs.

Gleichzeitig bilden diese Daten die Grundlage für Prüfstand- und Labortests. Die Hersteller können auf diese Daten zur Optimierung von Maschinen zugreifen.

Das Ansprechmoment der Überlastkupplung muss deutlich oberhalb der wiederkehrenden Arbeitsdrehmomente liegen. Ein zu häufiges Ansprechen behindert den Arbeitsablauf und wird vom Nutzer nicht akzeptiert. Nur bei Drehmomentspitzen, die die Haltbarkeit der Maschine gefährden, sollen Überlastkupplungen ansprechen. Weiterhin besteht durch zu häufiges Ansprechen die Gefahr der Überhitzung und eines vorzeitigen Verschleißes der Überlastkupplung.

Zu schwach dimensionierte Maschinen können allerdings auch durch Überlastkupplungen nicht zuverlässig vor einem vorzeitigen Ausfall geschützt werden. So wird auch bei gleichem Ansprechmoment der Kupplung die Maschine mit der

Abb. 9



Maschinenbelastung bei Verwendung unterschiedlicher Traktorleistungen

Fig. 9: Implement load as a function of the tractor power

Abb. 10



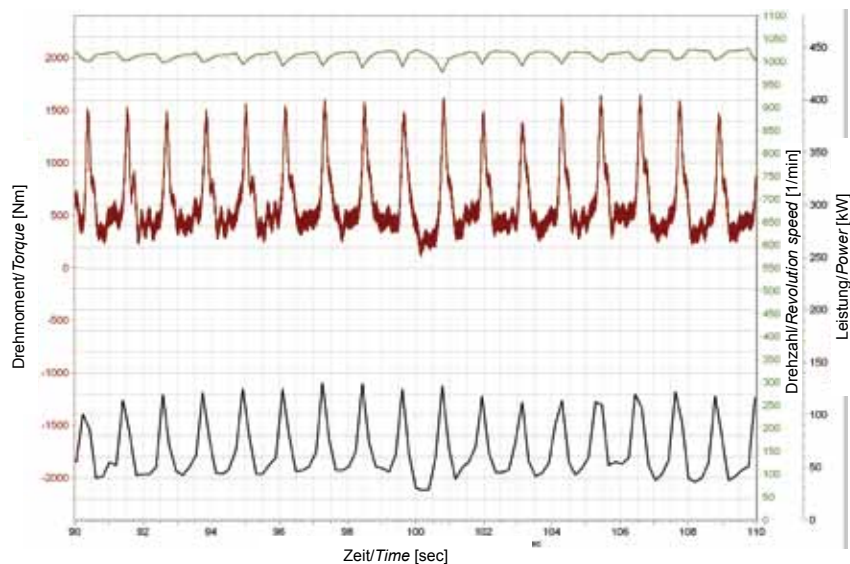
Messnaben, Verstärker und Registrierausrüstung (links), rechnergestützte Auswerteeinheit (rechts) (Foto: GKN Walterscheid)
 Fig. 10: Measuring hubs, amplifier and recording equipment (left), computer-aided evaluation unit (right)

Abb. 11



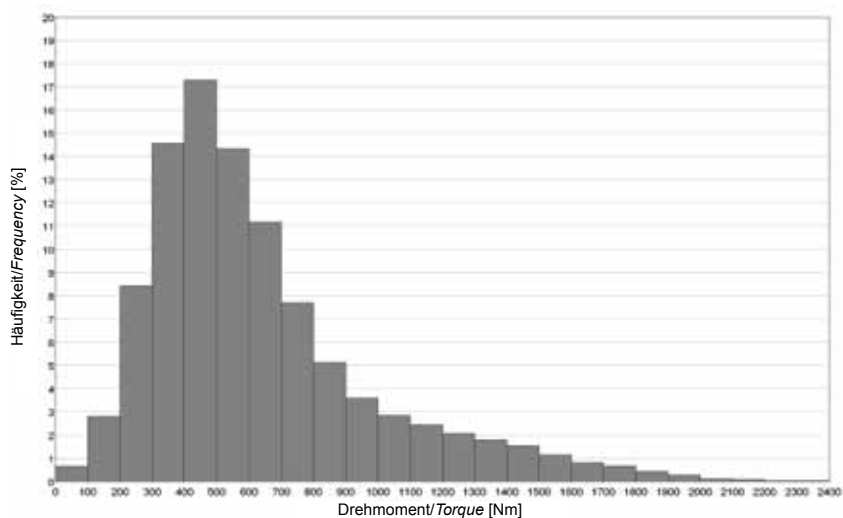
Feldmessung Anordnung der Messnabe für Drehmoment und Drehzahl und Verkabelung zum Traktor (Foto: GKN Walterscheid)
 Fig. 11: Field measurement; arrangement of the measuring hub for torque and speed and wiring to the tractor

Abb. 12



Messschrieb Großpackenpresse: Drehmoment, Drehzahl und Leistung des Hauptantriebs
 Fig. 12 Field measurement big baler: torque, revolution speed and power of main driveline

Abb. 13



Lastkollektiv einer Großpackenpresse
 Fig. 13 Load cycle diagram of a big baler

höheren Traktorleistung im Durchschnitt deutlich höher belastet. **Abbildung 9** zeigt, dass die mittleren Maschinenmomente dadurch deutlich höher werden ($M_{n-GW2} > M_{n-GW1}$). Das trifft ebenso für die Überlastkupplung zu, da sie durch das häufigere Ansprechen stärker beansprucht wird (grünes Feld in der Grafik). Daher müssen Ansprechverhalten und Ansprechmoment der Kupplung auf die Festigkeit und Drehmomentcharakteristik der Maschine ausgelegt werden.

Abbildung 10 zeigt moderne Messeinrichtungen und deren Anwendung. Die Messausrüstung ist als kompakte Einheit für den mobilen Einsatz ausgelegt (**Abbildung 11**).

Bei Feldmessungen werden Drehmomente und Drehzahl gemessen. Daraus wird die Leistung berechnet (**Abbildung 12**).

Das Lastkollektiv für die Auslegung des gesamten Maschinenantriebs wird aus den gemessenen Daten computerunterstützt ermittelt (**Abbildung 13**).

Neben den Messungen im Hauptantrieb erfolgen ergänzend Messungen in Nebenantrieben sowie an weiteren Antriebskomponenten und diversen Maschinenaggregaten.

Schlussfolgerungen

Auch künftig wird die Entwicklung der Überlastkupplungen weiteren Leistungssteigerungen sowie neuen Maschinenkonzepten und deren Einsatzvielfalt folgen. Das gilt sowohl für den Hauptantrieb wie auch für die Aggregate innerhalb der Maschine. In Zukunft werden hydraulische und elektrische Antriebe die Entwicklung mechanischer Überlastkupplungen wesentlich beeinflussen.

Autor

Dipl.-Ing. Clemens Nienhaus ist Mitglied im VDI-MEG Fachausschuss Geschichte der Agrartechnik, Höfferscheid 23, 53819 Neunkirchen-Seelscheid, E-Mail: clemnienhaus@freenet.de