

des Rindes, ihre Ursachen und ihre Behandlung. — Berlin: Schoetz 1944, 213 S.

10. RÖSENER, P.: Ein klinischer Beitrag zur Behandlung nymphomaner Rinder durch intrafollikuläre Injektion von Prolan. — Bayer. Veterinärmedizinische Nachr. (1957) S. 143—154.
11. SONNENBRODT, A. U. R. RÄNNINGER: Die Nymphomanie in der Rindviehzucht des Waldviertels (Niederdonau), eine Erbkrankheit. — Z. Tierzücht. u. Zücht.-Biol. 58 (1949), S. 108—117.
12. STOCKKLAUSNER, F.: Die Zuchtschäden, vom züchterischen Standpunkt betrachtet. Bekämpfung der

Aufzuchtkrankheiten. — 9. Salzburger Tagung der Fachtierärzte f. d. Bekämpfung der Aufzuchtkrankheiten. 1938. — Hannover: Schaper 1939.

13. — Die Fruchtbarkeit als Konstitutionsmerkmal. — Mitt. Bayer. Landesanst. f. Tierzucht Grub 5 (1957) S. 11—17.
14. — Die Konstitution in Theorie und Praxis der landwirtschaftlichen Tierzucht. — Z. Tierzücht. u. Zücht.-Biol. 69 (1957) S. 97—126.
15. Breeding methods for cattle, pigs and poultry in the United States. — Paris: OEEC, 1957.

Hans-Helmut Coenenberg, Institut für Schlepperforschung

ZUM EINFLUSS DER KUPPLUNG AUF DIE LEBENSDAUER DES SCHLEPPERTRIEBWERKS

Das aus der Kupplung, dem Wechselgetriebe, dem Achsantrieb und den Bremsen sowie Zapfwellen- und Hilfsantrieben bestehende Schleppertriebwerk verrichtet im allgemeinen während der ganzen Lebensdauer des Schleppers störungsfrei seinen Dienst. Nur die Bremsen und die Kupplung als Verschleißteile müssen von Zeit zu Zeit instandgesetzt werden. Es kommen aber auch Schäden und Brüche an Getriebeteilen vor, die einerseits als Gewaltbruch nach einer außerordentlich hohen Überlastung des Schleppers, andererseits ohne ersichtlichen Anlaß als Dauerbruch auftreten können. Elektronische Messungen (Bild 1) haben in den letzten Jahren gezeigt, daß in vielen Fällen die Kupplung als eigentliche Bruchursache angesehen werden muß, weil sie die ihr zugeordnete Funktion als Sicherheitsglied (Drehmomentbegrenzer) nur sehr unvollkommen zu erfüllen vermag. Deshalb soll im folgenden ihr wesentlicher Einfluß auf die Triebwerksbeanspruchungen besprochen werden.

Beim Anfahren

Jeder Kraftfahrer und erst recht jeder Schlepperfahrer kennt das unbehagliche Gefühl beim Anfahren, wenn er das Kupplungspedal zu schnell freigab. Das Fahrzeug macht einen kleinen Satz, bleibt fast wieder stehen und kommt erst nach dem nächsten Satz und weiterem „Hoppeln“ in Fahrt. Dabei hat man vielleicht das Gefühl, daß diese Anfahrmethode nicht nur einem selbst, sondern auch den Getriebeteilen „weh“ tun dürfte. Eingehende Messungen haben diesen Verdacht bestätigt.

Stellt man sich den beschriebenen Anfahrvorgang mit „hartem Schnappenlassen“ der Kupplung sehr stark verlangsamt vor, so läßt sich eine Reihe aufeinander folgender Einzelvorgänge erkennen (Bild 2).

Der grundsätzliche Aufbau und die Wirkungsweise der allgemein vorhandenen Einscheiben-Trockenkupplungen darf in diesem Zusammenhang als bekannt vorausgesetzt werden. Sie ist auch aus den Schlepperhandbüchern oder Betriebsanleitungen ersichtlich.

Beim Loslassen des Kupplungspedals wird die bis dahin noch stehende Kupplungs-Mitnehmerscheibe sehr schnell zwischen den Gleitflächen des Schwun-

rades und des Anpreßrings der Kupplung fest eingeklemmt und mitgenommen. Sie kann sich auch bei noch stehendem Fahrzeug mitdrehen, weil die Kupplungs-, Getriebe- und Hinterachswellen drehelastisch sind und sich wie eine Feder „aufziehen“ lassen. Bei dem Beschleunigen der Räder und des Fahrzeuges müssen aber neben dem eigentlichen Fahrwiderstand noch deren Massenträgheiten überwunden werden. An den Radnaben tritt daher ein entsprechender Drehwiderstand auf, der dieses „Aufziehen“ der Wellenstränge von der Kupplung

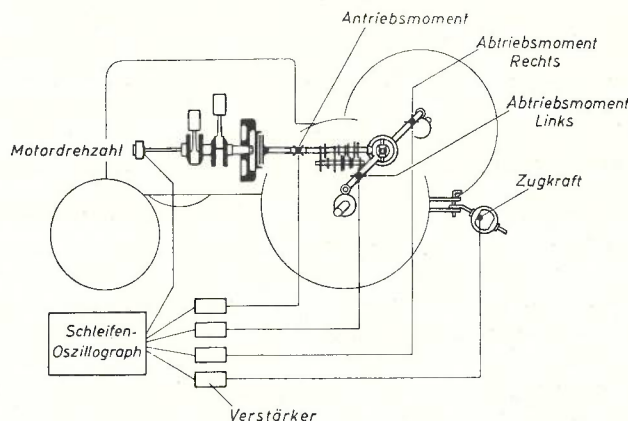


Bild 1: Anordnung der Meßstellen am Versuchsschlepper. Schematische Darstellung nach STRAUB*).

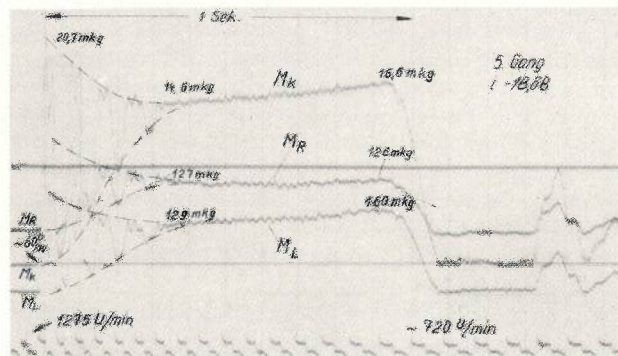


Bild 2: Drehmomentverlauf beim „Schnappenlassen“ der Kupplung (MK = Drehmoment der Kupplungswelle; MR und ML = Drehmomente an den Rädern).

*) STRAUB, H.: Drehmomentmessungen an Lastwagen und Ackerschleppern. — ATZ 58 (1956) H. 5, S. 139—144.

zu den Rädern bewirkt. Bei neueren und leichten Schleppern kann es im ersten Gang bis zu einer vollen Umdrehung und mehr an der Kupplung betragen.

Nach Erreichen eines genügend großen Drehmoments beginnen sich die Räder zu drehen, aber im Verhältnis zu der in der Kupplung eingeleiteten Bewegung viel zu träge und langsam. Das Drehmoment an der Kupplung steigt dadurch unentwegt an, bis die Kraft der Kupplungsfedern nicht mehr zum Festhalten der Kupplungsscheibe ausreicht. Sie beginnt dann zu rutschen und wird nicht weiter mitgenommen.

Der bisher beschriebene Vorgang kann vom Loslassen des Kupplungspedals bis zum Einpressen der Kupplungsscheibe etwa eine zehntel Sekunde dauern, der Drehmomentanstieg selbst kaum eine hundertstel Sekunde bis zum beginnenden Durchrutschen der Kupplungsscheibe. Durch den Übergang zum Gleiten fallen der Reibwert und damit das übertragene Drehmoment sofort erheblich ab. Bei diesem ruckweisen Anfahren kommt auch meist ein Gleiten der Triebtradreifen auf der Fahrbahn oder dem Boden hinzu. Dessen Größe und Dauer hängen sehr von dem zum Anfahren gewählten Gang und von den augenblicklich vorhandenen Kraftschlußverhältnissen zwischen Reifen und Fahrbahn ab.

Die unterschiedlichen Reibwerte in der Kupplung bei verschiedener Gleitgeschwindigkeit, das begonnene Anfahren des Fahrzeuges sowie die Drehfeder- und Massenverhältnisse ergeben damit einen schnellen Abfall des Drehmoments im Triebwerk, bis die Reibung wieder ausreicht, die Kupplungsscheibe erneut mitzunehmen; das schnell ansteigende Drehmoment bringt die Scheibe bald wieder zum Durchrutschen, wobei das Drehmoment wieder abfällt usw. Das läuft in einem sich periodisch schnell wiederholenden Vorgang ab, der aber meist nach einigen Schwingungen abflaut.

Dann wird ein Zustand erreicht, bei dem die Kupplungsscheibe nur noch gleichmäßig gleitend mitgenommen wird. Das Rutschmoment muß dabei aber 2—3mal größer als das Vollastdrehmoment des Motors bleiben, damit die Kupplung nicht schon im normalen Fahrbetrieb zum Rutschen gebracht wird. Dadurch fällt die Motordrehzahl je nach der Schwungradgröße mehr oder weniger schnell ab. Gleichzeitig nehmen aber die Drehzahl der Kupplungsscheibe und die um ein entsprechendes Vielfaches kleinere der Triebräder zu. Die Gleitgeschwindigkeit in der Kupplung wird also kleiner, wobei das übertragene Drehmoment noch etwas ansteigt. Nach einer gewissen Zeit kann die Kupplungsscheibe wieder fest haften, weil Drehzahlgleichheit in der Kupplung erreicht wurde. Dann ist das Würgen des Motors, bei dem das Schwungrad Energie abgeben konnte, beendet. Dadurch fällt das übertragene Drehmoment fast schlagartig auf einen Wert der Dauerlast ab, der dem augenblicklich vorliegenden Fahrzustand entspricht.

Die von der Kupplung zu den Rädern übertragenen Drehmomente können also kurzzeitig auf das Drei- bis Vierfache des höchsten vom Motor dauernd abgegebenen Drehmoments ansteigen. Bei schadhafter Kupplung können die Drehmomentspitzen auch noch über das Vierfache hinausgehen und dadurch Gewaltbrüche herbeiführen. Je

nach der Fahrweise und der Schwungradgröße des Motors kann die Rutschzeit der Kupplung, während der diese hohen Momente auftreten, auch eine Sekunde und länger betragen. Nur bei sanftem Einkuppeln wird das Rutschmoment der Kupplung nicht erreicht.

Diese durch die Kupplung verursachten hohen Drehmomentspitzen stellen für das Triebwerk Beanspruchungen dar, die je nach dem gewählten Gang die Dauerfestigkeit vieler Getriebeteile wesentlich überschreiten können. Das bedeutet, daß z. B. nach 100 000 oder vielleicht auch nur 10 000 solcher Belastungen ein Dauerbruch auftreten kann. Wollte man das Triebwerk auch für diese Beanspruchungen dauerfest machen, so würde es erheblich schwerer und teurer. Erfahrungsgemäß würden die Brüche dann an anderen Stellen, z. B. an den Rädern oder am Motor auftreten.

Die Zahl der Einkuppelvorgänge ist auch wesentlich größer, als üblicherweise angenommen wird. Nach Untersuchungen beim Schleppereinsatz im praktischen landwirtschaftlichen Betrieb muß man im großen Durchschnitt mit etwa 20 Einkuppelvorgängen je Motorlaufstunde rechnen. Die Abweichungen von diesem Mittelwert können aber sehr groß sein, denn beim Eggen oder Scheibeneggen z. B. kommt man mit 3 bis 5 Einkuppelvorgängen je Motorlaufstunde aus, während z. B. bei schwerer Pflugarbeit in Hanglagen bzw. auf sehr kleinen Parzellen mit häufigem Gangwechsel oder bei der Arbeit mit Sammelrotern 40—50 Einkuppelvorgänge je Stunde notwendig werden. Bei Laderbetrieb z. B. kann diese Zahl sogar bis zu 200 je Motorlaufstunde anwachsen.

Während der Fahrt

Ähnliche hohe Belastungen des Schleppertriebwerks wie beim Einkuppeln können aber auch bei anderen Fahrzuständen eintreten. Wird z. B. bei scharfem Bremsen nicht ausgekuppelt, so würgt man mit den Bremsen auch den Motor ab. Beim Anschleppen mit einem anderen Fahrzeug zum Anlassen des Motors muß man bekanntlich ebenfalls sehr hart einkuppeln, um die Schwungenenergie der Triebräder zum Durchdrehen ausnutzen zu können. Dabei bringt man ebenfalls zwangsläufig die Kupplung zum Rutschen und erzielt ähnlich hohe Drehmomente wie beim Anfahren.

Während bei den bisher erwähnten Fahrzuständen die Drehmomentspitzen im Triebwerk von dem Motor und seinem Schwungrad her verursacht werden, wobei die Kupplung als Drehmomentbegrenzer wirken soll, können hohe Belastungen auch durch die Ungleichförmigkeit des Abtriebs bewirkt werden. Das allgemeine Niveau der Triebwerksbelastung hängt dabei einerseits von der Last auf den Triebädern, andererseits von dem möglichen Kraftschluß zwischen den Rädern und dem Boden oder der Fahrbahn ab.

Zur Zugkraftsteigerung verwendet man heute immer mehr Zusatzgewichte an den Rädern, Wasserfüllung der Reifen, Gleitschutzketten, Klappgreifer und das Aufsatteln von Anhängern. Durch Anbaugeräte und Maßnahmen am Kraftheber kann man bei Feldarbeiten die Last auf der Triebachse ebenfalls wesentlich vergrößern. Damit wird aber auch das Niveau der Triebwerksbeanspruchungen erhöht.

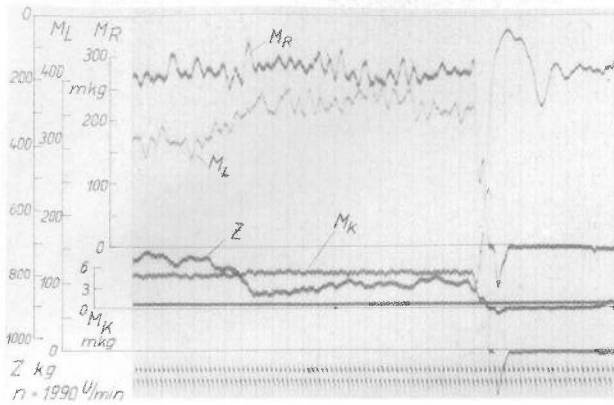


Bild 3: Drehmomentverlauf bei schwerer Zugarbeit (Z = Zugkraft).

Verhältnismäßig hohe, aber gleichmäßige Triebwerksbeanspruchungen schaden dabei nichts. Sie sind aber nur selten so gleichmäßig, wie es meist angenommen wird. Messungen des Drehmomentverlaufs an den Achswellen lassen z. B. das Einfassen jedes Reifenstollens in den Boden genau erkennen (Bild 3). Im Verhältnis zum Durchschnittswert des Drehmoments bleiben diese Schwankungen aber noch gering. Auf ungleichmäßigen und steinigten Böden wird dieses Bild dagegen völlig von dem Einfluß des Bodens überdeckt. Von dem Fahrer als unangenehm empfundenen „Springen“ und „Arbeiten“ des Schleppers ergibt auch für das Triebwerk Drehmomentschwankungen, die bis zum etwa Doppelten des Durchschnittswertes und noch höher ansteigen können.

Beim Arbeiten mit Klappgreifern auf festen Böden ergibt sich bei entsprechender Wahl der Fahrgeschwindigkeit z. B. ein fühlbares „Hoppeln“ des ganzen Schleppers. Die Greifer fassen dann gleichzeitig in den Boden ein, werfen den Schlepper etwas hoch und dabei vorwärts. Danach haben die Triebräder etwas höheren Schlupf bis zum Einfassen der nächsten Greifer. Bei vielen und nicht ausgeprägt profilierten Greifern auf dem Radumfang fährt man weicher und angenehmer, dann faßt aber der einzelne Greifer schlechter und die Zugkraftsteigerung ist kleiner als bei weniger und höheren Greifern.

Nach den bisherigen Messungen (Bild 4) wird die Zugkraftsteigerung durch das Fahren mit Klappgreifern aber relativ teuer erkauft, weil sich Drehmomentschwankungen ergeben, deren Spitzen weit über die ohne Greifer auf fester Fahrbahn erhaltenen, höchsten Drehmomente hinausgehen können. Damit können auch diese Drehmomentschwankungen im Schleppertriebwerk Beanspruchungen verursachen, die wesentlich über das vom Konstrukteur als möglich und zumutbar Erachtete hinausgehen.

Es kann Fälle geben, wo man ohne Klappgreifer und vielleicht sogar ohne das Vorwerfen von Knüppeln vor die Räder einfach nicht herauskommt. Dann muß man sich aber darüber im klaren sein, daß der Schlepper damit schon überfordert werden kann. Im Einzelfall wird es zwar normalerweise kaum zum Bruch kommen. Werden diese Hilfsmittel aber häufiger und ohne jede Rücksicht auf die Folgen angewendet, so können Brüche, speziell Dauerbrüche, auftreten.

Eigenartigerweise zeigte sich bei den Messungen an

einem Versuchsschlepper, daß diese Überlastungen an den Triebrädern vielfach nicht mehr in voller Höhe bis zur Kupplung gelangten. Es scheinen damit, je nach Bauart, bei hohen Belastungen Klemmwirkungen im Achsantrieb vorzuliegen, die die Ausgleichwirkung des Differentials beeinträchtigen und auch das Weiterleiten der Drehmomente zu dem Wechselgetriebe und zur Kupplung unterdrücken. Dagegen werden die von der Kupplung verursachten Spitzen nur wenig gedämpft.

Schlußfolgerungen

Berücksichtigt man, daß die Überlastungen durch Drehmomentschwankungen an den Rädern nur vereinzelt vorkommen (oder wenigstens sollten), so ist ersichtlich, daß die durch die Kupplung verursachten Beanspruchungsspitzen im Triebwerk am häufigsten sind. Hinsichtlich ihrer Zahl und Höhe spielen als Einflußgrößen die Konstruktion der Kupplung sowie die des ganzen Schleppers, die Pflege und Instandsetzung sowie die Fahrweise eine Rolle.

Die Höhe des Rutschmoments der Kupplung liegt dadurch fest, daß den im Betrieb auftretenden Drehmomentschwankungen und der Streuung des Reibwertes in der Kupplung im Betrieb Rechnung getragen werden muß. Mit der Entwicklung gleichmäßig arbeitender und temperaturbeständiger Belagsorten kann das Rutschmoment etwas gegen die heute üblichen Werte gesenkt werden.

Von gleicher Bedeutung ist aber die rechtzeitige Instandsetzung einer schadhaft werdenden Kupplung. Das kann der Fahrer einerseits an dem erforderlich werdenden, häufigeren Nachstellen und daran erkennen, daß die Kupplung entweder zu „weich“ oder zu „hart“ greift oder sogar „hakt“. In allen Fällen muß etwas geschehen.

Während die Konstruktion und die Wartung bzw. Instandsetzung die Größe des Kupplungsrutschmoments beeinflussen, kann der Fahrer durch vorsichtiges Einkuppeln vor allem die Zahl dieser Spitzendrehmomente verringern. Bei sanftem „Greifen“ der Kupplung kann bei geschickter Bedienung des Kupplungspedals das Erreichen des Rutschmoments häufig und besonders in den Fällen vermieden werden, in denen sonst durch Schwingungen diese Spitzen besonders ausgeprägt auftreten würden.

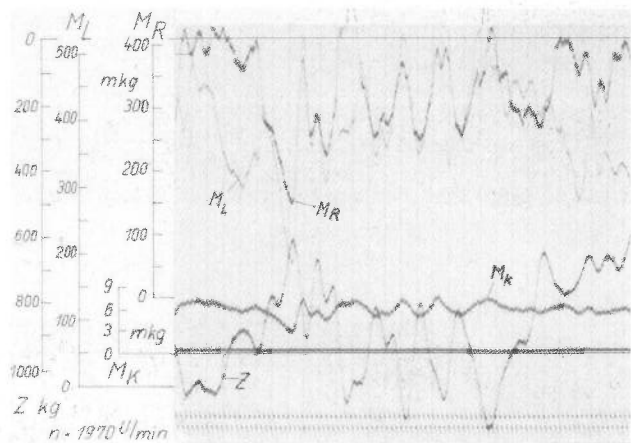


Bild 4: Drehmomentverlauf bei schwerer Zugarbeit mit Klappgreifern.