

L'essieu directionnel forcé garantit un niveau de sécurité élevé

Au cours des dix dernières années, les remorques agricoles sont devenues considérablement plus lourdes. Le poids remorqué maximum autorisé est passé de 28 à 34 tonnes en 2001, puis à 40 tonnes en 2005. De plus en plus d'agro-entrepreneurs et d'agriculteurs veulent profiter pleinement de cette hausse, bien que les tracteurs agricoles courants ne soient à vrai dire pas adaptés pour les transports routiers prolongés et notamment pour des poids aussi importants.

La fonction de base d'un tracteur est de transporter des appareils, mais il peut également, conformément à l'art. 118a de l'OETV, faire valoir l'allègement stipulé à l'art. 119a, en vertu duquel le poids d'adhérence peut être inférieur à 25% du poids effectif. Mais sans ce poids d'adhérence, le train routier ne peut plus démarrer, selon OETV 54/3, dès lors qu'une pente dépasse 15%, le poids manquant tout simplement au niveau de l'essieu sollicité. Ce point est donc à prendre en compte.

Risque de danger élevé

Les poids élevés en combinaison avec des entraxes importants au niveau des remorques à essieu central avec mécanisme de roulement tandem et tridem sollicitent tout particulièrement les roulements des roues si des essieux rigides sans direction sont utilisés. L'usure des pneus augmente aussi de façon disproportionnée avec la hausse du poids de la remorque. À cela vient s'ajouter une autre problématique: au niveau des remorques à essieux tandem avec un entraxe important ainsi que pour des essieux tridem, en fonction de l'inclinaison et de la nature de la route, dans certaines situations, le véhicule tracteur ne développe même plus la force nécessaire pour prendre des virages avec un véhicule pleinement chargé. Les forces ou les tensions engendrées entre le véhicule tracteur et la remorque deviennent imprévisibles et présentent un risque majeur en termes de sécurité. Ces forces pouvant changer très rapidement, le conducteur risque de perdre le contrôle du train routier. L'apparition répétée de forces aussi élevées entraîne tôt ou tard une usure des matériaux et un endommagement accru des composants du châssis.

Solutions techniques

En principe, il existe deux possibilités pour empêcher l'apparition de ces tensions importantes dans les virages. Soit on utilise un essieu rigide en combinaison avec un ou deux essieux entraînés non guidés, soit on utilise des essieux directeurs ou des essieux entraînés avec direction forcée.

Les essieux entraînés non guidés constituent la solution la plus simple sur le plan technique et aussi la plus économique, mais présentent néanmoins quelques inconvénients: d'une part, les essieux entraînés non guidés doivent être verrouillés pour la marche arrière. Cela signifie que les inconvénients cités plus haut se présentent à nouveau pour la marche arrière. En outre, avec des essieux entraînés non guidés présentant un mauvais ajustement de la géométrie de la direction, des vibrations dangereuses des roues peuvent se présenter en fonction de l'état de charge et de l'usure des pneus. Ce qui entraîne une usure accrue ainsi que des risques supplémentaires en termes de sécurité.

Avec des essieux entraînés guidés par adhérence, la stabilité de la remorque dans les virages est en outre nettement inférieure, car les forces de guidage agissant transversalement par rapport au sens de la marche sont supportées uniquement par le seul essieu rigide. Ceci les sollicite très fortement, ce qui augmente par exemple nettement le risque de dérive ou de glissade sur une route glissante. Les essieux entraînés présentent un autre inconvénient: leur angle de direction est limité, ce qui implique des restrictions majeures, notamment en présence d'un faible rayon de direction.

Sur les véhicules à essieux entraînés guidés par adhérence, un essieu doit toujours rester rigide afin que le gui-

Landwirtschaftliche Anhänger sind in den letzten zehn Jahren bedeutend schwerer geworden. Im Jahr 2001 wurde das maximal erlaubte Gesamtzuggewicht von 28 auf 34 Tonnen erhöht, im Jahr 2005 erfolgte eine weitere Erhöhung auf 40 Tonnen. Immer mehr Lohnunternehmer und auch Landwirte wollen diese Erhöhung in vollem Masse nutzen, obwohl der handelsübliche landwirtschaftliche Traktor für längere Strassen Transporte und insbesondere für solch hohe Gewichte eigentlich nicht geeignet ist.



Zwangslenkung bietet hohen Grad an Sicherheit

Der Traktor ist in seiner Grundaufgabe ein Geräteträger, kann aber gemäss VTS Art. 118 a die Erleichterung aus dem Art. 119 a beanspruchen, wonach auf ein Adhäsionsgewicht von 25% des Gesamtzugsgewichtes verzichtet werden kann. Doch ohne dieses Adhäsionsgewicht kann der Anhängerzug gemäss VTS 54/3 in

einer Steigung von 15% nicht mehr anfahren, da schlicht das Gewicht auf der getriebenen Achse fehlt. Diesem Umstand ist daher genügend Beachtung zu schenken.

Hohes Gefahrenpotenzial

Hohe Gewichte in Verbindung mit grösseren Achsabständen bei Zen-

tralachsanhängern mit Tandem- und Tridemfahrwerken überfordern insbesondere die Radlager, wenn starre Achsen ohne Lenkung verwendet werden. Auch der Reifenverschleiss steigt mit zunehmendem Anhänger-gewicht überproportional stark an. Dazu kommt eine weitere Problematik: Bei Anhängern mit Doppelachsen mit grossem Achsabstand, sowie bei Dreifachachsen bringt das Zugfahrzeug, je nach Neigung und Beschaffenheit der Fahrbahn, in gewissen Situationen gar nicht mehr die erforderliche Kraft auf, um mit voll beladenem Fahrzeug eine Kurvenfahrt auszuführen. Die zwischen Zugfahrzeug und Anhänger auftretenden Kräfte bzw. Spannungen werden unberechenbar und stellen ein grosses Sicherheitsrisiko dar. Da sich diese Kräfte sehr schnell verändern, besteht die Gefahr, dass der Fahrer die Kontrolle über den Anhängerzug verliert. Das wiederholte Auftreten solch grosser Kräfte führt über kurz oder lang zu Materialermüdung und schwerer Beschädigung von Fahrwerkskomponenten.

Es gibt technische Lösungen

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, das Auftreten dieser grossen Spannungen bei Kurvenfahrten zu verhindern. Entweder, es wird eine starre Achse in Verbindung mit einer oder zwei ungelenkten Nachlaufachsen eingesetzt, oder aber es kommen Lenkachsen oder Nachlaufachsen mit Zwangslenkung zum Einsatz.

Ungelenkte Nachlaufachsen stellen die technisch einfachere und wesentlich günstigere Lösung dar. Sie weisen jedoch einige Nachteile auf: Einerseits müssen ungelenkte Nachlaufachsen für die Rückwärtsfahrt gesperrt werden. Das bedeutet, dass die oben beschriebenen Nachteile bei Rückwärtsfahrt wiederum auftre-



dage latéral soit garanti. L'essieu conçu en tant qu'essieu rigide dépend du véhicule et des exigences. Plus l'essieu rigide se trouve à l'avant du véhicule, plus la remorque suit fidèlement le tracteur. Si l'essieu le plus avant d'une remorque à trois essieux est monté de façon rigide, la remorque est au plus près de la trace du tracteur, mais l'essieu arrière doit tellement tourner que l'angle de direction de l'essieu entraîné ne suffit pas et ne peut donc pas suivre le rayon de la courbe. Avec cette constellation, il faudrait monter un essieu directeur qui présente toutefois de très mauvaises propriétés d'entraînement. Si l'essieu central est conçu en tant qu'essieu rigide, les deux autres essieux doivent tourner par inertie dans le sens contraire. Le rayon de direction est ainsi plus grand et un essieu entraîné peut être monté sans problème. Si l'essieu arrière est conçu en tant qu'essieu rigide, il n'y a aucun problème d'angle d'entraînement restreint, mais la remorque roule très largement à l'intérieur de la trace du tracteur et l'attelage a besoin de plus de place pour faire demi-tour.

Avec ces trois versions, l'usure des pneus peut être fortement réduite, mais toutefois pas minimisée comme avec l'essieu directionnel forcé.

Le choix approprié pour les remorques lourdes

Alors que des essieux entraînés guidés par adhérence et bien adaptés représentent souvent une solution satisfaisante pour les remorques plus légères avec un empattement plus petit,

l'essieu directionnel forcé est clairement la solution à privilégier pour les remorques lourdes à empattement important et les remorques à trois essieux. La remorque est plus facile à tirer dans les virages et les sollicitations du châssis sont en grande partie annulées. L'usure des pneus, la consommation de carburant et l'usure du mécanisme de direction sont réduites au maximum en présence d'une configuration appropriée.

Un avantage décisif par rapport à des véhicules à essieux entraînés non guidés réside dans le guidage actif des essieux, y compris pendant la marche arrière. En même temps, la sécurité routière est nettement augmentée car la remorque roule toujours proprement derrière le tracteur; aucun dérapage ne survient pendant la course, ni aucune embardée lors des changements rapides de direction ou dans les virages. Autres avantages: une meilleure tenue latérale de la remorque dans les pentes en cas d'ornières ou sur un sol glissant.

Conception technique correcte

Avec tous les types d'essieu directionnel forcé, il faut respecter certains principes de base: la liaison mécanique entre le tracteur et la remorque doit être correcte. Un essieu directionnel forcé ne peut fonctionner correctement que s'il n'y a pas de jeu dans l'accouplement. Un accouplement Pitonfix est donc exclu d'emblée en cas d'utilisation avec essieu directionnel forcé car le jeu provoquerait, y compris sur une route droite, un mouvement de guidage involontaire en cas de chan-

ten. Zusätzlich kann es bei un gelenkten Nachlaufachsen mit schlechter Abstimmung der Lenkgeometrie, in Abhängigkeit von Belastungszustand und Reifenabnutzung, zu gefährlichen Schwingungen der Räder kommen. Diese bringen wiederum einen vergrößerten Verschleiss und zusätzliche Sicherheitsrisiken mit sich.

Mit adhäsionsgelenkten Nachlaufachsen ist zudem die Kurvenstabilität des Anhängers bedeutend geringer, da die quer zur Fahrtrichtung wirkenden Lenkkräfte nur von der einen starren Achse getragen werden. Dies belastet diese sehr stark, was beispielsweise die Gefahr des seitlichen Abdriftens bzw. Abrutschen bei glitschiger Fahrbahn bedeutend erhöht. Nachlaufachsen weisen einen weiteren Nachteil auf: Ihr Lenkwinkel ist beschränkt, was vor allem bei einem kleinen Lenkradius bedeutende Einschränkungen darstellt.

Bei Fahrzeugen mit adhäsionsgelenkten Nachlaufachsen muss immer eine Achse starr bleiben, damit die seitliche Führung gewährleistet ist. Welche Achse dabei als Starrachse ausgelegt wird, ist abhängig vom Fahrzeug und von den Anforderungen. Je weiter vorne am Fahrzeug sich die starre Achse befindet, desto spurtreuer läuft der Anhänger dem Traktor nach. Wird die vorderste Achse eines Tridemanhängers starr eingebaut, ist zwar der Anhänger am

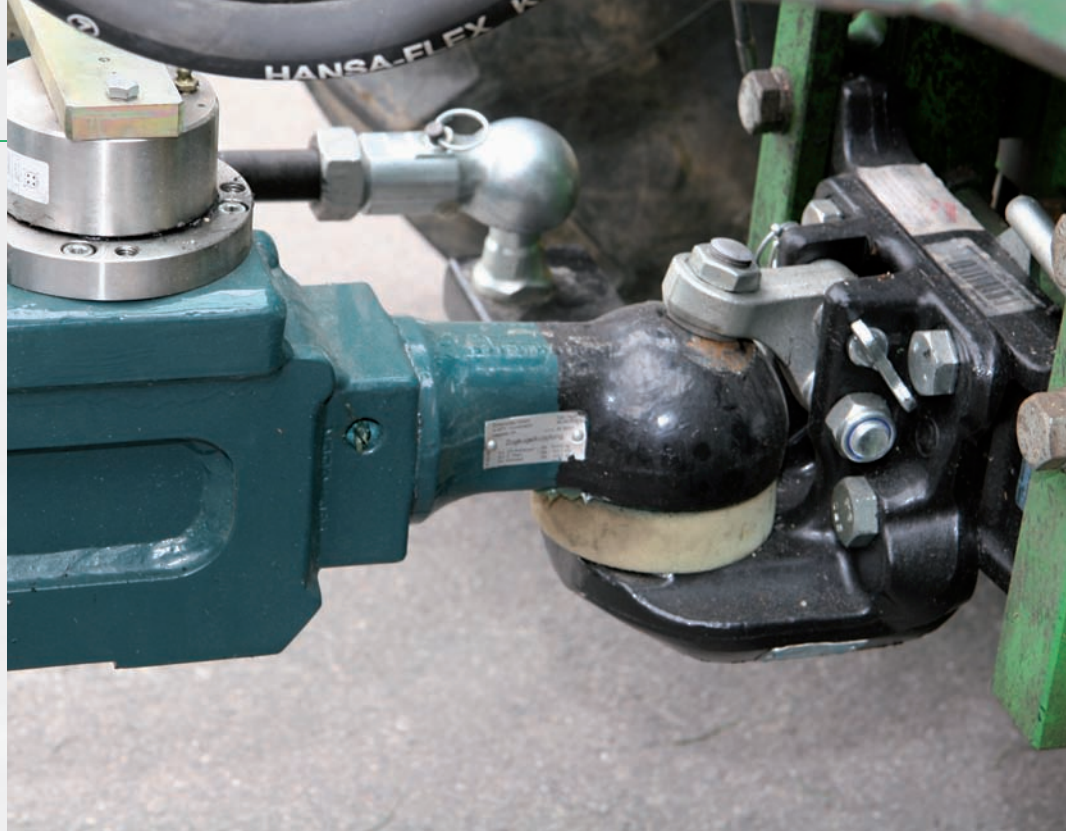


Das Anhängen am Piton-Fix oder Hitch ist für eine Zwangslenkung nicht geeignet, da das Spiel an der Anhängerkupplung von der Zwangslenkung aufgenommen werden muss und diese zerstört.

L'accouplement Pitonfix ou Hitch ne convient pas pour un essieu directionnel forcé, car le jeu de l'attelage doit être absorbé par l'essieu directionnel forcé et endommage celui-ci.

Lenkwinkelsensor an der genormten Anhängervorrichtung. Diese Ausführung kann nur bei diesem Lenksystem angewendet werden, da hier keine Kräfte auf die Ansteuerung erfolgen.

Capteur d'angle de direction sur le dispositif d'attelage normalisé. Cette version peut être utilisée uniquement avec ce système de direction, car ici aucune force n'est exercée sur la commande.



nächsten bei der Traktorspur, jedoch muss die hinterste Achse so stark abdrehen, dass der Lenkwinkel der Nachlaufachse nicht ausreicht und somit dem Kurvenradius nicht folgen kann. Bei dieser Konstellation müsste eine Lenkachse eingebaut werden, welche aber sehr schlechte Nachlaufeigenschaften aufweist. Ist die mittlere Achse als Starrachse ausgeführt, müssen die beiden anderen Achsen gegenläufig nachlaufen. Der Lenkradius ist dann grösser und Nachlaufachsen können dabei problemlos eingebaut werden. Ist die hinterste Achse als Starrachse ausgeführt, gibt es keine Probleme mit beschränktem Nachlaufwinkel, jedoch läuft der Anhänger sehr weit innerhalb der Traktorspur und das Gespann benötigt mehr Wendeplatz. Bei allen drei Ausführungen kann der Reifenverschleiss zwar stark reduziert, jedoch nicht wie bei der Zwangslenkung minimiert werden.

Richtige Wahl für schwere Anhänger

Während gut abgestimmte, adhäsionsgelenkte Nachlaufachsen bei leichteren Anhängern mit kleinerem Achsabstand oft eine befriedigende Lösung darstellen, ist die Zwangslenkung für schwere Anhänger mit grossem Achsabstand und Tridem-Anhänger eindeutig die zu bevorzugende Lösung. Der Anhänger wird bei Kurvenfahrten leichtzügiger und eine Vielzahl von Beanspruchungen auf den Fahrgestellrahmen wird

aufgehoben. Die Reifenabnutzung, der Treibstoffverbrauch und der Verschleiss an der Lenkmechanik werden bei richtiger Konfiguration auf ein Minimum reduziert.

Ein entscheidender Vorteil gegenüber Fahrzeugen mit un gelenkten Nachlaufachsen besteht darin, dass die Achsen auch bei Rückwärtsfahrt aktiv mitlenken. Gleichzeitig wird die Verkehrssicherheit erheblich gesteigert, da der Anhänger immer sauber hinter dem Schlepper herläuft – ein Schlingern während der Fahrt oder ein Ausbrechen bei schnellen Richtungswechseln oder Kurvenfahrt unterbleibt.

Weitere Vorteile sind der bessere Seitenhalt des Anhängers in Hanglagen, bei Spurrinnen oder bei schlammigem Untergrund.

Korrekte technische Auslegung

Bei allen Arten von Zwangslenkung müssen einige Grundprinzipien erfüllt sein: Die mechanische Verbindung zwischen Traktor und Anhänger muss stimmen. Eine Zwangslenkung kann nur dann einwandfrei funktionieren, wenn die Kupplung frei von Spiel ist. Eine Pitonfix-Kupplung kommt also für den Einsatz mit Zwangslenkung von vornherein nicht in Frage. Denn das Spiel führt dazu, dass jeder Lastwechsel, auch bei Geradeausfahrt, eine unbeabsichtigte Lenkbewegung zur Folge hätte. Deshalb kann eine Zwangslenkung ohne spielfreie Kupplungsteile aus techni-

scher Sicht gar nicht funktionieren. Wird es trotzdem gemacht bewirkt das Spiel, dass die dadurch entstehenden Kraftspitzen bei voller Belastung auf die Lenkungsteile übertragen werden. Eine mechanische Überbelastung des ganzen Lenkmechanismus ist die Folge.

Die gesamte Geometrie der Zwangslenkung muss individuell und sehr genau auf die zusammengekuppelten Fahrzeuge abgestimmt sein. Dazu ist es erforderlich, dass die Kupplungskugel der Deichsel und die beiden Kupplungskugeln, die den Lenkwinkel bzw. die Lenkbewegung vom Traktor auf die Mechanik am Anhänger übertragen, genau auf einer Linie und auf einer Ebene symmetrisch angebaut sind. Die Anbaupunkte sind genormt und müssen dementsprechend eingehalten werden. Nur so ist auch eine symmetrische Lenkbewegung möglich.

Für das Ankoppeln der zwangsgelenkten Anhänger gibt es eine Norm. Der Kupplungspunkt für eine hydraulische Zwangslenkung an der Zugmaschine nach ISO DIN 26402 basiert auf der 80-mm-Kugelkopfkupplung als spielfreie Zugvorrichtung. Für die Zwangslenkung von zwei Achsen bei Tridem-Fahrzeugen sind links und rechts der Zugkugel je eine 50-mm-Kugel montiert. Beim Tandem-Anhänger mit einer gelenkten Achse reicht eine 50-mm-Kugel aus. Die 50-er Kugeln zur Aufnahme der Zwangslenkungs-Geberzylinder

gement de charge. C'est pourquoi un essieu directionnel forcé ne peut pas fonctionner du point de vue technique sans pièces d'accouplement sans jeu. Si cela est le cas malgré tout, le jeu fait que les pointes de forces ainsi engendrées sont transmises sur les pièces de guidage en cas de pleine charge. Il en résulte une surcharge mécanique de l'ensemble du mécanisme de direction. Toute la géométrie de l'essieu directionnel forcé doit être harmonisée individuellement et très précisément avec les véhicules attelés. Pour ce faire, il est impératif que la boule d'attelage du timon et les deux boules d'attelage qui transmettent l'angle de direction ou plus précisément le mouvement de guidage du tracteur à la mécanique de la remorque soient installés précisément et de façon symétrique sur une ligne et un niveau. Les points de montage sont normalisés et doivent être respectés en conséquence. Ce n'est qu'ainsi qu'un mouvement de guidage symétrique est possible.

Il existe une norme pour l'attelage de remorques à essieu directionnel forcé. Le point d'attelage pour un essieu directionnel forcé hydraulique au véhicule tracteur selon ISO DIN 26402 se base sur l'attelage à boule de 80 mm comme dispositif de traction sans jeu. Pour l'essieu directionnel forcé de deux essieux sur des véhicules à trois essieux, une boule de 50 mm est montée à gauche et à droite de la boule de traction. Sur la remorque tandem avec un essieu guidé, une boule de 50 mm suffit. Les boules de 50 mm pour le logement des maîtres-cylindres sont disposées à angle droit à une distance de 250 mm à la même hauteur que la boule de traction de 80 mm.

La force maximale agissant en direction des maîtres-cylindres sur une boule de 50 mm ne doit pas dépasser 20 kN (environ 2 t). De ce fait, deux boules sont nécessaires sur un véhicule à trois essieux afin de ne pas dépasser les valeurs admissibles.

Les angles de direction et longueurs de leviers doivent être réglés avec précision sur l'empattement du véhicule tracteur, les distances entre tous les points d'appui et la géométrie des essieux directeurs. Un changement de véhicule tracteur est donc possible uniquement si les deux tracteurs présentent exactement (ou pratiquement) les mêmes mesures ou si tous les réglages sont révérifiés et ajustés avant le changement.

Tous les systèmes disponibles sur le marché ne sont pas conçus selon la norme décrite ci-dessus. Ainsi, le fabricant allemand Kotte monte par exemple les points d'attelage des cylindres capteurs plus bas que l'attelage. Ceci, selon le fabricant, dans le but d'obtenir des angles de direction plus grands. Toutefois, cette configuration est susceptible de provoquer des erreurs de direction accrues en cas d'entrecroisement latéral entre le véhicule tracteur et la remorque.

Travail professionnel nécessaire

Des forces énormes sont générées si des essieux directionnels forcés ne peuvent pas être réglés correctement ou ne peuvent pas être réglés du tout. En outre, si les principes de la géométrie de la direction ne sont pas respectés, cela provoque dans les virages des pressions extrêmement élevées sur les pièces de guidage, entraînant tôt ou tard la rupture de ces pièces. Un essieu directionnel forcé correctement conçu absorbe uniquement de faibles forces, car tout est harmonisé de A à Z. Le coût supplémentaire pour une installation harmonisée professionnellement est aisément compensé par l'usure des pneus nettement réduite du véhicule tracteur et de la remorque et constitue à long terme la solution la plus avantageuse et aussi la plus sûre.

Les principes d'une géométrie correcte de l'essieu directeur sont les suivants :

1. Harmonisation des différents rayons de courbes de la roue intérieure et extérieure de l'essieu.
2. Des forces de rappel appropriées afin de ne pas solliciter inutilement les ensembles de direction.
3. Respect du déport de roue correct de l'étoile de roue.
4. Adaptation de l'ensemble des essieux aux différents rayons de courbes.
5. Adaptation correcte au tracteur afin d'éviter des forces mécaniques supplémentaires.

Par ailleurs, les essieux directeurs présentent également un inconvénient majeur pour la sécurité par rapport aux essieux entraînés. Si une pièce du mécanisme de direction se casse pendant la course, la roue dévie avec un essieu directeur et un accident est inévitable. Un essieu directeur ne possède pas de caractéristiques de mouvement par inertie et n'a donc plus de guidage latéral.

sind rechtwinklig im Abstand von 250 mm auf gleicher Höhe zur 80-ger Zugkugel angeordnet.

Die maximale Kraft, die in Richtung der Geberzylinder auf eine 50-ger Kugel wirkt, darf höchstens 20 kN (etwa 2 t) betragen. Daher sind beim Tridem-Fahrzeug auch zwei Kugeln erforderlich, um die zulässigen Werte nicht zu überschreiten.

Die Lenkwinkel und Hebellängen müssen genau auf den Radstand des Zugfahrzeugs, die Abstände aller Drehpunkte und die Geometrie der Lenkachsen eingestellt werden. Ein Wechsel des Zugfahrzeugs ist also nur dann möglich, wenn beide Zugfahrzeuge die genau gleichen, oder nur unbedeutend kleine Abweichungen der Abmessungen aufweisen, oder wenn vor dem Wechsel alle Einstellungen neu überprüft und angepasst werden.

Nicht alle Systeme, welche auf dem Markt zu finden sind, werden nach der oben beschriebenen Norm gebaut. So montiert beispielsweise der deutsche Hersteller Kotte die Anhängpunkte der Geberzylinder tiefer als die Anhängung. Dies laut Hersteller mit dem Ziel, grössere Lenkwinkel zu erreichen. Allerdings dürfte diese Konstellation zu verstärkten Lenkfehlern bei seitlicher Verschränkung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger führen.

Facharbeit erforderlich

Können Zwangslenkungen nicht richtig oder gar nicht eingestellt werden, treten enorme Kräfte auf. Werden zusätzlich die Grundsätze der Lenkgeometrie nicht eingehalten, entstehen bei Kurvenfahrt extrem hohe Kräfte auf die Lenkungsteile, die früher oder später irgendwo zu einem Bruch dieser Teile führen.

Eine richtig konzipierte Zwangslenkung nimmt nur geringe Kräfte auf, da alles von a – z aufeinander abgestimmt ist. Der Mehrpreis für eine professionell abgestimmte Anlage wird mit dem bedeutend kleineren Reifenverschleiss von Zugfahrzeug und Anhänger problemlos kompensiert und ist auf Dauer die günstigere und vor allem auch die sicherste Lösung.



Die zwischen Zugfahrzeug und Anhänger auftretenden Kräfte bzw. Spannungen sind unberechenbar und stellen ein grosses Sicherheitsrisiko dar.

Les forces ou les tensions engendrées entre le véhicule tracteur et la remorque sont imprévisibles et présentent un risque majeur en termes de sécurité.

Wenn keine genormte Anhängerkupplung vorhanden ist kann dieser Anhänger, mit eingehängter Ansteuerung an der Deichsel und bei einer blockierten Achse der Zwangslenkung und auf Schwimmstellung geschaltet, bei einem Ausfall des Systems gleichwohl, wie im Notbetrieb, betrieben werden.

En l'absence d'un attelage normalisé, cette remorque peut néanmoins être manipulée avec la commande fixée au timon et un essieu directionnel forcé verrouillé et commuté en position flottante, de la même façon qu'en mode de secours en cas de défaillance du système.

Grundsätze einer korrekten Lenkachsgeometrie sind:

- Abstimmung der unterschiedlichen Kurvenradien des inneren und äusseren Rades der Achse.
- Angemessene Rückstellkräfte, damit die Lenkaggregate nicht unnötig belastet werden.
- Beachtung der richtigen Einpresstiefe des Radsterns.
- Alle Achsen auf die unterschiedlichen Kurvenradien anpassen.
- Korrekte Anpassung an das Zugfahrzeug, um mechanische Zusatzkräfte zu vermeiden.

Übrigens haben auch Lenkachsen gegenüber Nachlaufachsen einen sicherheitsrelevanten Nachteil. Bricht während der Fahrt ein Bestandteil des Lenkmechanismus, schert das Rad bei einer Lenkachse aus und ein Unfall ist vorprogrammiert. Eine Lenkachse hat keine Nachlaufeigenschaften und hat somit keine Seitenführung mehr.

Im Gegensatz zur Nachlaufachse hat die Lenkachse bedeutend grössere Lenkwinkel, welche einen kleineren Kurvenradius ermöglichen. Bei einem Ausfall des Systems kann der Lenkzylinder bei der Nachlaufachse auf Schwimmstellung geschaltet werden – bei Vorwärtsfahrt funktioniert die Lenkung dann gleichwohl.

Drei Arten der Zwangslenkung

Bei den Zwangslenkungen unterscheidet man die nachfolgend beschriebenen Systeme der mechanischen, der hydraulisch oder der elektrohydraulisch gesteuerten Zwangslenkung. Die rein mechanische Zwangslenkung ist die einfachste und günstigste Variante. Bei dieser Art der Zwangslenkung wird die Lenkbewegung mechanisch über ein Gestänge vom Traktor auf die Lenkachse des Anhängers übertragen. Die mechanische Zwangslenkung ist heute zwar noch zugelassen, aus sicherheitstechnischer Sicht jedoch nicht mehr zu empfehlen. Sie verfügt im Falle eines mechanischen Defekts über keinerlei Sicherheitsvorrichtungen. Würde also beispielsweise ein Gelenk im Gestänge brechen, bewegen sich die Räder frei und der Anhänger kann irgendwohin ausschlagen.

Dem heutigen technischen Stand entsprechen zwei Arten der hydraulischen Zwangslenkung. Bei der rein hydraulisch betätigten Zwangslenkung wird die Lenkbewegung von zwischen Traktor und Anhänger angebrachten Geberzylindern über Hydraulikleitungen auf die Lenkzylinder übertragen. Bei einigen Ausführungen wird auch mit einem Umlenkhebel und einem seitlichen Gestänge gearbeitet. Eine Zwangslenkung, die nach diesem Prinzip



Il faut répondre aux questions suivantes lors de la vente d'une remorque guidée :

- Points de remorquage de la direction ?
- Les aspérités influent-elles sur la géométrie de la direction ?
- La géométrie de la direction change-t-elle par ex. lorsque la hauteur de course ou le timon hydraulique est actionné ?
- Les essieux sont-ils appropriés ?
- Comment le véhicule réagit-il en cas de défaillance du système ou en cas d'urgence ?
- Le véhicule peut-il se déplacer avec différents véhicules tracteurs ?
- La taille du véhicule tracteur est-elle suffisante ?
- La charge remorquée et la charge verticale sur le véhicule tracteur sont-elles suffisantes ?
- Le système de suspension est-il conforme aux exigences spécifiées ?

Contrairement à l'essieu entraîné, l'essieu directeur possède des angles de guidage nettement supérieurs qui permettent un rayon de courbe plus petit. En cas de panne du système, le cylindre de direction peut être commuté en position flottante avec l'essieu entraîné; en marche avant, la direction continue de fonctionner.

Trois genres d'essieu directionnel forcé

Parmi les essieux directionnels forcés, on distingue les systèmes décrits ci-dessous de l'essieu directionnel forcé mécanique, hydraulique ou électro-hydraulique. L'essieu directionnel forcé purement mécanique est la variante la plus simple et la plus avantageuse. Sur ce genre d'essieu directionnel forcé, le mouvement de guidage est transmis mécaniquement du tracteur à l'essieu de guidage de la remorque via une tringlerie. L'essieu directionnel forcé mécanique est encore homologué actuellement, mais il n'est plus à recommander du point de vue de la sécurité. En cas de défaut mécanique, il ne dispose d'aucun dispositif de sécurité. Si une articulation se casse par exemple dans la tringlerie, les roues tournent librement et la remorque peut dévier n'importe où.

Deux genres d'essieu directionnel forcé hydraulique correspondent au niveau technique actuel. En présence d'un essieu directionnel forcé purement hydraulique, le mouvement de guidage est transféré par des cylindres capteurs disposés entre le tracteur et la remorque via des conduites hy-

drauliques aux cylindres de direction. Sur certaines variantes, on travaille également avec un levier de retour et une tringlerie latérale. Un essieu directionnel forcé fonctionnant selon ce principe est fabriqué par exemple par la société Scharmüller. La course du cylindre capteur se modifie en fonction du changement de direction du véhicule tracteur et du point d'attelage au levier de retour. Le volume est transmis aux cylindres capteurs des essieux directeurs; ces derniers sont ainsi guidés activement. Le point fixe sur le véhicule tracteur, les maîtres-cylindres et les cylindres capteurs sont harmonisés entre eux avec précision; des réservoirs d'azote maintiennent une pression hydraulique constante et agissent comme des tampons en cas de charges par à-coups. Toute l'installation est sécurisée par le biais de soupapes de limitation de pression et l'ensemble de direction peut être réglé via un dispositif d'ajustage de façon à ce qu'il suive exactement le véhicule tracteur. Les cylindres de direction sont raccordés à l'essieu directeur de façon à ce qu'un cylindre soit sollicité par la pression et l'autre par la traction. Ainsi, l'essieu directionnel forcé fonctionne avec moins de force, toutes les pièces sollicitées sont moins sollicitées et un jeu de paliers inutile entre les différents composants est évité.

L'essieu directionnel forcé de Scharmüller est équipé de deux genres de verrouillage. Si on veut désactiver consciemment le guidage, on peut désaccoupler les cylindres capteurs du tracteur, les pivoter de 180° vers l'arrière et les fixer à deux boules fixes disposées sur le châssis de la remorque. Dans cette position, un essieu est verrouillé et l'autre est amené en position flottante. Le même dispositif de verrouillage sert à la sécurité en cas d'urgence. Si une anomalie est détectée dans le système, par exemple une chute de pression, un essieu directeur est immédiatement centré par un cylindre pneumatique et verrouillé mécaniquement au moyen d'un boulon.

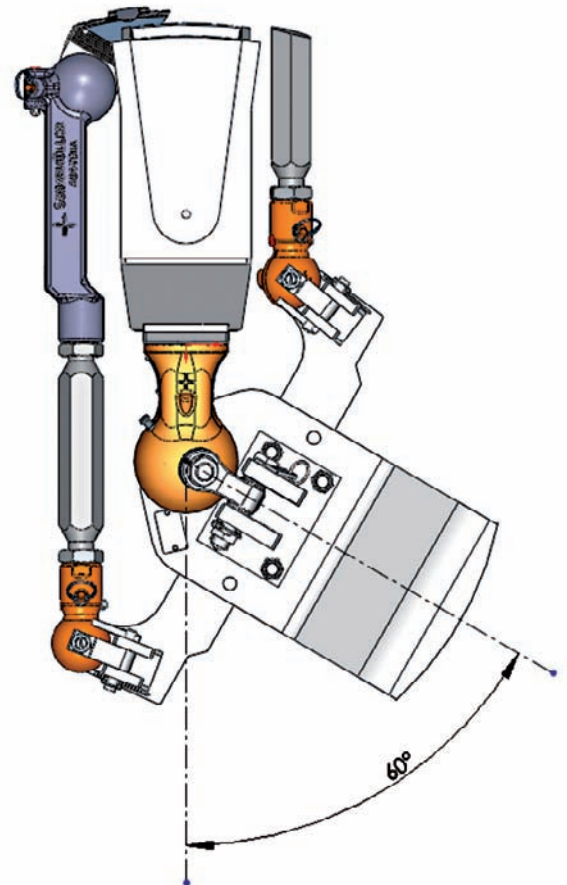
Le « roi » des essieux directionnels forcés

L'inconvénient principal de l'essieu directionnel forcé commandé hydrauliquement réside dans le fait qu'une torsion entre le tracteur et la remorque entraîne un mouvement de guidage, y compris en roulant tout droit, et génère, en fonction des conditions, des ten-

fonctioniert, wird beispielsweise von der Firma Scharmüller hergestellt. Der Hub des Geberzylinders ändert sich je nach Lenkeinschlag der Zugmaschine und Koppelpunkt am Umlenkebel. Das Volumen wird auf die Nehmerzylinder der Lenkachsen übertragen, somit werden diese aktiv gesteuert. Fixpunkt an der Zugmaschine, Geber- und Nehmerzylinder sind genau aufeinander abgestimmt, Stickstoffspeicher halten den Hydraulikdruck konstant und wirken bei Stossbelastungen als Puffer. Über Druckbegrenzungsventile wird die ganze Anlage abgesichert und durch eine Justiereinrichtung kann das Lenkaggregat so eingestellt werden, dass es gerade hinter dem Zugfahr-

Nur mit einer genormten Anhängervorrichtung, kann die Zwangslenkung einwandfrei funktionieren.

Le fonctionnement correct de l'essieu directionnel forcé ne peut être assuré qu'avec un dispositif d'attelage normalisé.





Gelenkte Nachlaufachse mit Positionssensor für die Rückmeldung an die Elektronik.

Essieu entraîné guidé avec capteur de positionnement pour signal retour à l'électronique.

zeug nachläuft. Die Lenkzylinder sind so an der Lenkachse angeschlossen, dass jeweils ein Zylinder auf Druck, der andere auf Zug belastet wird. So funktioniert die Zwangslenkung mit weniger Kraftaufwand, alle beanspruchten Teile werden weniger belastet und unnötiges Lagerspiel zwischen den einzelnen Komponenten wird vermieden.

Die Zwangslenkung von Scharmüller ist mit zwei Arten der Sperrung ausgestattet. Will man die Lenkung bewusst deaktivieren, kann man die Geberzylinder vom Traktor abkuppeln, um 180° nach hinten schwenken und an zwei fixen, am Anhängerchassis angebrachten Kugeln fixieren. In dieser Stellung wird eine Achse gesperrt und die andere als Nachlaufachse in Schwimmstellung gebracht. Die gleiche Sperrvorrichtung dient der Sicherheit im Notfall. Wird im System ein Fehler, beispielsweise ein Druckabfall festgestellt, wird eine Lenkachse sofort durch einen Pneumatikzylinder zentriert und mit einem Bolzen mechanisch verriegelt.

Die «Königin» der Zwangslenkung

Der Hauptnachteil der hydraulisch gesteuerten Zwangslenkung besteht darin, dass ein Verdrehen zwischen Traktor und Anhänger auch bei Geradeausfahrt zu einer Lenkbewegung und je nach Bedingungen zu erhöhten Spannungen im System führt. Diesen Nachteil kann nur die «Königin unter den Zwangslenkungen»,

die elektro-hydraulisch gesteuerte Zwangslenkung, eliminieren. Bei dieser Art der Steuerung besteht, ausser der Anhängerkupplung, keine mechanische Verbindung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger. Stattdessen wird der Lenkwinkel mit einem oder mehreren elektronischen Sensoren ermittelt. Der Lenkwinkel jeder einzelnen Achse wiederum wird laufend mit je einem oder mehreren Lenkwinkelsensoren ermittelt. Im Automatikmodus wird dann die der Ist-Winkel jeweils laufend dem Soll-Winkel angepasst, dies mit einem aktiven hydraulischen System, welches die Energie beispielsweise von der Traktorhydraulik bezieht. Ein gewichtiger Vorteil ist, dass das System nicht anfällig auf Verdrehungen der Fahrzeuge ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Geberfunktion unabhängig von den Abmessungen der Fahrzeuge funktioniert und infolgedessen auch bei einem Fahrzeugwechsel nicht jedes Mal neu abgestimmt werden muss.

Ein weiterer grosser Vorteil der elektrohydraulischen Steuerung besteht darin, dass über ein Bedienterminal verschiedene Lenkungsarten verwendet werden können. So kann der Landwirt beispielsweise zur Bodenschonung im Hundegang fahren, in einer Hangneigung das Gefälle ausgleichen oder die Lenkung im manuellen Modus steuern, um beispielsweise rückwärts in eine enge Einfahrt einzuparken.

Grosse Vielfalt

Unter verschiedenen Anbietern, die heute elektrohydraulisch gesteuerte Zwangslenkungen anbieten, gibt es relativ grosse Unterschiede in der technischen Ausführung.

Ein Lenksystem dieser Art wird von der Firma Marolf Fahrzeugbau in Finsterhennen verarbeitet (siehe Kasten). Je nach Fahrzeug und Achskonstellation wird ein elektrohydraulisches Lenksystem angewendet.

Diese Fragen sind beim Verkauf eines gelenkten Anhängers zu beantworten:

- Anhängepunkte der Lenkung?
- Wird die Lenkgeometrie bei Unebenheiten beeinträchtigt?
- Wird die Lenkgeometrie verändert wenn z.B. die Fahrhöhe oder die hydraulische Deichsel bewegt wird?
- Sind die Achsen geeignet?
- Wie reagiert das Fahrzeug bei einem Systemausfall oder in einer Notsituation?
- Kann das Fahrzeug mit verschiedenen Zugfahrzeugen bewegt werden?
- Ist die Grösse des Zugfahrzeugs ausreichend?
- Sind Anhäng- und Sattellast des Zugfahrzeuges ausreichend?
- Ist das Federungssystem geeignet für die gestellten Anforderungen?

sions plus élevées dans le système. Cet inconvénient peut être éliminé uniquement par le « roi des essieux directionnels forcés » : l'essieu directionnel forcé à commande électro-hydraulique. Avec ce genre de commande, il n'y a, outre le dispositif d'attelage, pas de liaison mécanique entre le véhicule tracteur et la remorque. Par contre, l'angle de direction est déterminé au moyen d'un ou de plusieurs capteurs électroniques. L'angle de direction de chaque essieu est quant à lui déterminé en permanence par un ou plusieurs capteurs d'angle de direction. En mode automatique, l'angle réel est alors adapté en continu à l'angle nominal, ceci avec un système hydraulique actif qui reçoit son énergie par exemple du système hydraulique du tracteur. Un avantage majeur réside dans le fait que le système n'est pas sujet aux torsions des véhicules. Un autre avantage réside dans le fait que la fonction des capteurs fonctionne indépendamment des dimensions des véhicules et, de ce fait, ne doit pas être réadaptée à nouveau lors d'un changement de véhicule. Un autre avantage important de la commande électro-hydraulique réside dans le fait que plusieurs types de direction différents peuvent être utilisés via un terminal de commande. Ainsi, l'agriculteur peut par exemple conduire en marche en crabe pour ménager le sol, compenser la dénivellation en cas de pente ou commander la direction en mode manuel afin de se garer par exemple en marche arrière dans une entrée étroite.

Grande diversité

Parmi différents vendeurs qui propo-

sent aujourd'hui des essieux directionnels forcés à commande électro-hydraulique, il existe des différences techniques relativement importantes. Un système de direction de ce genre est fabriqué par la société Marolf Fahrzeugbau à Finsterhennen (voir l'encadré). En fonction du véhicule et de la constellation des essieux, on utilise un système de direction électro-hydraulique. Ce système peut également être couplé aux points d'accrochage du tracteur. Il présente plusieurs avantages par rapport aux systèmes conventionnels. Le système mise sur la sécurité, est contrôlé TÜV et peut également être utilisé sur des remorques de camions. Le braquage du tracteur par rapport à la remorque n'est pas restreint. La direction est très précise dans les virages. Le système de guidage ne transmet aucune force supplémentaire au véhicule tracteur. En outre, en cas de vitesses élevées, la sensibilité du système diminue, ce qui permet d'obtenir une stabilité de course optimale. Par ailleurs, des programmes de direction spéciaux tels que par ex. la compensation d'inclinaison ou la marche en crabe peuvent être aisément réalisés.

Zunhammer propose également depuis peu dans sa gamme (en option) une saisie électronique de l'angle de direction. Dans ce système, un capteur est monté de façon centrale au-dessus du timon de remorquage (voir illustration) et est relié au tracteur via une tringlerie. Selon Zunhammer, ce système doit permettre un changement rapide du tracteur. Des adaptations et réglages peuvent être effectués très simplement au niveau de l'actionnement de la tringlerie. Un inconvénient pourrait

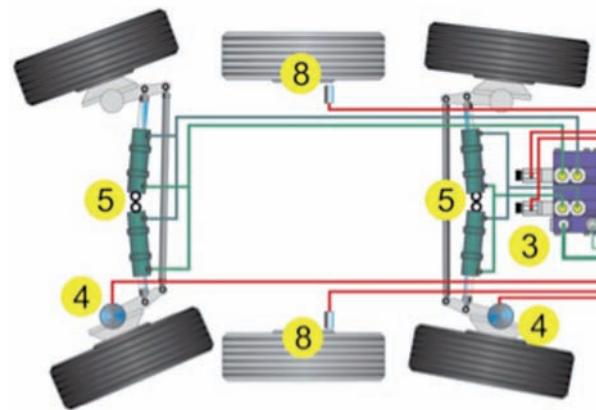


Die mittlere Achse ist starr und dient der Seitenführung. Die Erste und Dritte Achse sind gelenkte Nachlaufachsen.

L'essieu central est rigide et sert au guidage latéral. Le premier et le troisième essieu sont des essieux entraînés guidés.

Le système Marolf

L'ordinateur de direction de sécurité (1) constitue avec l'unité hydraulique proportionnelle (3), les deux cylindres de direction (5) et le capteur de position angulaire de sécurité (4) de l'essieu arrière une boucle d'asservissement fermée. La valeur théorique pour le réglage de l'essieu guidé est déterminée dans l'ordinateur de direction en fonction de la géométrie du véhicule et de différentes grandeurs de référence (angle de cassure du timon de remorquage, vitesse du véhicule et, le cas échéant, programme de direction choisi). L'angle du timon de remorquage est enregistré par un capteur de position angulaire de sécurité (2), qui est idéalement articulé sur le point d'appui de l'accouplement. La vitesse du véhicule est enregistrée de façon redondante par le biais de capteurs (8). L'alimentation hydraulique peut se faire par le biais d'une pompe à cylindrée constante motorisée, d'une pompe à détection de pression ou d'un système à pression constante (6) dans le véhicule tracteur. Les soupapes utilisées, les cylindres de direction, la conception des essieux, etc. sont adaptés de façon optimale au circuit de réglage de l'essieu. Les défaillances du système sont signalées au conducteur dans la cabine par le biais d'un voyant d'anomalies (7) ou d'un terminal d'utilisation et d'affichage existant.





Dieses System kann ebenfalls an die genormten Anhängerpunkte des Zugfahrzeugs angekoppelt werden. Es bietet gegenüber konventionellen Systemen einige Vorteile. Das System setzt auf Sicherheit, ist TÜV-geprüft und kann ebenfalls bei LKW-Anhängern eingesetzt werden. Der Einschlag des Traktors zum Anhänger

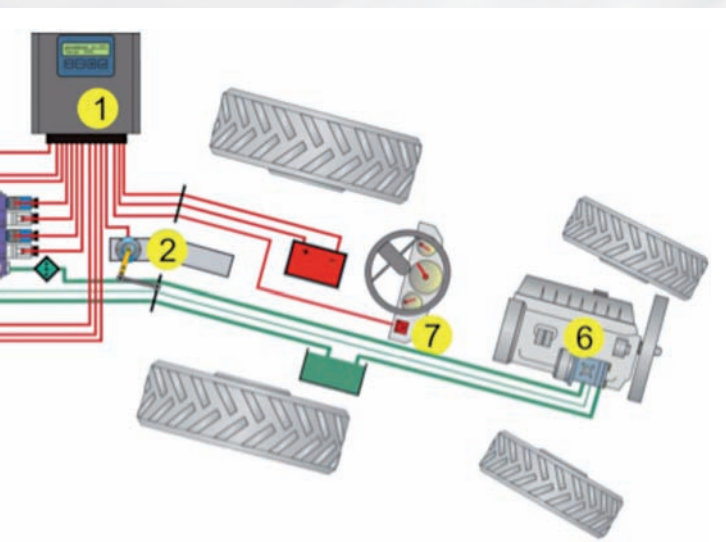
wird nicht eingeschränkt. Die Lenkung ist bei Kurvenfahrt sehr präzise. Vom Lenksystem werden keine zusätzlichen Kräfte auf das Zugfahrzeug übertragen. Bei hohen Geschwindigkeiten nimmt zudem die Sensibilität des Systems ab, womit eine optimale Fahrstabilität erreicht wird. Zudem können Sonderlenkprogramme wie z.B. Hangausgleich oder Hundegang einfach realisiert werden.

Auch Zunhammer hat seit kurzem (als Option) eine elektronische Erfassung des Lenkwinkels im Angebot. Bei diesem System ist ein Sensor zentral über der Anhängedeichsel montiert und wird über ein Gestänge mit dem Traktor verbunden. Mit diesem System soll laut Zunhammer ein schneller Traktorwechsel möglich sein. An der Gestängebetätigung lassen sich sehr einfache Anpassungen bzw. Einstellungen ausführen. Ein Nachteil könnte darin bestehen, dass die sehr leichte Konstruktion durch mechanische Einwirkungen relativ schnell beschädigt werden könnte. Ein bisher einzigartiges System bietet Fliegl mit der elektronisch angesteuerten Zwangslenkung «ForCon». Bei diesem System wird der Lenkwinkel nicht über eine mechanische Verbindung, sondern mit einem so genannten Gyroskop ermittelt. Dieses Kreiselinstrument, welches sehr einfach an beliebiger Stelle waagrecht am Traktor montiert werden kann, ist über ein Kabel mit

dem Anhänger verbunden. Der im Kästchen sehr schnell drehende Kreisel stellt Änderungen der Winkelgeschwindigkeit fest und der im Anhänger untergebrachte Rechner berechnet in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit den erforderlichen Lenkwinkel. Das System funktioniert auch im Rückwärtsgang. Dazu ist im Steuerungskasten des Anhängers ein zweites Gyroskop untergebracht. Fliegl gibt an, dass es mit ForCon auch möglich ist, am Hang die Spur zu halten. Da keine Anpassungen am Schlepper erforderlich sind, soll ein schneller Schlepperwechsel kein Problem darstellen. Bei einem Systemausfall soll die Sicherheit dank Nachlaufeigenschaften der Achsen gewährleistet bleiben.

Neues Lenksystem aus der Schweiz

Ein ebenfalls einzigartiges Lenksystem hat der Schweizer Walter Rogemoser aus Unterägeri entwickelt. Er setzt zur Ermittlung des Lenkwinkels einen in der Pfanne der Kugelkupplung integrierten Sensor ein. Durch ein in der Kugel eingefrästes exzentrisches Profil wird der Sensor in Abhängigkeit des Lenkwinkels betätigt. Das Besondere an diesem System besteht darin, dass die Ermittlung des Lenkwinkels durch die kugelförmige Fräsung völlig unabhängig von der seitlichen Verschränkung zwischen Traktor und Anhänger erfolgt. Deshalb ist dieses System besonders



Das System Marolf

Der Sicherheits-Lenkcomputer (1) bildet gemeinsam mit der Proportional-Hydraulikeinheit (3), den beiden Lenkzylindern (5) und dem Sicherheits-Winkelgeber (4) der Hinterachse einen geschlossenen Regelkreis. Der Sollwert für die Regelung der gelenkten Achse wird in Abhängigkeit der Fahrzeuggeometrie und verschiedener Führungsgrößen (Knickwinkel der Zugdeichsel, Fahrzeuggeschwindigkeit, gegebenenfalls gewähltes Lenkprogramm) im Lenkcomputer gerechnet. Der Winkel der Zugdeichsel wird durch einen Sicherheits-Winkelgeber (2) erfasst, welcher idealerweise auf dem Drehpunkt der Kupplung angelenkt wird. Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird redundant über Sensoren (8) erfasst. Die hydraulische Versorgung kann wahlweise über eine motorgetriebene Konstantpumpe, eine LS-Pumpe oder ein Konstantdrucksystem (6) im Zugfahrzeug erfolgen. Die eingesetzte Ventiltechnik, Lenkzylinder, Achskonstruktion usw. werden entsprechend optimal auf den Achsregelkreis abgestimmt. Systemfehler werden dem Fahrer in der Kabine durch eine Fehlerlampe (7) oder über ein bereits vorhandenes Bedien- und Anzeigeterminal angezeigt.

résider dans le fait que la construction très légère pourrait être endommagée relativement vite par des influences mécaniques.

Un système unique jusqu'à présent est proposé par Fliegl avec l'essieu directionnel forcé «ForCon» commandé électroniquement. Avec ce système, l'angle de direction n'est pas déterminé au moyen d'une liaison mécanique, mais avec un gyroscope. Cet instrument gyroscopique pouvant être aisément monté horizontalement à n'importe quel endroit sur le tracteur est relié à la remorque par un câble. Le gyroscope tournant très rapidement dans le petit caisson enregistre les modifications de la vitesse d'angle et l'ordinateur installé dans la remorque calcule l'angle de direction nécessaire en fonction de la vitesse de déplacement. Le système fonctionne également en marche arrière. Pour ce faire, un deuxième gyroscope est installé dans le boîtier de commande de la remorque. Fliegl affirme que ForCon permet également de maintenir la trace dans une pente. Etant donné qu'aucune adaptation n'est nécessaire sur le tracteur, un changement rapide de tracteur ne devrait pas poser de problème. En cas de défaillance du système, la sécurité doit être garantie grâce aux propriétés de marche par inertie des essieux.

Nouveau système de guidage en provenance de Suisse

Le Suisse Walter Rogenmoser de Unterägeri a également développé un système de direction unique en son genre. Pour la détermination de l'angle de direction, il utilise un capteur intégré dans le coussinet de l'accouplement à boule. Grâce à un profil excentrique fraisé dans la boule, le capteur est actionné en fonction de l'angle de direction. La spécificité de ce système réside dans le fait que la détermination de l'angle de direction se fait indépendamment de l'entrecroisement latéral entre le tracteur et la remorque. C'est pourquoi ce système convient parfaitement à l'utilisation sur des terrains accidentés.

Jusqu'à présent, Rogenmoser installe ce système dans sa remorque à un essieu «Steer Drive Trailer». Le système est également prévu pour être utilisé avec plusieurs essieux. Pour ce faire, Rogenmoser a fait fabriquer des blocs de commande hydrauliques spéciaux pouvant être installés dans le système modulaire. En ce qui concerne la sécurité, Rogenmoser adopte une approche spéciale. Si la remorque est déplacée de façon normale, l'essieu est toujours centré forcément au moyen d'un cylindre plongeant et d'une mémoire. Les blocs hydrauliques sont conçus de façon à ce qu'une charge de mémoire séparée garantisse le centrage pour chaque essieu. Ce système de direction permet des fonctions spéciales pour l'agriculture de montagne: ce système peut par exemple être programmé avec un appareil de chargement arrière de façon à ce que la remorque ne suive pas exactement la trace du tracteur comme d'habitude, mais à ce qu'elle soit exactement adaptée à la prise de l'andain. Des algorithmes de direction adaptés sont préprogrammés de façon à ce que l'utilisateur ait enregistré, lors de la sélection de l'appareil à monter, le rayon de direction approprié. La direction peut également être commandée manuellement au moyen du volant sur l'appareil d'affichage, ce qui est nécessaire lors de manœuvres à la ferme et sur le terrain. Le mode de direction manuel peut être commuté uniquement à l'arrêt. Si celui-ci est désactivé, l'essieu est immédiatement centré par le cylindre plongeant.

La direction peut également être actionnée en marche en crabe, par exemple pour corriger la dérive sur un terrain abrupt, ou pour réduire la pression de contact d'un sol peu solide. La marche en crabe n'est cependant autorisée que jusqu'à une vitesse de travail de 10 km/h. En cas de dépassement de cette vitesse, l'essieu est automatiquement centré. Si la marche en crabe est commutée en mode de direction automatique et si la vitesse de 10 km/h est dépassée, la direction revient à l'angle



Die gelenkte Nachlaufachse hat wenig Lenkwinkel aber sehr gute Nachlaufeigenschaften.

L'essieu entraîné guidé possède un angle de braquage limité mais de très bonnes propriétés de marche par inertie.

sphérique effectif. La remorque ne peut donc pas circuler dans ce mode de conduite sur la voie publique. Avec la direction automatique, le paramétrage est conçu de manière à ce que lorsque la vitesse augmente, les angles de direction diminuent proportionnellement. En cas de défaillances potentielles telles qu'une coupure de courant, une chute de pression dans le système hydraulique ou un dysfonctionnement d'un capteur, l'essieu est également centré immédiatement. Un avantage majeur de ce système réside dans le changement simple des véhicules tracteurs: il suffit d'installer un coulisseau spécial dans le rail de guidage du dispositif de remorque réglable en hauteur avec l'accouplement à boule fraisé. Aucune autre adaptation n'est requise.

Ruedi Burkhalter

Dispositions légales

Les essieux directionnels forcés à commande électro-hydraulique pour une vitesse allant jusqu'à 40 km/h sont soumis aux dispositions de l'art. 64 de l'OETV. Afin qu'ils puissent être homologués, il y a deux possibilités pour garantir la sécurité. La première possibilité intervient avec la plupart des essieux directionnels forcés dans le domaine des poids lourds et des transports spéciaux: le système de direction de ces véhicules se compose toujours de deux systèmes indépendants. En cas de défaillance d'un des systèmes, l'autre prend le relais.

La deuxième possibilité consiste à centrer et verrouiller les essieux en cas de défaillance du système. Cela peut survenir au niveau du véhicule avec un accumulateur hydraulique performant et un cylindre de centrage ou par le biais du système pneumatique. En présence d'un essieu rigide, les essieux entraînés peuvent être commutés en position flottante. Le système de direction est ainsi immédiatement désactivé lorsqu'une certaine vitesse est dépassée ou lorsque le système électronique détecte une défaillance quelque part, par exemple une conduite sectionnée ou un défaut d'alimentation de l'huile.

Gesetzliche Vorschriften

Elektrohydraulisch gesteuerte Zwangslenkungen für eine Geschwindigkeit bis 40 km/h unterstehen den Vorschriften des VTS, Art. 64. Damit diese zugelassen werden können, gibt es zwei Möglichkeiten, um die Sicherheit zu gewährleisten.

Die erste Möglichkeit kommt bei den meisten Zwangslenkungen im Bereich der Lastwagen und Spezialtransporte zur Anwendung: Das Lenksystem besteht in diesen Fahrzeugen immer aus zwei unabhängig voneinander funktionierenden Systemen. Fällt ein System aus, kann das zweite die Funktion gewährleisten.

Die zweite Möglichkeit ist, die Achsen bei einem Systemausfall zu zentrieren und zu sperren. Das kann mit einem leistungsfähigen Hydraulikspeicher und einem Zentrierzylinder oder über die Pneumatik auf dem Fahrzeug erfolgen. Wenn eine starre Achse vorhanden ist, können die Nachlaufachsen auf Schwimmstellung geschaltet werden. Dabei wird das Lenksystem sofort deaktiviert, wenn entweder eine gewisse Geschwindigkeit überschritten wird, oder wenn das Elektroniksystem irgendwo einen Fehler, beispielsweise das Abreißen eines Schlauchs oder das Ausfallen der Ölversorgung feststellt.



Hundegang: Bei diesem System ist es möglich in Hanglage gegenzusteuern, was bei Arbeitsanhängern für eine optimale Funktion oft erforderlich ist.

Marche en crabe: Ce système permet le contre-braquage dans les pentes, ce qui est souvent nécessaire pour un maniement optimal des remorques de travail.

auf einen Einsatz im kuperten, hügeligen Gelände zugeschnitten. Walter Roggenmoser baut das System bisher in seinem einachsigen Lenktrieb-achs-Anhänger «Steer Drive Trailer» ein. Vorgesehen ist das System aber auch für einen Einsatz mit mehreren Achsen. Dazu hat Roggenmoser spezielle Hydraulik-Steuerblöcke herstellen lassen, die im Baukastensystem aneinandergereiht werden können. Einen speziellen Weg geht Roggenmoser bezüglich Sicherheit. Wird der Anhänger in normalem Zustand gefahren, so ist die Achse immer mittels aussenliegender Plungerzylinder und einem Speicher zwangszentriert. Die Hydraulikblöcke sind so konstruiert, dass für jede Achse eine separate Speicherladung die Zentrierung garantiert. Dieses Lenksystem ermöglicht spezielle Funktionen für die Berglandwirtschaft: Das System kann beispielsweise für den Einsatz mit einem Heckladegerät so programmiert werden, dass der Anhänger nicht wie üblich genau der Traktorspur folgt, sondern genau auf die Aufnahme des Schwads abgestimmt

wird. Angepasste Lenkalgorithmen sind vorprogrammiert, so dass der Anwender beim Auswählen des Aufbaugeräts den richtigen Lenkradius hinterlegt hat. Die Lenkung ist mittels Handrad am Anzeigergerät auch manuell bedienbar, was bei Manövrierfahrten auf dem Hof und im Gelände notwendig ist. Der manuelle Lenkmodus kann nur im Stillstand zugeschaltet werden. Wird dieser deaktiviert, so wird die Achse sofort mittels Plungerzylinder zentriert.

Die Lenkung kann auch im Hundegang gefahren werden, beispielsweise um im steilen Gelände die Abdrift zu korrigieren oder um bei schlecht tragfähigem Boden den Bodendruck zu verringern. Der Hundegang wird aber nur bis zu einer Arbeitsgeschwindigkeit von 10 km/h zugelassen. Beim Überschreiten dieser Geschwindigkeit wird die Achse automatisch zentriert. Ist der Hundegang im automatischen Lenkmodus zugeschaltet und die Geschwindigkeit von 10 km/h überschritten, so wird die Lenkung auf den aktuellen Kugelwinkel zurückgestellt. Somit

kann der Anhänger nicht im versetzten Fahrmodus auf öffentlichen Strassen verkehren. Bei der automatischen Lenkung ist die Parametrisierung so ausgelegt, dass bei zunehmender Geschwindigkeit die Lenkwinkel proportional verkleinert werden. Wenn mögliche Fehler wie ein Stromabriss, ein Druckabfall im Hydrauliksystem oder Sensorfehler auftreten, wird die Achse ebenfalls unverzüglich zentriert. Ein besonderer Vorteil dieses Systems ist der einfache Wechsel von Zugfahrzeugen: Es muss lediglich in der Führungsschiene der höhenverstellbaren Anhängervorrichtung ein Schlitten mit der ausgefrästen Kugelkupplung montiert werden. Andere Anpassungen sind nicht erforderlich. ■

Ruedi Burkhalter