

Enquête commune de l'Agroscope, de l'USM et de l'ASMA

Une adaptation optimale pour un freinage sûr

Selon les estimations, les tracteurs agricoles passent environ 200'000 heures par an sur les routes de Suisse. Dans le cadre de l'augmentation constante du trafic, la question du freinage contrôlé des trains routiers, y compris en cas de freinage d'urgence, revêt une importance croissante.

L'augmentation de la vitesse à 40 km/h (1998) ainsi que la hausse progressive du poids total autorisé de 28 à 40 t en 2005 ont conduit à une sollicitation accrue des systèmes de freinage des remorques. L'augmentation de la masse, comme celle de la vitesse initiale, produisent lors du freinage une énergie cinétique plus importante qui doit être transformée en chaleur dans le cadre du processus.

Pour les véhicules limités à 40 km/h, les exigences sont plus strictes conformément à l'annexe 7, chiffre 341 de l'OETV. Pour l'augmentation du poids total de 28 à 40 t, les prescriptions n'ont pas été modifiées concernant les exigences liées à l'efficacité de freinage.

L'efficacité de freinage d'un tracteur est adaptée en fonction du poids total de ce dernier. Par conséquent, la décélération est très forte sur un tracteur à vide (sans lest, ni outil porté). Les contrôles des freins des tracteurs dans le cadre de tests montrent des valeurs de décélération moyennes de 4 à 8 m/s². Les tracteurs modernes disposent de systèmes d'assistance au freinage qui permettent d'obtenir des décélérations importantes même si la pression sur la pédale est faible.

Dans la pratique, on constate de plus en plus de cas d'usure prématurée des freins des tracteurs. Les causes peuvent être liées à un freinage insuffisant des remorques, de sorte que le tracteur doit produire une puissance de freinage plus importante. L'utilisation des freins (le freinage permanent en descente causant une rupture du film d'huile) peut aussi endommager les unités de freinage.

L'Agroscope, l'ASMA et l'USM ont procédé à des essais de freinage communs afin d'analyser plus précisément les forces transmises par la remorque au tracteur lors du freinage.

Bien que les freinages d'urgence ne constituent qu'une très faible part des

freinages du trafic routier réel, le travail s'est concentré sur ceux-ci, car en cas de situation extrême, le freinage efficace du train routier est déterminant.

Tracteurs utilisés et remorque avec système de freinage pneumatique

Un John Deere 6920 Premium Plus de 6'970 kg et un Valtra N141 HiTech d'un poids propre de 6'170 kg ont servi de tracteurs d'essai. La remorque tractée est une Marolf, type 180-52-24 K3 équipée de pneus 385/65 R22,5 sur des essieux BPW avec des freins FL 4118 (410 x 180 mm). Le freinage a été assuré par un système de freinage pneumatique Wabco. Pour le réglage des différents freinages de la remorque, celle-ci a été équipée de régulateurs ALB proportionnels à commande manuelle. Il a donc été possible, en déplaçant une goupille, de simuler du côté de la remorque différentes décélérations pour une charge constante. Les contrôles ultérieurs avec une boîte dynamométrique au niveau du timon de la remorque ont donné des résultats tout à fait identiques.

Les mesures ont eu lieu sur la piste d'essai de l'Agroscope à Tänikon sur un revêtement asphalté classique. La piste ne présente aucune pente et était sèche durant les mesures. Les conditions étaient donc optimales. Pour les mesures de freinage, un freinage d'urgence à 40 km/h a été effectué jusqu'à immobilisation du train routier composé d'un tracteur et de la remorque. Il s'est à chaque fois écoulé près de cinq minutes entre les mesures pour que les freins puissent refroidir.

Pour mesurer l'effort au timon, on a utilisé un timon spécial équipé d'une boîte dynamométrique intégrée. Les paramètres suivants ont été enregistrés pendant les freinages à une fréquence de mesure de 100 Hz (100 valeurs de mesure par seconde): effort au timon, pression de l'air au niveau de l'accouplement côté tracteur et des cylindres

Sicheres Br

Gemäss Hochrechnungen dürften landwirtschaftliche Traktoren jährlich über 200'000 Stunden auf Schweizer Strassen verbringen. Im Umfeld der stetigen Verkehrszunahme erhält der Aspekt des kontrollierten Abbremsens von Anhängerzügen auch bei Vollbremsungen eine immer grössere Bedeutung.



Gemeinsame Untersuchungen von Agroscope, SMU und SLV

Bremsen durch optimale Abstimmung

Die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auf 40 km/h (1998) sowie die schrittweise Erhöhung des zulässigen Gesamtgewichts von 28t auf 40t im Jahr 2005 hat zu einer erhöhten Belastung der Bremsanlagen bei Anhängern geführt. Sowohl die Erhöhung der Masse, wie auch die Erhöhung der Ausgangsgeschwindigkeit bei einer Bremsung führen zu einer höheren kinetischen Energie, die während des Bremsvorgangs in Wärme umgewandelt werden muss.

Für Fahrzeuge mit 40 km/h Höchstgeschwindigkeit gelten strengere Anforderungen gemäss VTS Anh 7 Ziff 341, bei der Erhöhung des Gesamtgewichts von 28t auf 40t kam es zu keiner Anpassung der Vorschriften bezüglich Anforderung an die Bremswirkung.

Die Bremsleistung eines Traktors ist auf dessen Gesamtgewicht abgestimmt. Dies führt beim unbeladenen Traktor (ohne Ballast und Anbaugeräte) zu einer sehr hohen Bremsverzögerung. Bremsenprüfungen an Traktoren im Rahmen von Tests zeigen mittlere Verzögerungswerte zwischen 4 und 8 m/s². Moderne Traktoren verfügen über Bremsunterstützungssysteme, die es erlauben bereits bei geringer Pedalkraft auf das Bremspedal hohe Verzögerungen des Traktors zu erreichen.

Aus der Praxis werden vermehrt Fälle von vorzeitig verschlissenen Bremsen an Traktoren bekannt. Die Ursachen können bei ungenügend bremsenden Anhängern liegen, so dass der Traktor eine höhere Brems-

leistung übernehmen muss, aber auch der Betrieb der Bremsen (dauernde Bremsung bei Bergabfahrt, so dass der Ölfilm abreisst) kann Schäden an den Bremsaggregaten verursachen.

Um die Kräfte, die bei einer Bremsung vom Anhänger auf den Traktor übertragen werden, genauer zu analysieren erfolgten gemeinsame Bremsversuche durch Agroscope, SLV und SMU.

Obwohl Vollbremsungen nur einen sehr geringen Teil der Bremsungen im realen Strassenverkehr ausmachen, fokussierte sich die Arbeit auf Vollbremsungen, da in Extremsituationen, eine sichere Abbremsung eines Anhängerzuges entscheidend ist.



Die Bremsversuche wurden mit einem 18t schweren Zweiachsanhänger sowie einem ca. 7t schweren Traktor gefahren.

Les essais de freinage ont été effectués avec une remorque à deux essieux de 18t ainsi qu'un tracteur de env. 7t.

de frein de la remorque, force exercée sur la pédale de frein, vitesses des roues et vitesse de radar. Trois passages ont été effectués pour chacun des réglages.

Résultats

Réglage : freinage du tracteur à 50 % avec pression de freinage de 6,5 bar sur la conduite de commande

Dans la première phase du freinage, une force de compression d'environ 15 kN est mesurable dans le timon. La force de compression est générée par le temps de réponse du système de freinage de la remorque. Dans la phase de freinage ultérieure, les différences de réglage de freinage de la remorque sont visibles. Plus le réglage du frein de la remorque est bas, plus les forces de compression sont importantes. Cela signifie que le tracteur est percuté par la remorque. Si les freins de la remorque sont réglés à 60 %, le train routier pendant le freinage s'allonge même légèrement. À 38 %, le tracteur est poussé avec environ 15 kN. L'attelage tangué, les roues de la remorque ne sont pas soumises à un frottement de glissement.

Réglage : tracteur freinage à 38 % avec pression de freinage de 6,5 bar sur la conduite de commande

Dans cette configuration comprenant un freinage à 38 % pour une pression d'assistance de 6,5 bar, on constate aussi des forces de compression au niveau du timon qui augmentent, plus la décélération de la remorque est faible. Jusqu'à 44 % de freinage, la remorque transmet au tracteur pendant environ deux secondes un effort au timon d'environ 15 kN.

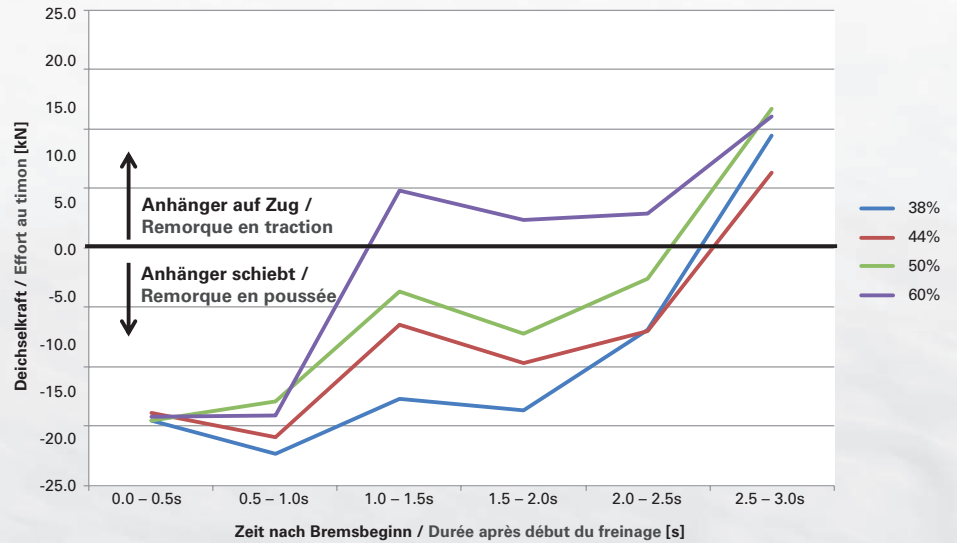
Mêmes résultats pour un tracteur plus léger

La validation des mesures avec un deuxième tracteur a donné des valeurs semblables. Les efforts au timon légèrement moins élevés s'expliquent par le poids du tracteur inférieur d'environ 1 t et par le freinage d'environ 30 % pour une pression d'assistance de 6,5 bar. Pour ces raisons et étant donné la décélération maximale plus importante due à la force exercée sur la pédale d'environ 1'200 N, le tracteur est soumis à un frottement de glissement.

Poussée pendant le temps de réponse

Les premières 0,5 secondes du freinage sont influencées par le temps de réponse. Pendant ce laps de temps, seul le tracteur freine, le freinage par la remorque n'a pas encore lieu. Indépendamment des réglages de freinage de la remorque, les efforts au timon pendant la première phase du freinage d'urgence sont élevés. Si l'efficacité de freinage de la remorque est plus faible, des poussées plus importantes sont mesurables sur le timon pendant la deuxième

Traktor / Tracteur 50%



Deichselkräfte, Messung Traktor 50% Abbremsung bei 6,5 bar Aussteuerdruck; Abbremsungen Anhänger 38%, 44%, 50% und 60% (Anhängergewicht 18 t). Die Kurven stellen den Mittelwert von je drei Messungen dar. Zur einfacheren Darstellung sind jeweils die Messwerte innerhalb 0,5 s Abschnitten zusammengefasst.

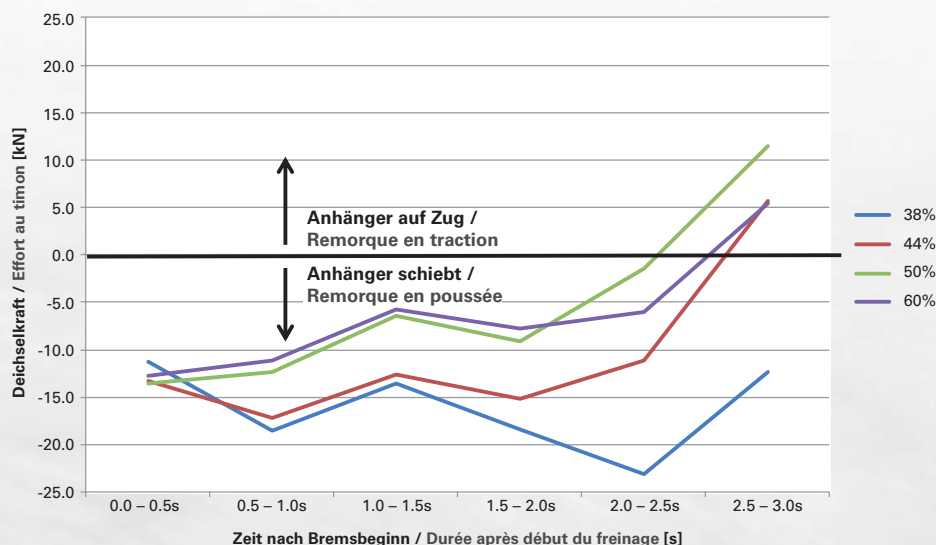
Efforts au timon, mesure de freinage tracteur à 50 % avec pression d'assistance de 6,5 bar ; freinages remorque 38 %, 44 %, 50 % et 60 % (poids de la remorque 18 t). Les courbes représentent chacune la valeur moyenne des trois mesures. Pour faciliter la représentation, les valeurs de mesures sont rassemblées par tronçons de 0,5 s.



Messdeichsel mit Kraftmessdose zwischen den zwei in Längsrichtung beweglichen Teilen der Deichsel (graues Stück mit Zugöse und grünem Teil).

Timon de mesure avec boîte dynamométrique entre les parties du timon mobiles dans le sens de la longueur (partie grise avec anneau de traction et partie verte).

Traktor / Tracteur 38%



Deichselkraft, Messung Traktor 38% Abbremsung, Anhänger 38%, 44%, 50% und 60% Abbremsung.

Effort au timon, mesure freinage tracteur 38%, freinage remorque 38%, 44%, 50% et 60%.

Eingesetzte Traktoren und Anhänger mit pneumatischer Anhängerbremsanlage

Als Messtraktoren dienen ein John Deere 6920 Premium Plus mit 6970 kg und ein Valtra N141 HiTech mit 6170 kg Eigengewicht. Gezogen wurde ein Anhänger der Firma Marolf, Typ 180-52-24 K3 mit einer Bereifung von 385/65 R22,5 auf BPW Achsen mit Bremsen FL 4118 (410 x 180 mm). Gebremst wurde mit einer pneumatischen Bremsanlage von Wabco. Für die Einstellung unterschiedlicher Abbremsungen des Anhängers, war dieser mit manuell bedienten, proportionalen ALB-Reglern ausgerüstet. So war es durch Umstecken eines Splintes möglich, für eine konstante Last anhängerseitig unterschiedliche Verzögerungen zu simulieren. Die Nachkontrolle mit der Kraftmessdose in der Anhängerdeichsel ergaben durchwegs identische Ergebnisse.

Die Messungen fanden auf der Versuchsstrecke von Agroscope in Tänikon auf einem herkömmlichen Asphaltbelag statt. Die Strecke weist kein Gefälle auf und war während der Messungen trocken. Es herrsch-

ten somit optimale Bedingungen. Für die Bremsmessungen wurde der aus Traktor und Anhänger bestehende Lastenzug von einer Geschwindigkeit von 40 km/h mittels Vollbremsung bis zum Stillstand abgebremst. Die Zeit zwischen den Messungen betrug jeweils rund fünf Minuten, so dass die Bremsen abkühlen konnten. Für die Messung der Deichselkraft wurde eine spezielle Deichsel mit integrierter Kraftmessdose eingesetzt. Folgende Parameter wurden während den Bremsungen mit einer Messfrequenz von 100 Hz (100 Messwerte pro Sekunde) aufgezeichnet: Deichselkraft, Luftdrücke an der traktorseitigen Kupplung und im Bremszylinder des Anhängers, die Kraft auf das Bremspedal, die Rad- und Radargeschwindigkeit. Mit allen Einstellungen wurden jeweils drei Wiederholungen gefahren.

Ergebnisse

Einstellung: Traktor 50% Abbremsung bei 6,5 bar Bremsdruck auf der Steuerleitung

In der ersten Phase der Bremsung ist eine Druckkraft von rund 15 kN in der Deichsel messbar. Die Druckkraft

entsteht durch die Ansprech- und Schwellzeit der Anhängerbremsanlage. Bei der anschließenden Bremsphase sind die Unterschiede der Bremseinstellung des Anhängers zu erkennen. Je schwächer die Einstellung der Anhängerbremse, desto höher sind die Druckkräfte. Das bedeutet, dass der Traktor durch den Anhänger gestossen wird. Bei einer Bremseinstellung von 60% des Anhängers ist der Zug während der Bremsung sogar leicht gestreckt. Bei 38% wird der Traktor ca. mit 15 kN geschoben. Es ist ein Aufschaukeln des Gespanns festzustellen, die Anhängeräder geraten nicht in Gleitreibung.

Einstellung: Traktor 38% Abbremsung bei 6,5 bar Bremsdruck auf der Steuerleitung

Auch bei der Einstellung 38% Abbremsung bei 6,5 bar Aussteuerdruck sind Druckkräfte in der Deichsel feststellbar, die größer sind, je geringer die Bremsverzögerung des Anhängers ist. Bis 44% Abbremsung überträgt der Anhänger während rund zwei Sekunden eine Deichselkraft von ca. 15 kN auf den Traktor.

phase du freinage. Les différences se sont révélées relativement faibles, parce que les roues arrière de la remorque ont commencé à glisser lors du freinage à 50 %, contrairement au freinage à 38 %.

Dans le cas du freinage d'urgence, le réglage du distributeur de commande de remorque du tracteur ne joue pas un grand rôle dans le comportement de freinage de la remorque, étant donné que la pression de commande maximale est atteinte presque en même temps dans les deux cas.

Équilibrage du train pour les freinages partiels

Lors du freinage partiel, il est important que le tracteur et la remorque soient équilibrés le plus précisément possible (les deux se trouvent dans la bande de tolérance). Plus le freinage du tracteur et celui de la remorque sont équilibrés, plus le freinage est régulier.

Si le freinage est renforcé par un accroissement de la force exercée sur la pédale, la décélération de la remorque bénéficie d'un freinage constant en raison de la pression de freinage qui n'augmente plus, alors que le freinage du tracteur continue d'augmenter. Cela signifie que le tracteur et la remorque présentent des freinages maximums différents. L'effort au timon qui en résulte augmente d'autant plus que la différence entre les freinages maximums possibles du tracteur et de la remorque est élevée.

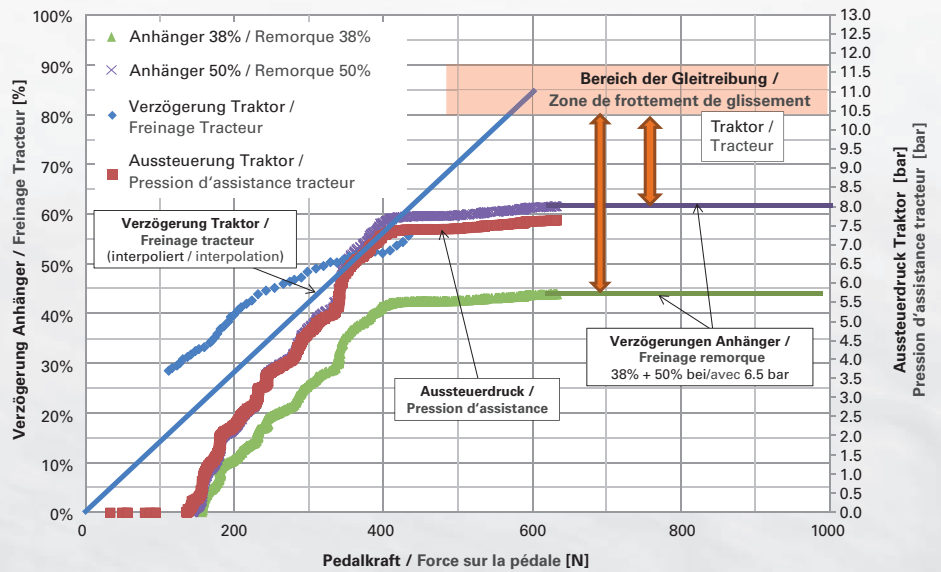
À cause du freinage important des tracteurs, qui peuvent en cas de freinage d'urgence décélérer d'env. 8 m/s² (freinage à 80 %) au-delà de la valeur de frottement d'adhérence, la différence avec la décélération de la remorque est élevée. Dans les deux exemples, le freinage d'urgence de la remorque de 18t a produit des efforts au timon de 30 kN qui ont amené le tracteur entièrement ou partiellement dans la zone du frottement de glissement.

Plus le train routier est lourd, plus il est sûr

Les poussées de la remorque sur le tracteur représentent une sollicitation supplémentaire pour le tracteur. Ainsi, les forces entre les pneus du tracteur et la chaussée augmentent. Ces forces sont le résultat du cumul de la force de freinage du tracteur et de la poussée de la remorque. Si le rapport entre les efforts longitudinaux et le poids du tracteur dépasse le coefficient de frottement d'adhérence, qui s'élève à environ 0,8 – 0,9 dans des conditions optimales, les roues perdent leur adhérence. Un train routier dans la zone de frottement de glissement doit être considéré comme critique, puisque la distance de freinage s'allonge et le contrôle du véhicule n'est plus garanti. Il est donc évident que le poids d'adhérence du train routier joue un rôle déterminant dans le comportement de freinage. Le poids de la remorque de 9 ou 18 t s'est fait clairement ressentir. Avec la remorque

Zusammenspiel Traktor Anhänger / Interaction tracteur remorque

Traktor John Deere 6920 6.5 bar Aussteuerung bei 50% Verzögerung / Tracteur John Deere 6920 pression d'assistance de 6.5bar pour freinage à 50%



Zusammenspiel zwischen Traktor und Anhänger bei einer Bremsung. Im Bereich der Teilbremsung (bis etwa 400 N Pedalkraft) sollten Traktor und Anhänger möglichst optimal aufeinander abgestimmt sein. Wird die Pedalkraft erhöht, steigt beim Traktor mit leistungsfähiger Bremsanlage die Bremsleistung an. Die Abbremsung des Anhängers steigt hingegen aufgrund des konstanten Bremsdrucks in der Steuerleitung nicht mehr weiter an. Die Differenz wird umso grösser, je stärker der Traktor bremst und je schwächer die Bremsleistung des Anhängers ist (orange Pfeile). Je grösser die Differenz, umso schlechter ist das Bremsverhalten des gesamten Anhängerzuges.

Interaction entre le tracteur et la remorque lors du freinage. Dans la zone du freinage partiel (jusqu'à 400 N exercés sur la pédale), le tracteur et la remorque doivent être équilibrés du mieux possible. Lorsque la force sur la pédale s'accroît, l'efficacité de freinage augmente sur le tracteur doté d'un système de freinage performant. En revanche, le freinage de la remorque ne continue pas d'augmenter en raison de la pression de freinage constante dans la conduite de commande. Plus le tracteur freine puissamment et plus l'efficacité de freinage de la remorque est faible (flèche orange), plus la différence est importante. Plus la différence est grande, plus le comportement au freinage de l'ensemble du train routier est mauvais.

Gleiche Ergebnisse mit leichterm Traktor

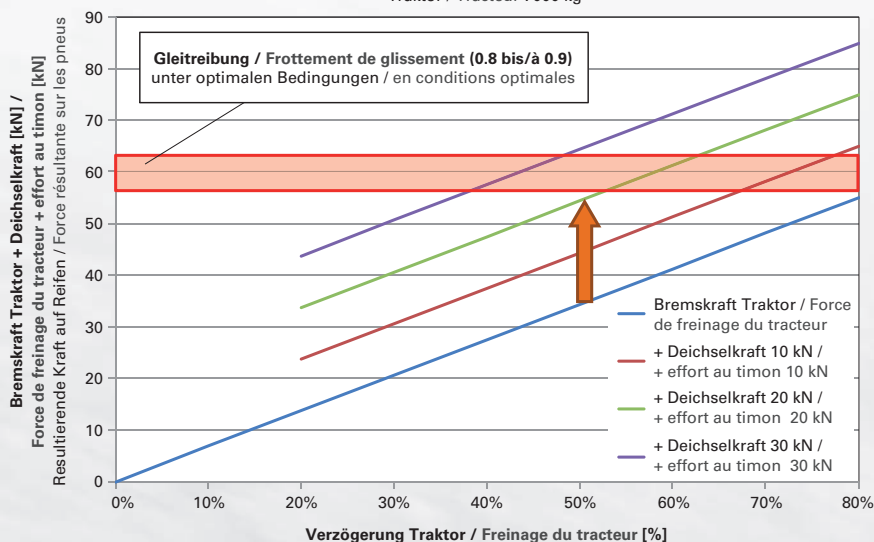
Die Validierung der Messungen mit einem zweiten Traktor ergab ähnliche Werte. Die leicht tieferen Druckkräfte in der Deichsel lassen sich durch den rund eine Tonne leichteren Traktor und der Abbremsung von ca. 30% bei 6,5 bar Aussteuerdruck erklären. Durch diese Gegebenheiten und die höhere maximale Bremsverzögerung aufgrund der Pedalkraft von rund 1200N geriet der Traktor in Gleitreibung.

Schubkräfte während Ansprech- und Schwellzeit

Die ersten 0,5 Sekunden der Bremsung werden durch die Ansprech- und Schwellzeit beeinflusst. Während dieser Zeit bremst nur der Traktor,

**Einfluss der Deichselkraft auf Bremskräfte /
Influence de l'effort au timon sur les forces de freinage**

Traktor / Tracteur 7000 kg



Durch die zusätzliche Schubkraft des Anhängers erreichen die Reifenkräfte des Traktors schnell den Bereich der Gleitreibung. Bei einer Abbremsung von 50% des Traktors mit 6970 kg Eigengewicht (führt zu einer Kraft von rund 34,3 kN zwischen Traktorreifen und Fahrbahn) reichen 20kN zusätzliche Schubkraft durch die Deichsel um den Traktor in den Bereich der Gleitreibung zu bringen.

En raison de la poussée supplémentaire de la remorque, les forces sur les pneus du tracteur atteignent rapidement la zone de frottement de glissement. Lors d'un freinage à 50 % du tracteur d'un poids propre de 6'970 kg (ce qui produit une force de près de 34,3 kN entre les pneus du tracteur et la chaussée) 20 kN de poussée supplémentaire au timon suffisent pour amener le tracteur dans la zone de frottement de glissement.

eine Bremsung durch den Anhänger findet noch nicht statt. Unabhängig von den Bremseinstellungen des Anhängers sind die Deichselkräfte während der ersten Phase einer Vollbremsung hoch.

Bei geringerer Bremsleistung des Anhängers sind während der zweiten Bremsphase höhere Schubkräfte in der Deichsel messbar. Die Unterschiede fielen relativ klein aus, weil die Anhänger-Hinterräder bei 50% Abbremsung im Gegensatz zu 38% zu gleiten anfangen.

Bei einer Vollbremsung spielt die Einstellung des Anhängersteuerventils des Traktors für das Bremsverhalten des Anhängers keine grosse Rolle, da der maximale Aussteuerdruck in beiden Fällen fast gleichzeitig erreicht wird.

Zugabstimmung bei Teilbremsungen

Bei der Teilbremsung ist es wichtig, dass Traktor und Anhänger möglichst exakt aufeinander abgestimmt sind (beide befinden sich im Toleranzband). Je besser die Abbremsung des Traktors und des Anhängers aufeinander abgestimmt sind, desto gleichmässiger erfolgt die Bremsung.

Wird die Bremsung durch Erhöhung der Pedalkraft verstärkt, erreicht die Bremsverzögerung des Anhängers aufgrund des nicht mehr ansteigenden Bremsdrucks eine konstante Abbremsung, während die Abbremsung des Traktors weiter zunimmt. Das bedeutet, dass Traktor und Anhänger unterschiedliche maximale Abbremsungen aufweisen. Die dadurch entstehende Deichselkraft wird umso grösser, je grösser die Diffe-

renz zwischen der maximal möglichen Abbremsung des Traktors und des Anhängers ist.

Wegen der hohen Abbremsung der Traktoren, die bei Vollbremsung über den Wert der Haftreibung ca. 8m/s² verzögern können (80% Abbremsung), wird die Differenz zur Bremsverzögerung des Anhängers gross. In beiden Beispielen traten bei einem vollgebremsten 18t-Anhänger Deichselkräfte von 30kN auf, die den Traktor voll oder teilweise in den Bereich der Gleitreibung brachten.

Je schwerer das Zugfahrzeug, desto sicherer

Die Schubkräfte des Anhängers auf den Traktor führen zu einer zusätzlichen Belastung des Traktors. Somit steigen die Kräfte zwischen den Trak-

de 9 t, les poussées sur le timon étaient faibles, le tracteur n'a donc à aucun moment connu de frottement de glissement.

Panne d'électricité sur le distributeur pilote de la remorque

Le distributeur près piloté de la remorque sur le tracteur peut causer des problèmes en cas de panne d'électricité (due par ex. à un fusible défectueux ou un câble sectionné), car l'efficacité de freinage sera diminuée. Les systèmes fermés sans courant sont concernés par ce problème. Une lettre d'information aux importateurs de machines agricoles et aux ateliers a été rédigée par l'ASMA et l'USM et publiée dans forum numéro 1-12.

Sollicitation plus élevée de l'essieu avant de la remorque lors du freinage

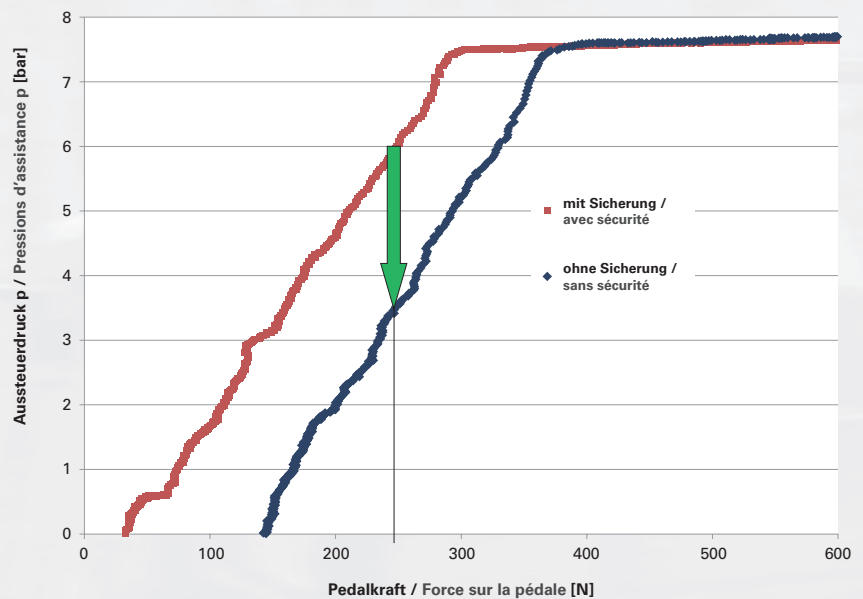
Au vu des enregistrements vidéo, l'essieu arrière de la remorque tendait au frottement de glissement en cas de freinage d'urgence, lorsque le freinage de la remorque était réglé sur une durée excédant 50%. Ceci s'explique par le transfert dynamique des charges pendant le freinage (la charge est déplacée sur l'essieu avant). Cela se révèle problématique pour les remorques agricoles possédant un empattement limité et un centre de gravité relativement élevé. Une modification du réglage du frein (2/3 sur l'essieu avant et 1/3 sur l'essieu arrière) a résolu le problème du blocage des essieux arrière. Cela conduit toutefois à une plus grande sollicitation de l'essieu avant (frein et fixation d'essieu) et en même temps à un freinage excessif de l'essieu avant dans le cas d'une remorque vide sans régulateur ALB. Le frottement de glissement de l'essieu arrière de la remorque explique vraisemblablement pourquoi l'efficacité de freinage plus importante de la remorque n'a pas entraîné de freinage nettement plus rapide.

Conclusion

- Plus l'équilibrage des freins entre le tracteur et la remorque est bon, plus le freinage est sûr.
- Le poids d'adhérence (rapport entre le poids du tracteur et le poids total du train routier) est une valeur décisive. Un tracteur plus lourd peut absorber des poussées plus importantes de la remorque sans devenir incontrôlable.
- La répartition dynamique des charges au freinage sollicite plus l'essieu avant de la remorque. Une efficacité de freinage suffisante nécessite des freins de bonnes dimensions. Un freinage excessif à vide peut être empêché grâce à un régulateur de charge.
- Une défaillance de l'alimentation électrique entraîne une baisse de la pression d'assistance dans le cas des distributeurs pilotes fermés sans courant. ■

Agroscope, ASMA, USM

Einfluss elektrische Vorsteuerung des Anhängersteuerventil / Influence de la commande pilote électrique du distributeur de remorque



Einfluss der Bremssicherung auf elektrisch vorgesteuertes Anhängersteuerventil.
Bei gleicher Bremspedalkraft sinkt der Aussteuerdruck bei Ausfall der Stromversorgung ab.
Bei einer Pedalkraft von 250 N beträgt der Luftdruck nach Ausfall der Stromversorgung nur noch 3,5 bar anstelle von 6,0 bar.

Influence de la sécurité de frein sur le distributeur pilote électrique de la remorque.
Pour la même force exercée sur la pédale, la pression d'assistance chute en cas de défaillance de l'alimentation électrique. Si la force exercée sur la pédale est de 250 N, la pression de l'air n'est plus que de 3,5 bar au lieu de 6,0 en cas de panne électrique.



torreifen und der Fahrbahn an. Diese Kräfte addieren sich aus der Bremskraft des Traktors und der Schubkraft des Anhängers. Übersteigt das Verhältnis der Kräfte in Längsrichtung zur Gewichtskraft des Traktors den Haftreibungskoeffizienten, der unter optimalen Bedingungen etwa 0,8 bis 0,9 beträgt, verlieren die Räder die Haftung. Ein Zugfahrzeug im Bereich der Gleitreibung ist als kritisch zu betrachten, da der Bremsweg verlängert und die Steuerbarkeit nicht mehr gegeben ist. Somit zeigt sich ein bedeutender Einfluss des Adhäsionsgewichtes des Zugfahrzeugs auf das Bremsverhalten. Das Anhänger-gewicht von 9 t oder 18 t machte sich deutlich bemerkbar. Bei 9 t Gewicht des Anhängers waren die Schubkräfte in der Deichsel gering, deshalb geriet der Traktor während keiner Phase in die Gleitreibung.

Stromausfall bei vorgesteuertem Anhängersteuerventil

Das vorgesteuerte Anhängersteuerventil auf dem Traktor kann bei Stromausfall (beispielsweise defekte Sicherung oder Kabelbruch) Probleme bereiten, da die Bremsleistung vermindert wird. Von diesem Problem sind Systeme betroffen, die stromlos geschlossen sind. Ein

Informationsschreiben an Landmaschinenimporteure und Werkstätten wurde durch SLV und SMU erstellt und im forum 1-12 veröffentlicht.

Höhere Vorderachsbelastung des Anhängers bei Bremsung

Gemäss den Filmaufnahmen neigte die Hinterachse des Anhängers bei Vollbremsungen und Bremseinstellungen des Anhängers von mehr als 50% Bremsdauer in den Zustand der Gleitreibung. Dies ist auf die dynamische Gewichtsverlagerung während des Bremsvorgangs zu erklären (Gewicht wird auf die Vorderachse verlagert). Problematisch zeigt sich bei den landwirtschaftlichen Anhängern der geringe Achsabstand und der relativ hohe Schwerpunkt. Eine Veränderung der Bremseinstellung (2/3 auf Vorderachse und 1/3 auf Hinterachse) löste das Problem der blockierten Hinterachse. Das führt aber zu einer höheren Belastung der Vorderachse (Bremse und Achseinbindung) und gleichzeitig zu einer Überbremsung der Vorderachse bei leerem Anhänger ohne ALB-Regler. Die Gleitreibung der Anhängerhinterachse dürfte der Grund sein, weshalb die stärkere Bremsleistung des Anhängers keine deutlich schnellere Abbremsung bewirkte.

Fazit

- Je besser die Bremsabstimmung zwischen Traktor und Anhänger übereinstimmt, desto sicherer wird die Bremsung.
- Das Adhäsionsgewicht (Verhältnis zwischen Traktorgewicht und dem Gesamtgewicht des Anhängerszugs) ist eine entscheidende Grösse. Ein schwerer Traktor kann höhere Schubkräfte des Anhängers aufnehmen, ohne in einen unkontrollierbaren Zustand zu geraten.
- Durch die dynamische Lastverteilung beim Bremsen wird die Vorderachse des Anhängers stärker belastet. Eine ausreichende Bremsleistung erfordert eine grosszügige Bremsdimensionierung. Ein Überbremsen im Leerzustand kann durch einen Lastenregler verhindert werden.
- Bei vorgesteuerten Anhängersteuerventilen, die stromlos geschlossen sind, führt eine fehlende Stromversorgung zu einem tieferen Aussteuerdruck. ■

Agroscope, SLV, SMU



Dynamische Lastverteilung des Anhängers bei Vollbremsung. Durch die dynamische Lastverteilung bei der Bremsung wird die Vorderachse stärker belastet, die Hinterachse entlastet. Erkennbar ist dies durch die unterschiedliche Einfederung an Vorder- und Hinterachse.

Répartition dynamique des charges de la remorque en cas de freinage d'urgence. Cette répartition lors du freinage sollicite plus fortement l'essieu avant et soulage l'essieu arrière. Cela se remarque à la compression différente des amortisseurs sur l'essieu avant et sur l'essieu arrière.