

**Zeitschrift:** Landtechnik Schweiz

**Herausgeber:** Landtechnik Schweiz

**Band:** 75 (2013)

**Heft:** 10

**Artikel:** Ausser Rand und Band

**Autor:** Gnädinger, Ruedi

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1082882>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Grosse Zentralachshänger haben wirtschaftliche und einsatztechnische Vorteile. Sie beeinflussen die Fahreigenschaften des Traktors jedoch negativ und gehören nur an Traktoren mit entsprechendem Eigengewicht.



Normalanhänger verursachen nur geringe Seitenkräfte auf das Zugfahrzeug und verschlechtern deren Fahreigenschaften kaum.

## Ausser Rand und Band

«Ausser Rand und Band ...» Die Redensart steht für zwei recht unterschiedliche Situationen: zum Beispiel vor Freude herumtoben und übermütig sein oder wenn etwas ausser Kontrolle gerät. Wenn ein Fahrzeug ins Schleudern kommt, ist die Ursache oft Übermut, gepaart mit «rassiger» Fahrweise. Rasch gerät die Situation ausser Kontrolle - mit fatalen Folgen. Welche Mechanismen zu Schleuderunfällen führen, wird in diesem Beitrag näher erläutert.

Ruedi Gnädinger

Als Hauptursachen, dass ein Fahrzeug ins Schleudern gerät, gelten:

- eine minimale Geschwindigkeit (mit der in der Bewegung enthaltenen Energie),
- Geschwindigkeitsveränderungen (bremsen oder beschleunigen) und/oder
- ein Fahrrichtungswechsel (Kurvenfahrt oder Ausweichmanöver).

Aber auch die Randbedingungen beim Fahren beeinflussen das Risiko eines Schleuderunfalles. Solche sind im We-

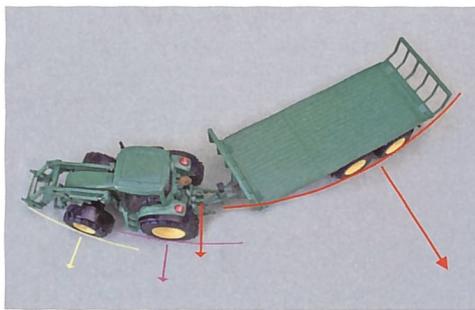
sentlichen: Strassenzustand, Gefälle, gleichmässig ziehende und wirksame Bremsen, Schwerpunkt, Verrutschen der Ladung oder Schaukelbewegungen von Flüssigkeiten in Tankfahrzeugen.

Wer ein Fahrzeug lenken will, muss daher bei Fahrbeginn prüfen, ob unter Beachtung der Randbedingungen ein Transport bei üblicher Fahrweise noch sicher ist. Diese Sicherheit ist eindeutig nicht gegeben auf vereister Fahrbahn, bei mangel-

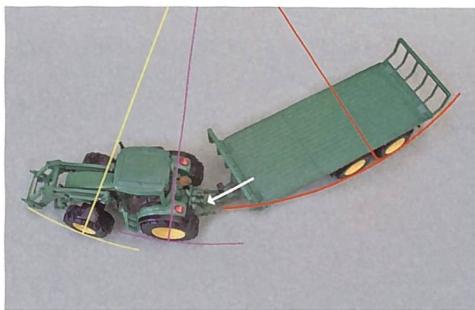
haften Bremsen, ungenügendem Reifendruck, wenn der Traktor nicht zu einer schweren Anhängelast passt oder die Gülle im nicht vollgefüllten Druckfass hin- und herschwippt.

### «Wegen übersetzter Geschwindigkeit verunfallt» ...

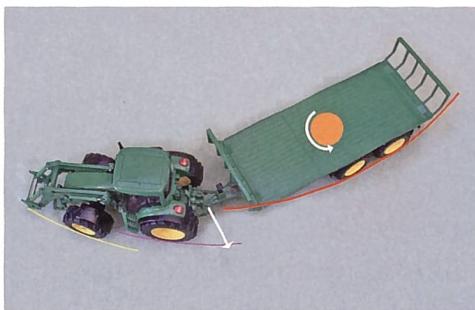
Solche oder ähnliche Schlagzeilen im Zusammenhang mit Auto- und Töffunfällen sind hinlänglich bekannt. Aber kann man



Die Zentrifugalkraft erhöht sich mit zunehmender Geschwindigkeit im Quadrat und dürfte die häufigste Ursache für Schleuderunfälle sein. (Bilder und Darstellungen: Ruedi Gnädinger)



Die einzelnen Achsen des Anhängerzuges fahren auf unterschiedlichen Kurvenradien. Durch die unterschiedlichen Kurvenradien und Wegstrecken entstehen beim Kurvenfahren wechselnde Kräfte auf die Anhängerdeichsel beziehungsweise auf das Zugmaul (weisser Pfeil).



Wegen der Massenträgheit um die Hochachse beharrt ein Anhänger auf der linearen Fahrt. Das Einlenken in eine Kurve verursacht daher beim Zentralachsanhänger Querkräfte auf der Deichsel beziehungsweise dem Zugmaul (weisser Pfeil).

auch mit dem Traktor zu schnell fahren, der doch bauartbedingt seine Geschwindigkeitslimite bei 30 oder 40 km/h hat? Die Antwort ist eindeutig ja, denn die zulässige Höchstgeschwindigkeit wurde unter anderem so tief gewählt, weil sie zu diesen Fahrzeugen passt. D.h. diese zeichnen sich u.a. aus durch einen hohen Schwerpunkt, einen kurzen Radstand mit grossen Überhängen sowie durch direkte Lenkung und im Verhältnis zu schnelleren Fahrzeugen weniger wirksamen Bremsen. Die bauartbedingte Höchstgeschwindig-

keit darf daher nicht uneingeschränkt ausgenutzt werden. Es ist etwa gleich unverantwortlich, mit Traktor und Anhänger mit 40 km/h an einer Kindergruppe «vorbeizudonnern», wie wenn im Personenwagen innerorts die erlaubten 50 km/h beibehalten werden. In beiden Fällen ist nicht die gesetzlich zulässige, sondern die den Verhältnissen angepasste Geschwindigkeit massgebend.

### Die Wirkung der Geschwindigkeit wird oft unterschätzt

Die in einem fahrenden Anhängerzug enthaltene Bewegungsenergie bestimmt die Kräfte, die bei einem Fahrrichtungswechsel oder beim Abbremsen entstehen. Diese Bewegungsenergie (kinetische Energie) nimmt nicht linear, sondern im Quadrat zur Geschwindigkeit zu. Die Geschwindigkeitserhöhung von 30 km/h auf 40 km/h entspricht 33,3%. Demzufolge wird die kinetische Energie von ursprünglich 100% auf 178% (1.33<sup>2</sup>) erhöht. Dementsprechend sind auch die Auswirkungen beim Abbremsen in einer Kurve und auf die Schadenshöhe, wenn es zum Unfall kommt. Bei der Kurvenfahrt ist wegen des meist hohen Schwerpunktes die Kippgefahr bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen allerdings ebenso gross wie die Schleudergefahr.

### Kräfte und Einflüsse bei der Kurvenfahrt

Beim Einfahren in eine Kurve treten verschiedene unliebsame Kräfte auf, nämlich:

#### • Zentrifugalkräfte

Sie entstehen bei jeder Kurvenfahrt und werden nach folgender Formel berechnet:  $F = \text{Masse (kg)} \times \text{Geschwindigkeit}^2 (v^2) / \text{Kurvenradius (m)}$ . Wird die Zentrifugalkraft zu gross, beginnen die Reifen seitlich zu rutschen oder das Fahrzeug kippt. Wenn eine Kurve mit einem Radius von 25 m mit einer Geschwindigkeit von 25 km/h durchfahren wird, beträgt die Zentrifugalkraft ca. 20% der Gewichtskraft des Anhängerzuges. Bei einer Geschwindigkeit von 30 beziehungsweise 40 km/h erhöht sie sich aber auf 27% bzw. 49%. Eine zu grosse Zentrifugalkraft wegen unangepasster Geschwindigkeit dürfte die Hauptursache für Schleuderunfälle sein.

#### • Schub- und Zugkräfte durch unterschiedliche Wegstrecken

Anhänger fahren mit ihren Achsen auf einem kleineren Kurvenradius als das

Zugfahrzeug und legen daher auch eine im Verhältnis zum Zugfahrzeug geringere Fahrstrecke zurück. Der Anhängerschwerpunkt bewegt sich daher mit einer geringeren Geschwindigkeit. Dieses Phänomen hat zur Folge, dass bei der Kurveneinfahrt über die Deichsel eine Schubkraft auf den Traktor entsteht. Da diese Deichselkraft von schräg und hinter der Hinterachse wirkt, neigt der Traktor zum Übersteuern. Dadurch besteht eine zusätzliche Gefahr, dass die Hinterachse ausbricht und die Schleuderfahrt beginnt. Kennzeichnend für diese Unfallursache ist oft die Endlage der Traktoren in der Gegenfahrtrichtung. Besondere Vorsicht ist bei langen und schweren Anhängerzügen geboten, bei denen die Kurvenradien von der vordersten bis hin zur hintersten Achse wesentlich kleiner werden.

#### • Querkräfte auf das Zugmaul durch Massenträgheit

Wenn ein Anhänger eine Kurve durchfährt, muss er sich auch um seine eigene Achse drehen (Fachbegriff: Hochachse, Vertikalachse oder Gierachse). Wegen der Massenträgheit will sich der Anhänger aber geradeaus bewegen. Er wird mit der entsprechenden Querkraft am Zugmaul des Traktors in die Kurve gelenkt. Diese Querkräfte sind beim herkömmlichen Vierradwagen vernachlässigbar, können aber bei grossen Zentralachsanhängern beachtlich sein, wenn engere Kurven mit zu grosser Geschwindigkeit durchfahren werden. Beim Herausfahren aus der Kurve wechselt zudem die Richtung der Querkraft (Lastwechsel). Solche Lastwechsel können das Fahrverhalten des Traktors so stark und schnell beeinflussen, dass die nötigen Lenkkorrekturen nicht mehr möglich sind und die Fahrt ausser Kontrolle gerät.

#### • Querkräfte auf das Zugmaul bei mehrachsigen Zentralachsanhängern

Zentralachsanhänger mit 2 oder 3 nicht gelenkten Achsen können ebenfalls ansehnliche Querkräfte auf das Zugmaul entwickeln. Diese Kräfte sind in etwa proportional zu den Achsabständen und den Achslasten. Einen wesentlichen Einfluss haben auch die Reifen, die bei seitlichem Druck nachgeben müssen, damit sich die Laufflächen der sich ändernden Fahrtrichtung anpassen können (Schräglaufwinkel). Grossvolumige Reifen mit einer weichen, bodenschonenden Karkasse haben grössere Schräglaufwinkel und verursachen dadurch weniger



Bei Traktoren mit grosser Bereifung muss das Zugmaul weit hinter dem Achszentrum angebracht werden. Bei einem Nachstossen des Anhängers in der Kurve führt dies zu einem ausgeprägten Übersteuern oder begünstigt das Ausbrechen der Traktorhinterachse.

### Fachbegriffe im Zusammenhang mit Schleudergefährden

**Übersteuern:** Das Fahrzeug fährt mit einem kleineren Kurvenradius, als dieser aufgrund des Lenkeinschlages sein sollte. Um auf der gewünschten Kurvenfahrt zu bleiben, ist eine Korrektur am Lenkrad nötig (Gegenlenken).

**Untersteuern:** Das Fahrzeug fährt in einem grösseren Kurvenradius, als dies aufgrund des Lenkeinschlages sein sollte. Um auf der gewünschten Kurvenfahrt zu bleiben, ist eine Korrektur am Lenkrad nötig (Nachlenken). Im Extremfall fährt es trotz eingeschlagenen Rädern geradeaus.

**Lastwechsel** können durch Beschleunigung, Verzögerungen oder Fahrrichtungsänderungen entstehen. Unter Lastwechselreaktion versteht man die Änderung des Fahrverhaltens beim Auftreten dieser Lastwechsel wie das Über- oder Untersteuern.

**Lastwechselreaktionen** können beim Anhängerbetrieb das System Zugfahrzeug – Anhänger so stark aufschaukeln, dass Anhänger oder Zugfahrzeug nach einer Schlingerfahrt kippen.

**Hoch-, Vertikal- oder Gierachse:** Bei einer Fahrrichtungsänderung um 360 Grad (Kreisfahrt), dreht sich ein Fahrzeug einmal um seine Hochachse. Die Drehbewegung um diese Achse wird als gieren bezeichnet.

**Schräglauwinkel:** Vereinfacht ausgedrückt beziffert der Schräglauwinkel die Differenz zwischen der Fahrtrichtung, welche sich aufgrund der Radstellung einstellen müsste und der tatsächlichen Richtung. Die Ursache ist eine geringe Reifen- und Laufflächenverformung bei der Kurvenfahrt. Bei grossen Schräglauwinkeln leiden das exakte Ansprechen der Lenkung und die Fahrstabilität. Mit genügend Reifendruck kann diese unerwünschte Eigenschaft verminderd werden.

Querkräfte auf das Zugmaul. Diese bieten hingegen weniger Richtungsstabilität bei Geradeausfahrt.

Zunehmend werden auch mehrachsige Zentralachsanhänger mit zwangsgelenkten Achsen oder Nachlaufachsen angeboten, um die Seitenkräfte bei der Kurvenfahrt zu verringern. Nachlaufachsen sind bei Strassenfahrten jedoch unbedingt zu sperren, da sonst das Seitenführungsvermögen zu stark vermindert wird und die nötige Fahrstabilität nicht mehr gegeben ist.

Wenn sich die oben beschriebenen Kräfte summieren, kann es zum Schleuderunfall kommen und sie können mit Ausnahme der Zentrifugalkraft nach dem Scheitelpunkt der Kurve in der entgegengesetzten Richtung wirken. Solche Lastwechsel beeinflussen die Fahrtrichtung des Zugfahrzeugs teilweise so stark und abrupt, dass man keine Chance hat, das Fahrzeug durch rechtzeitige und richtig «dosierte» Lenkkorrekturen im Griff zu behalten.

### Kräfte und Einflüsse auf abschüssigen Strassen

Beim Befahren von Gefällstrecken wird in der Regel ein kleinerer Gang gewählt, mit dem die Geschwindigkeit ohne dauernde Betätigung der Betriebsbremse beibehalten werden kann. Der Traktor ist dadurch in seinem Bremsvermögen und bezüglich Fahrstabilität bereits erheblich «vorbelastet», denn über das Zugmaul wirken schon erhebliche Schubkräfte. Kommen nun noch die Kräfte dazu, die bei der Kurvenfahrt entstehen, wird die Grenze schnell überschritten, bei der eine sichere Fahrt noch gewährleistet ist.

Eine Bremsprobe nach Fahrtbeginn ist immer zu empfehlen, besonders aber wenn Gefällstrecken zu befahren sind. Ist bei der Bremsprobe die Wirkung nicht überzeugend oder einzelne Achsen werden überbremst, ist in dieser Konstellation auf die Fahrt zu verzichten.

Im Weiteren ist zu beachten, dass die vom Hersteller freigegebene Anhängelast keine Gewährleistung ist für das sichere Fahren mit diesen Gewichten auf steilen Strecken oder rutschigen Fahrbahnen.

### Lauf- und Fahreigenschaften

Ist wegen einer schnell angefahrenen Kurve, eines Ausweichmanövers oder eines leichten «Rutschers» nicht mehr alles im «grünen Bereich», können gute Lauf- und Fahreigenschaften entscheidend sein, ob es zum Unfall kommt oder nicht. Leider haben im Grenzbereich viele

landwirtschaftliche Fahrzeugen, auch neuere Modelle, nicht die gleich guten Fahreigenschaften wie Personenwagen oder für den Strasseneinsatz konzipierte Nutzfahrzeuge. Die wesentlichen bauartbedingten Nachteile von landwirtschaftlichen Fahrzeugen sind:

- **Hoher Schwerpunkt** führt zu grosser Gewichtsverlagerung bei Kurvenfahrten, beim Bremsen und im Gefälle.

- **Weiche und grossvolumige Reifen** mit verminderter Spurtreue (grosser Schräglauwinkel), welche bei einer Gewichtsverlagerung stark einfedern und das Fahrzeug dadurch in Schräglage versetzen.

- **Grosse Überhänge und kurze Radstände**, welche das unkontrollierte Drehen um die Hochachse begünstigen. Diese bauartbedingten Nachteile sind bei vorsichtiger Fahrweise kaum spürbar. Es ist daher verständlich, wenn nach einem Schleuderunfall Fassungslosigkeit herrscht und man so etwas nicht für möglich gehalten hat.

### Viele Ursachen mit summierender Wirkung

Schleuderunfälle haben meistens verschiedene Ursachen und führen durch das zeitgleiche Auftreten zum Schleuderunfall. Bei der Risikobeurteilung sind daher die in diesem Beitrag behandelten Zusammenhänge systematisch zu prüfen. Schon das Bewusstsein, dass die Gefahr des Schleuderns besteht und die Fahrerin oder der Fahrer die Geschwindigkeit deshalb anpasst, kann einen Unfall verhindern. ■



Gerät ein Anhänger ins Schlingern, kann sich das System Zugfahrzeug-Anhänger stark aufschaukeln. Experten raten in dieser Situation, auf Lenkkorrekturen zu verzichten und das Lenkrad in erster Linie still zu halten sowie mässig zu bremsen. Wer jedoch solche «Grenzerfahrungen» nicht unbedingt will, achtet auf genügend Reifendruck und hält die zulässige Geschwindigkeit ein. Eine zusätzliche Verbesserung ist auch durch die Montage einer Antischlingerlkupplung möglich.