

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 75 (2013)

Heft: 11

Rubrik: Sicherheit

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: 05.02.2026

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



Diese Fahrzeugkombination eignet sich gut auf ebenen Parzellen. In Hanglagen wird die Kippgefahr aber durch den vorderen Überhang mit der damit verbundenen Veränderung der Schwerpunktlage wesentlich erhöht. Der Fahrer überlegt mit Vorteil vor Arbeitsbeginn, ob die nötige Kippsicherheit unter den gegebenen Umständen noch vorhanden ist. (Bilder: Ruedi Gnädinger)

Kippgefahr bei Traktoren

Im Gefolge der Vergrösserung von Betrieben und Produktionsflächen werden immer leistungsfähigere Traktoren, Anhänger und Maschinen eingesetzt. Bei der Produktentwicklung ist die Standsicherheit von untergeordneter Bedeutung, da diese Geräte auf ebenen Parzellen eingesetzt werden. Umso wichtiger ist es, dass sich Traktorhalter und -fahrer der möglichen Kippgefahr bewusst sind und werden. Dieser Beitrag zeigt die Mechanismen auf, die zum Kippen von Fahrzeugen führen, damit das Moment der Kippsicherheit richtig eingeschätzt werden kann.

Ruedi Gnädinger

Während bei Maschinen für die Berglandwirtschaft die gute Hangtauglichkeit eine wesentliche Eigenschaft ist, muss man hinsichtlich Standfestigkeit bei Traktoren, Anhängern und Maschinen eine Verschlechterung hinnehmen. Für den Weltmarkt und grosse Produktionsflächen in der Ebene produziert, sind vielmehr Ei-

genschaften wie hohe Antriebsleistung, grosse Räder und Bodenfreiheit gefragt. Es ist nicht zu widerlegen, dass es dadurch vermehrt zu Kippunfällen kommen kann.

- Zu viel Hangneigung,
- problematische Ladung oder
- nicht angepasste Geschwindigkeit

Dies sind die drei Hauptursachen, die zum Kippen führen. Da die Auswirkungen der Geschwindigkeit im letzten Beitrag zum Thema Schleudern behandelt wurde, beschränkt sich dieser Beitrag auf die Gefahren der Hangneigung und der Ladung inklusive Schwallwirkung im Gülledruckfass.

Zur Einschätzung der Kippsicherheit (verbleibende Standfestigkeit) sind einerseits technische Faktoren wie Schwerpunktlage, Spurbreite, Einfederung der Reifen zu beachten und andererseits die Einsatzbedingungen wie Hangneigung und Bodeneigenschaften.

Zwei Schlüsselbegriffe: Kippkante und Schwerpunktlage

Beim Kippen dreht sich ein Fahrzeug über seine äusseren Auflagepunkte wie Räder oder Deichselöse. In der Mechanik wird dafür der Fachbegriff Kippkante verwendet. In Bild unten ist die Kippkante am Ort der Hinterreifen bei einem Traktor eingezeichnet.

Der zweite Begriff ist die Schwerpunktlage des Fahrzeugs. Wie es das Wort halbwegs aussagt ist der Schwerpunkt eines Körpers die Schwere (Masse oder Gewicht) des Gerätes auf einen Punkt bezogen. Von diesem Punkt aus wirken die Kräfte, welche ein Kippen auslösen können. Liegt der Schwerpunkt im Innern seiner verschiedenen Kippkanten, ist die Standsicherheit gut. Befindet er sich jedoch nahe oder ausserhalb einer Kippkante ist die nötige Sicherheit nicht mehr gegeben oder das Gerät kippt.

Wichtig: Sobald ein Gerät zu kippen beginnt, erhöht sich die Lage des Schwerpunktes und die Hebelwirkung der Kraft, die das Kippen verursacht, wird dadurch immer grösser. Gleichzeitig verschiebt sich der Schwerpunkt gegen die Kippkan-

Tabelle 1: Massnahmen zur Verbesserung der Kippsicherheit

Massnahme	Wirkung
Spurverbreiterung/Doppelräder an der Hinterachse	<ul style="list-style-type: none"> Bessere Standfestigkeit durch Verschieben der Kippkante beim Traktorenrumpf. Geringeres Einfedern und Einsinken der unteren Reifen.
Spurverbreiterung/Doppelräder an der Frontachse	<ul style="list-style-type: none"> Bessere Standfestigkeit durch Verschieben der Kippkante bei der Vorderachse (wichtig bei hohen Vorderrädern). Geringeres Einfedern und Einsinken der unteren Reifen.
Ballastierung der Frontachse anstelle von Frontgewichten	<ul style="list-style-type: none"> Eigenstabilität (Standfestigkeit) der Vorderachse wird verbessert. Bei Frontgewichten hingegen wird die Standfestigkeit des Traktorenrumpfes verschlechtert.
Abstützung der Fronthydraulik auf die Frontachse	<ul style="list-style-type: none"> Das Kippmoment des Anbaugerätes wird auf die Frontachse übertragen und der eher gefährdete Traktorenrumpf wird nicht zusätzlich belastet. Die Kippsicherheit der Frontachse ist bei grösseren Hangneigungen durch eine Doppelbereifung zu verbessern.
Kurz bauende Anbaugeräte	<ul style="list-style-type: none"> Sie verschieben den Schwerpunkt des Traktors weniger nach vorne.
Reifen mit geringerem Durchmesser	<ul style="list-style-type: none"> Der Schwerpunkt des ganzen Fahrzeuges liegt tiefer.
Frontlader demonstrieren	<ul style="list-style-type: none"> Tieferer Schwerpunkt und weniger Frontlastigkeit.
Ausreichender Reifendruck	<ul style="list-style-type: none"> Die in der Schräglage zusätzlich belasteten Reifen federn weniger ein, und die Schräglage des Fahrzeuges wird nicht noch zusätzlich vergrössert

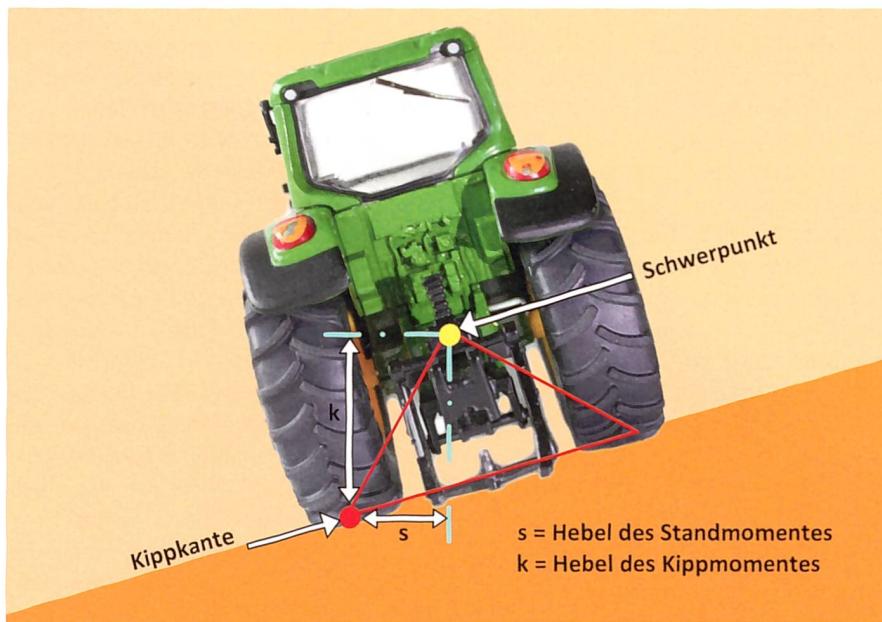
te, und die Hebelwirkung der Kraft, welche das Gerät standfest macht, wird immer kleiner. Wenn daher ein Rad eines Fahrzeugs einmal abhebt, kommt es in den meisten Fällen zum «vollendeten» Kippen. Nur wenn das Abheben durch die Zentrifugalkraft bei der Kurvenfahrt ausgelöst wurde, kann eine Geschwindigkeitsreduktion oder eine Lenkkorrektur den Kippvorgang noch stoppen und das Fahrzeug fällt wieder in die Ausgangslage

zurück. Hebt sich aber bei einer Schichtenlinienfahrt am Hang die obere Fahrzeugseite ab, wird der Kippvorgang irreversibel ausgelöst und das Unglück nimmt seinen Lauf. Je nach Dynamik und Hangneigung kann dies auch zum mehrmaligen Überschlagen führen.

Die spezielle Situation beim Traktor

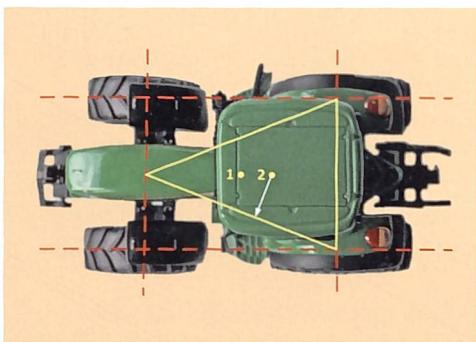
Der Traktor besteht statisch aus zwei einzelnen Körpern, nämlich dem Traktorenrumpf und der Frontachse, welche drehbar (beschränkt durch einen Anschlag) miteinander verbunden sind. Somit haben beide Teile ihre eigene Standfestigkeit mit ihren dazugehörigen Schwerpunkten und Kippkanten. Die Kippkanten des Traktorenrumpfes bilden ein Dreieck, welches mit den Eckpunkten der Hinterreifen und der Lagerung der Frontachse definiert wird (siehe Bildreihe auf der nächsten Seite). Der Traktorenrumpf kann dementsprechend nach hinten kippen (aufbäumen), wenn bei schweren oder langen Anbaugeräten das nötige Frontgewicht fehlt. Das gleiche «Erlebnis» ist auch beim Zug von schweren Lasten möglich, besonders bei hohem Anhängemaul und hoher Deichsellast.

In der Praxis ist ein seitliches Kippen des Traktorenrumpfes am Hang, bei welchem die Frontachse meistens mitgerissen wird, jedoch viel wahrscheinlicher als ein Unfall durch ein Überschlagen rückwärts. Die seitliche Kippkante befindet sich nämlich viel näher beim Schwerpunkt. In der

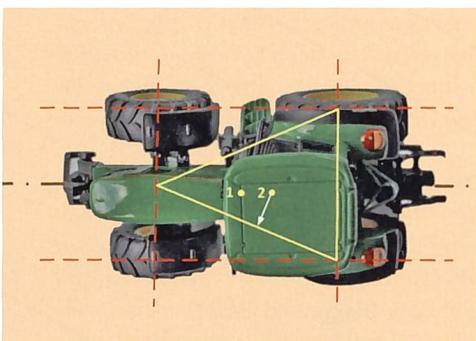


Tiefer Schwerpunkt und weit aussen liegende Kippkanten verbessern die Standfestigkeit. Mit zunehmender Hangneigung verschiebt sich der Schwerpunkt aber nach oben, und die Hebelwirkung fürs Kippen wird grösser (Hebellänge k). Gleichzeitig vermindert sich der seitliche Abstand des Schwerpunktes zur Kippkante und die Hebelwirkung der Gewichtskraft, welche den Traktor standfest macht, wird vermindert (Hebellänge s).

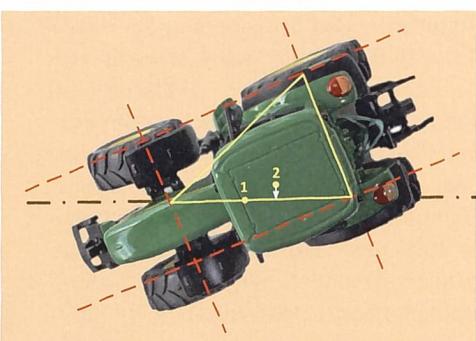
Bildreihe sind Abstände zur Kippkante bei verschiedenen Situationen eingezeichnet. Bei diesen Bildern ist auch ersichtlich, dass bei Hanglagen eine Schrägfahrt nach unten besonders kritisch ist, weil hier der Schwerpunkt am nächsten über der Kippkante liegt.



Die Kippkanten (gelbe Linien) des Traktor- rumpfes sind durch die Aufstandsflächen der Hinterreifen und die drehbare Verbin- dung mit der Frontachse gegeben. Durch den Anbau von Frontgeräten oder Frontge- wichten verschiebt sich der Schwerpunkt (gelber Punkt) nach vorn und liegt näher bei der Kippkante. Die seitliche Kippgefahr wird dadurch grösser.



Bei Schichtenlinienfahrt am Hang vermin- dert sich der Abstand des Schwerpunktes zur seitlichen Kippkante. Die Kippgefahr nimmt dadurch zu.



Gegenüber der reinen Schichtenlinienfahrt (braune strich-punktierte Linie) liegt bei einer Schrägfahrt nach unten der Schwer- punkt besonders nahe bei der Kippkante oder liegt bei einem koplastigen Fahrzeug sogar über der Kippkante. Mit einem Unfall ist zu rechnen.

Der zweite statisch unabhängige Teil des Traktors ist die Frontachse. Die Kippsicherheit wird einerseits durch deren Schwerpunkthöhe und Spurbreite be- stimmt. Andererseits muss sie noch zu- sätzliche Kräfte vom Traktorrrumpf über die drehbare Vorderachslagerung aufneh- men. Durch den heute üblichen Allradan- trieb mit grossen Fronträdern und Zentralantrieb liegen der Schwerpunkt der Frontachse und deren Verbindung mit dem Traktorrrumpf wesentlich höher als früher. Die Kippsicherheit des Traktor- rumpfes wird durch die höher gelegene Verbindung (vorderer Punkt der Kippkan- te) mit der Frontachse etwas verbessert. Dafür wird die Kippsicherheit der Vorder- achse wegen der grösseren Hebelwirkung der Kippkräfte massgeblich verschlech- tert.

Verbesserung der Kippsicherheit von Traktoren

Die Einsatzgrenzen an Hanglagen, welche im Wesentlichen mit der Ausstattung des Traktors beeinflusst werden können, sind: Bremsen, Kippsicherheit, Traktion und Schädigung der Grasnarbe.

Massnahmen zur Verbesserung der Kippsicherheit sind in Stichworten in Tabelle 1 dargestellt.

Frontballastierung

Da die Auswirkungen (oder Nebenwir- kungen) von Frontgewichten und der Frontachse auf die seitliche Kippsicherheit weniger bekannt sind, noch einige Hinweise.

Frontgewichte sind eine sehr effiziente Massnahme, um bei schweren oder lan- gen Heckanbaugeräten oder hohen Deichsellasten die nötige Belastung der Frontachse zu gewährleisten. Durch die grosse Hebelwirkung mit der Positionie- rung vor der Frontachse kann mit wenig zusätzlichen Gewicht eine grosse Wir- kung erzielt werden. Nachteilig ist jedoch, dass sich dieses Zusatzgewicht nur auf der Frontachse abstützt, den Schwerpunkt nach vorn verschiebt, aber den Traktor- rumpf und damit auch die Hinterachse entlastet. Die seitliche Kippsicherheit des Traktors – und diese wird vorwiegend durch das Standvermögen des Traktor- rumpfes bestimmt – wird daher ver- schlechtert (siehe auch Bildreihe links).

Anstelle der Frontgewichte kann man aber auch die Frontachse durch Wasser- füllung der Reifen/Doppelbereifung oder Gewichte in den Radschüsseln schwerer und breiter und damit standsicherer ma-

chen. Mit der Ballastierung der Vorder- achse wird zudem die Kippsicherheit des Traktorrrumpfes nicht verschlechtert. Dies im Gegensatz zu den üblichen Front- gewichten.

Hersteller von besonders hangtauglichen Traktoren bauen ihre Fronthydraulik teil- weise nicht mehr am Traktorrrumpf an, sondern an der Frontachse (achsgeführt) (siehe Rigitrac). Dies hat für die Standfes- tigkeit einen ähnlichen Effekt wie die Ballastierung der Frontachse und verbes- sert zusätzlich das Bodenanpassungsver- mögen der Frontgeräte.

Fahren mit Traktoren und Anhängern in Hanglagen

In Hanglagen kommen vorwiegend Lade- wagen, Druckfässer und Miststreuer zum Einsatz. Es sind also meistens einachsige Anhänger oder allenfalls doppelachsige bei grösseren Modellen. Ihre drei Kipp- kanten sind wie beim Traktor durch die Reifen und den Anhängepunkt am Trak- tor definiert und bilden daher auch wie- der ein Dreieck. Wie beim Traktor ist daher bei Hanglagen eine Schrägfahrt nach unten besonders kritisch, weil auch hier der Schwerpunkt am nächsten über der Kippkante liegt.

Beim Hin- und Herfahren in der Schichtenlinie ist ein Wenden nach unten bes- sonders riskant, weil bei einer 180°-Drehung der Schwerpunkt des Traktors und des Anhängers zweimal sehr nahe über der Kippkante zu liegen kommt. Stösst der Anhänger beim Wenden nach – und mit dem ist immer zu rechnen – oder er- höht sich die Geschwindigkeit wegen der rutschigen Grasnarbe, ist im Grenzbereich ein Unfall vorprogrammiert. Natürlich ist ein Wenden nach oben wegen der fehlenden Zugkraft oder der Schädigung der Grasnarbe nicht immer möglich und richtig. Hier müssen andere Lösungen praktiziert werden wie ein Rückwärts- wenden nach unten und ein nachträgli- ches Hochfahren auf die Anschlussspur der Schichtenlinie.

Beim Fahren am Hang ist es unerlässlich, bereits am Parzellenrand zu wissen, wie man das Land befahren will und wo die kritischen Stellen sind. Hat man sich trotzdem in eine nicht vorhergesehene Situation manövriert, gilt auch wieder der wichtigste Grundsatz: zuerst denken und dann lenken. Dazu muss man sich aber Zeit nehmen, das Fahrzeug sichern, ab- steigen und die Situation beurteilen. Zur Beurteilung der Situation kann man sich folgende Fragen stellen:

- Ist die Schräglage des Fahrzeugs noch im «grünen Bereich»? Der Schwerpunkt muss noch wesentlich innerhalb der aktuellen Kippkante liegen.
- Sind Anzeichen vorhanden, welche ebenfalls auf eine unsichere Situation hinweisen? Ist die Schräglage des Gefährtes grösser als die Hangneigung, weil die unteren Reifen stark einfedern oder einsinken? Hat sich die Ladung bereits verschoben?

- Ist aufgrund der bisherigen Fahrspuren ein Abrutschen nicht auszuschliessen?
- Verbessert oder verschlechtert sich die Situation bei einer Weiterfahrt bezüglich Hangneigung oder Bodenträgfähigkeit?
- Was kann ich tun, wenn die Situation zu unsicher ist oder wird? Ist diese Massnahme garantiert ausreichend und sicher? Erst wenn diese Beurteilung nach allen Aspekten eindeutig positiv ausfällt, kann zugefahren werden. Vielleicht sind aber auch trotz Zeitdruck eine Sicherung des Fahrzeugs und weitere Massnahmen – zum Beispiel Hilfe anfordern – angezeigt. Die Sicherheit muss die höhere Priorität haben als der Auftrag, denn gegenüber dem möglichen Schaden ist der Zeit- oder Ernteverlust völlig unbedeutend.

Schwerpunktverschiebung durch die Ladung

Der Schwerpunkt eines beladenen Anhängers wird durch seinen eigenen Schwerpunkt und den Schwerpunkt der

Ladung bestimmt. Wie hoch der Schwerpunkt beim beladenen Wagen zu liegen kommt, erklärt sich an folgendem Beispiel:

- Leergewicht Wagen: 2000 kg
- Schwerpunktthöhe Wagen leer: 0,8 m
- Masse (Gewicht) der Ladung: 4000 kg
- Schwerpunktthöhe der Ladung: 2 m
- **Neue Schwerpunktthöhe:** $1,6 \text{ m} (2000 \times 0,8 + 4000 \times 2) / (2000 + 4000)$

Bei Häckselwagen für grosse Transportvolumen sind hohe Aufbauten erforderlich. Dadurch werden bezüglich Schwerpunkten völlig neue Verhältnisse geschaffen. Kurven müssen dementsprechend langsamer als gewohnt befahren werden. Verschiedene Kippunfälle sind darauf zurückzuführen, dass die Ladung während der Fahrt ins Rutschen gerät oder selbst umkippt. Das genügende Festzurren der Ladung wird teilweise vernachlässigt, weil man fälschlicherweise meint, eine schwere Ladung könne sowieso kaum verrutschen. Dabei sind die Zentrifugalkräfte oder die Kräfte bei Schräglage immer proportional zum Gewicht der Ladung. Die Tabelle 2 zeigt, wie schnell eine Ladung bei unterschiedlicher Materialpaarung ins Rutschen gerät. Besonders schlecht sind die heutigen Wagenbrücken aus Metall. Wird ein solcher Wagen mit Holz beladen, genügt annähernd berechnet bereits ein Gefälle von ca. 20%, damit die Ladung ins Rutschen geraten

Tabelle 2: Gleitreibbeiwerte bei unterschiedlicher Materialpaarung

Oberfläche	Gleitreibbeiwert
Holz auf Holz	0,3–0,4
Holz auf Metall	0,2
Metall auf Metall	0,2
Beton auf Holz	0,5
Anti-Rutschmatte	0,6

kann. Eine wirksame Ladungssicherung mit genügenden Niederhaltekräften ist daher zwingend.

Je geringer der Gleitreibbeiwert, desto grösser muss die Kraft sein, welche die Ladung auf die Ladebrücke drückt und festhält.

Heimtückischer Schwalleffekt im Druckfass

Tankaufbauten auf Lastwagen müssen mit wirksamen Schwallwänden ausgerüstet werden, damit bei Kurvenfahrten, beim Bremsen oder Beschleunigen die Flüssigkeit nicht panschen kann. Der Tank wird dazu in mehrere kleine Kammern unterteilt, welche nur mit kleinen Öffnungen miteinander verbunden sind. Das Niveau der einzelnen Kammern wird dadurch auch beim Fahren annähernd konstant gehalten. Bei einem Gütletank ist dies wegen dem Verstopfen dieser kleinen Verbindungsöffnungen nicht möglich.

Wird nun bei einem nicht vollen Druckfass die Fahrtrichtung oder Fahrgeschwindigkeit geändert, schwappt die Gütte in eine Richtung und wird dann von der gegenüberliegenden Wand abrupt gestoppt. Die in der bewegten Gütte gespeicherte Energie wird dadurch in eine grosse Kraft umgewandelt, welche zum Kippen des Druckfasses oder Zugfahrzeugs führen kann. Mit zunehmender Tankgrösse, im Besonderen auch zunehmender Länge, werden die Kräfte grösser und dadurch auch die Unfallgefahr. Da die Tankaufbauten zudem wegen der vollständigen Entleerung nach hinten geneigt sind, ist beim Fahren in der Schichtenlinie besondere Vorsicht geboten. Ändert sich die reine Schichtenlinienfahrt in Richtung hangabwärts, neigt sich das Fass nach vorn und der Schwalleffekt wird dadurch besonders heftig. Es ist daher nicht verwunderlich, dass bereits bei eher harmlosen Hangneigungen ein Kippen des Druckfasses möglich ist.

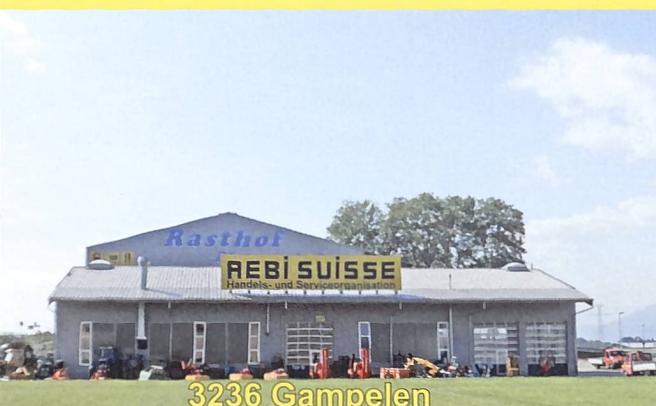


Nischenmarkt für besonders hangtaugliche Traktoren: Fronthydraulik wird von der Vorderachse getragen. Diese Bauart hat sich bei den Zweiachsmähdern schon lange durchgesetzt und bewährt.

AEBI SUISSE

Handels- und Serviceorganisation

3236 Gampelen/BE Tel. 032 312 70 30 www.aebisuisse.ch 8450 Andelfingen/ZH



3236 Gampelen

05.-09. Dezember 2013

Hausmesse

Neu: Netto-Line Preisliste
www.aebisuisse.ch



**BUL
SPA
SPIA**

Beratungsstelle für
Unfallverhütung in der
Landwirtschaft (BUL)
www.bul.ch
Picardiestr. 3-STEIN
5040 Schöftland
Tel. 062 739 50 40
Fax 062 739 50 30

Wir suchen für unseren Hauptsitz in Schöftland

Mitarbeiter/in – Berater/in

Voraussetzungen:

- Abschluss als Agro. Ing. FH/HTL oder vergleichbare Ausbildung
- Verbundenheit mit der Landwirtschaft
- kontaktfreudig, engagiert, initiativ und flexibel
- Sinn für technische Zusammenhänge
- Berufserfahrung in Kommunikation, Beratung, Verkauf, Schulung
- Freude in einem Team zu arbeiten
- Bereitschaft, sich verantwortungsbewusst zu engagieren
- Interesse an einer selbständigen Arbeitsweise

Unser Angebot:

- interessante, vielseitige Aufgaben
- moderne Arbeitsmittel
- Innen- und Aussendienst
- gute Sozialleistungen

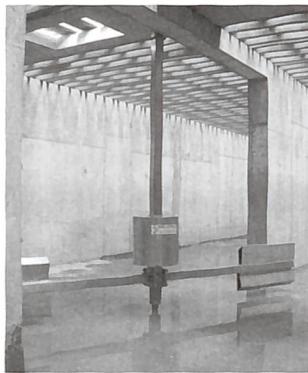
Es ist uns ein Anliegen, die Unfallverhütung und Gesundheit in der Landwirtschaft zu fördern. Zudem vermitteln wir Sicherheitsartikel für Landwirte und Organisationen.

Bei uns finden Sie ein jüngeres, innovatives, angenehmes Team, einen modernen Arbeitsplatz und eine abwechslungsreiche Tätigkeit.

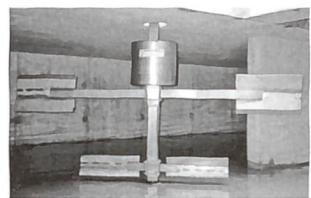
Arbeitsbeginn: Sofort oder nach Vereinbarung. Falls Sie Fragen haben rufen Sie uns an, oder schicken Sie Ihre Bewerbung bis 25. Nov. 2013 mit Foto an den Geschäftsführer Ruedi Burgherr.

AXIALRÜHRWERK

Das Maximum der Rührtechnik



- maximale Rührleistung bei jedem Gülestand
 - sämtliche Teile, die mit Güle in Berührung kommen, sind aus rostfreiem Stahl
 - massives Planetengetriebe
 - aufgesetzte, erhöhte oder versenkte Ausführung
- grosser schwimmender Flügel
• Flügeldurchmesser 4,2 m
• Antriebsleistung 15 + 20 PS



- der untere Flügel röhrt den Bodensatz, der obere die Schwimmschicht
- Antriebsleistung 10 – 20 PS

www.waelchli-ag.ch



WÄLCHLI
MASCHINENFABRIK AG
4805 BRITNAU Tel. 062 745 20 40

Stocker Fräsen & Metallbau AG

Schweizer Fabrikat – führend in Technik, Preis und Qualität



Silofräsen

Pferdemistabsauganlagen
Gärfuttersilo

www.silofraesen.ch



Böllistrasse 422 • CH-5072 Oeschgen • 062 871 88 88
Fax 062 871 88 89 • Mobile 079 211 20 73
www.silofraesen.ch • info@silofraesen.ch