

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 81 (2019)
Heft: 3

Artikel: Formel 1 der Gestängeführung
Autor: Burkhalter, Ruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082287>

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: 04.02.2026

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



Anspruchsvolle Aufgabe: Spritzgestänge müssen Schläge absorbieren, Neigungsänderungen ausgleichen und zudem das Auftreten von Schwingungen verhindern. Bilder: R.Burkhalter/zvg

Formel 1 der Gestängeführung

Die Gestängeführung bei Feldspritzen ist eine komplexe Wissenschaft. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an die Stabilität und die Balance. Welche Systeme am Markt erhältlich sind, zeigt dieser Beitrag.

Ruedi Burkhalter

Da bleibt keine Schwäche unentdeckt: Wenn jeweils an den DLG-Feldtagen die Hersteller von Feldspritzen zur inoffiziellen Europameisterschaft der Gestängeführung antreten, dürfte so manchem Testfahrer in der Warteschlange der Puls in die Höhe schnellen. Unter den kritischen Blicken des Publikums gibt es einen gezielt angelegten, extrem anspruchsvollen Parcours zu absolvieren. Dieser ermöglicht einen einmaligen Direktvergleich zwischen den Fabrikaten. Die Hersteller treten an dieser Veranstaltung meist mit der neusten Technik in höchster Ausstattungsstufe an, um den Fortschritt ihrer Entwicklungsarbeit demonstrieren zu können.

Die «Schweizer Landtechnik» hat genau hingeschaut und zeigt die Veranstaltung auch als bewegte Bilder auf ihrem Youtube-Kanal. Um einen möglichst breiten Überblick zum Thema Gestängeführung zu bieten, werden in diesem Bericht

auch einzelne Systeme gezeigt, die an den DLG-Feldtagen nicht in Aktion zu sehen waren.

Disziplin 1: «Holperstrecke»

Als erste Disziplin befahren die Spritzen mit einer vorgegebenen Fahrgeschwindigkeit von 6 bis 8 km/h einen Streckenabschnitt mit Hindernissen, die extreme Anforderungen an Gestängestabilität und -balance stellen. Auf dieser «Holperstrecke» (bumpy track) müssen die Fahrzeuge in einem ersten Abschnitt abrupte, länger dauernde Neigungswechsel in der Fahrspur ausgleichen, ohne dass der Balken auf einer Seite in den Bestand abtaucht oder sich auf der anderen Seite zu hoch vom Bestand abhebt. In den weiteren Abschnitten werden die Fahrzeuge mit gezielt angelegten, ein- und beidseitigen Schlägen in unterschiedliche Schwingungen versetzt. Hier kommt es auf die Federungs-

und Dämpfungseigenschaften der Spritzgestänge und der Fahrwerke an. Ziel ist es, den Streckenabschnitt möglichst schwingungsarm zu bewältigen. Die Arbeitsgeschwindigkeit während der Passagen wird jeweils gemessen und für die Besucher angezeigt. Das Resultat, also die Genauigkeit der Applikation, kann hingegen nicht gemessen oder wissenschaftlich erfasst werden. Jedoch können die Zuschauer die Unterschiede doch sehr deutlich mit eigenen Augen beurteilen.

Dämpfung in vier Dimensionen

Die Gestängeführung bei Feldspritzen ist mittlerweile mit steigenden Fahrgeschwindigkeiten, grösseren Arbeitsbreiten und kleiner werdenden Abständen zur Zielfläche zu einer wahrlich komplexen Wissenschaft geworden. Während der Arbeit müssen verschiedene Führungssysteme Schläge in vier Richtungen



Beim Konturfahren fährt das Fahrzeug auf der Ebene, auf der linken Seite muss das Gestänge über einen ansteigenden Erdhügel geführt werden.

absorbieren, Neigungsänderungen ausgleichen und zudem das Auftreten von Schwingungen im Spritzgestänge verhindern. Die zunehmende Verbreitung der Elektronik macht die Aufgabe der Entwickler nicht einfacher: Die in den Hightech-Modellen verbauten Elektroniksysteme ermöglichen es, immer mehr Aufgaben der Gestängeführung aktiv zu steuern, statt wie bisher nur mit passiven, mechanischen Systemen zu arbeiten. Allerdings wird die Elektronik als Ergänzung der mechanischen Systeme eingesetzt. Das heisst: Passive Dämpfungssysteme und aktive Führungselemente müssen mit grossem Aufwand aufeinander abgestimmt werden. Sonst droht die Gefahr, dass diese gegeneinander arbeiten, was unerwünschtes Aufschaukeln oder vom System selbst verursachte Eigenschwingungen erzeugen kann.

Hubmast oder Parallelogramm

Nun der Reihe nach: Die flexible Verbindung zwischen Fahrzeug und Gestänge dient einerseits der Höhenführung, andererseits der Dämpfung von vertikalen Schlägen. Dazu wird immer noch bei den

meisten Maschinen ein Hubmast verwendet. Diese Bauweise bietet einen grossen Verstellbereich bei kurzer und leichter Bauweise, stösst aber immer mehr an ihre Grenzen. Im Bereich der Hightech- und Hochgeschwindigkeitsmaschinen setzt sich an Stelle des Hubmasts zunehmend das Parallelogramm durch. Diese meist aus zwei Unter- und zwei Oberlenkern bestehende Hubkonstruktion weist im Gegensatz zum Hubmast kein Spiel auf und ermöglicht so ein ruhigeres, präziseres und weitgehend verschleissfreies Arbeiten. Ein weiteres Hauptvorteil besteht darin, dass für die Unterbringung von Dämpfungselementen und Zylindern wesentlich mehr Platz zur Verfügung steht. Ein Parallelogramm macht das Fahrzeug jedoch schwerer und länger. Diesem Nachteil versuchen die Konstrukteure mit unterschiedlichen Strategien entgegenzutreten. Durch Einbuchtungen im Tank können die Drehpunkte nach vorne verschoben werden, was jedoch wiederum ein Nachteil für die Innenreinigung des Tanks sein kann. Grim beispielsweise hat bei den Selbstfahrern den Motor hinter den Tank verlegt. Der schmale Motor

passt so zwischen die Lenker des Parallelograms, der Tank findet in optimaler Form zwischen Motor und Kabine Platz.

Als bisher einziger Hersteller hat Kuhn die Vorteile des Parallelogramm-Prinzips auch auf eine Dreipunkt-Feldspritze übertragen. Das System heisst «Optilift» und ist auf den Modellen «Deltis 2 und Altis 2» verfügbar. Um die Baulänge der Maschine nicht unnötig zu vergrössern, wurde eine raffinierte Kombination aus L-Rahmen und drei vor dem Tank angebrachten Drehpunkten entwickelt. Der in der Mitte befestigte Oberlenker reicht bogenförmig vom oberen Rahmenende über den Tank bis nach unten zur Gestängeaufhängung und bietet trotz kompakter Bauweise einen grossen Hubbereich mit bis zu 250 cm Balkenhöhe. In Kombination mit einem Fronttank erweitert diese Technik von Kuhn den Traktor zu einem wendigen, kostengünstigen Mini-Selbstfahrer von 2300 bis 3500 Liter.

Fahrwerk wichtig für Stabilität

Nicht zu unterschätzen ist das Fahrwerkskonzept, das bereits einen grossen Teil der vertikalen Schläge absorbieren oder gar verhindern kann. Möglichst grosse Rad Durchmesser bei langem Radstand sind für die Stabilisierung des Gestänges von Vorteil, verschlechtern andererseits aber die Wendigkeit. Auf ein bemerkenswertes Tandem-Fahrwerk setzt Amazone beim Selbstfahrer «Pantera». Hier wird das Gewicht nicht wie üblich hinten und vorne, sondern nur beidseitig über je einen Drehpunkt in der Fahrzeugmitte auf das Chassis abgestützt. Durch diesen Effekt des langen Hebels kann der auf das Chassis wirkende Weg einer Bodenunebenheit bereits halbiert werden. Als Gegensatz dazu fällt auf dem Parcours der kompakte Selbstfahrer «Agribuggy» von McConnell auf: Dieser wird durch die extremen Schläge aufgrund seines leichten Gewichts, des kurzen Radstands und der



Kuhn ist bisher der einzige Hersteller, der ein Parallelogramm an einer Dreipunkt-Feldspritze realisiert hat.



Beim Selbstfahrer «Pantera» von Amazone werden Schläge durch das Tandem-Fahrwerk stark abgeschwächt.



Um die Baulänge zu reduzieren, platziert Grim bei den Selbstfahrern den Motor zwischen den Lenkern des Parallelogramms.

kleinen Raddurchmessers richtig durchgeschüttelt, was eine stabile Gestängeführung bei so extremen Bedingungen fast unmöglich macht. Auf eine Entkoppelung von Fahrwerk und Chassis durch lange Hebel setzt beispielsweise auch Agrifac beim «StabiloPlus»-System des Selbstfahrers «Condor» und durch eine kombinierte Achs- und Deichselfederung beim gezogenen Modell «Milan».

Zweites Parallelogramm schluckt Seitenschläge

Durch einseitige Bodenunebenheiten wirken auch Schläge quer zur Fahrtrichtung auf das Gestänge. Diese Schläge werden beispielsweise bei der Gestängeführung «BoomControl» der gezogenen Feldspritzen «Leeb LT» von Horsch durch ein zweites Parallelogramm absorbiert. Wichtig ist bei der seitlichen Stabilisierung insbesondere, dass alle Bauteile, welche je nach Hersteller aus einer Kombination von mechanischen Federn mit entweder hydraulischen oder pneumatischen Dämpfungselementen bestehen, möglichst flexibel auf variable Grössen wie Balkenbreite und -gewicht, Art des Einsatzes sowie weitere Elemente wie Pendelaufhängung mit Hangaussgleich abgestimmt werden können.

Dosierfehler durch Schwingungen

Sehr anspruchsvoll ist schliesslich die Bekämpfung von horizontalen Schwingungen am Gestänge, welche in Fahrtrichtung auftreten. Im Fachjargon unterscheidet man zwischen symmetrischen Schwingungen, die vor allem bei Geradeausfahrt entstehen und asymmetrischen Schwingungen, die vor allem in und nach Kurvenfahrt

ten, also auch am Vorgewende entstehen. Solche Schwingungen sind nicht einfach nur ein Schönheitsfehler. Schaut man genauer hin, stellt man fest, dass sich die Spritzdüsen durch diese Schwingungen vor allem in den äussersten Gestängesegmenten abwechselungsweise deutlich schneller, dann wieder deutlich langsamer bewegen als die Feldspritze – oder gar rückwärts. Dieser Effekt nimmt mit zunehmender Gestängebreite und -flexibilität überproportional zu und hat zur Folge, dass Teilflächen mit massiver Über- respektive Unterdosierung versorgt werden (siehe Grafik). In den unterdosierten Bereichen kann die Wirkung der Produkte ungenügend ausfallen, in den überdosierten Bereichen kann sogar eine Schädigung der Nutzpflanze auftreten. Eine Auswertung der Videoaufnahmen zeigt, dass auf der Holperstrecke bei vielen Modellen starke Schwingungen auftreten. Diese Art von Schwingungen ist stark abhängig von der Gestängebauweise und auch von den bisher erwähnten Dämpfungssystemen. Je nach Arbeitsbreite und Bauweise werden Schwingungen mit mehr oder weniger komplexen, passiven Systemen bekämpft.

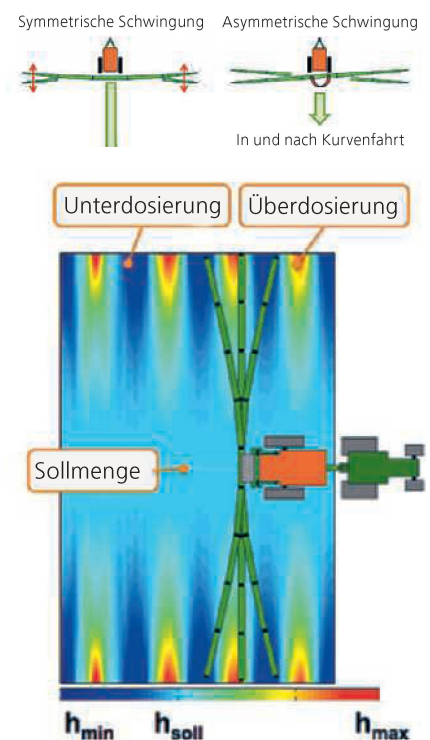
«SwingStop» sorgt für Ruhe

Mit der optional erhältlichen «SwingStop»-Technologie hat Amazone als bisher einziger Hersteller kürzlich eine aktive Schwingungstilgung des Gestänges auf den Markt gebracht. Und so funktioniert: Auf beiden Seiten misst im äusseren Gestängebereich je ein Bewegungssensor die relativ zur Gestängemitte auftretende Geschwindigkeit. Jede Gestängeseite ist mit

Ausblick

Nicht nur in der Schweiz kommt die heutige Pflanzenschutzpraxis aus ökologischen Gründen unter Beschuss. Zwar erscheinen heute einerseits die hier gezeigten Spitzentechnologien für unseren klein strukturierten Ackerbau unerreichbar teuer. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass die überbeuerte Spitzentechnologie von heute bereits in wenigen Jahren auch in kleineren Grössen wirtschaftlich einsetzbar sein könnte. Es ist heute wohl unbestritten, dass der zunehmende Druck der Öffentlichkeit eine weitere Reduktion von Aufwandsmengen zur Folge haben wird. Dabei wird die Professionalisierung im Pflanzenschutz und die Weiterentwicklung von präziser Applikationstechnik noch weiter an Bedeutung gewinnen.

zwei Hydraulikzylindern ausgestattet, welche dann in und entgegen der Fahrtrichtung der Gestängeschwingung entgegenwirken. Die Ansteuerung der Zylinder erfolgt automatisch über sehr dynamische, proportionale Druckregelventile. Die Analyse der Videoaufnahmen zeigt, dass an der mit dieser Technik ausgestatteten gezogenen Feldspritze «UX 01 Super» tatsächlich kaum mehr von Auge wahrnehmbare Schwingungen auftreten.



Symmetrische Schwingungen im Gestänge treten bei Geradeausfahrt auf, asymmetrische bei Kurvenfahrten.



John Deere ist bisher der einzige Hersteller mit einem ultraleichten Gestänge aus Carbon. Leicht bedeutet aber nicht immer auch automatisch stabil.

Disziplin 2: «Konturfahren»

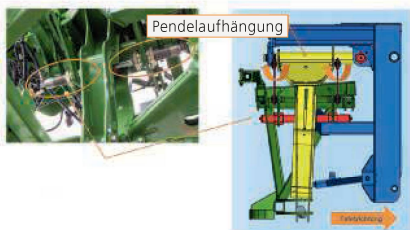
Gleich nach dem Passieren der Vorgehendefahrt muss direkt ein Hindernis umfahren werden, bevor es weiter zur Disziplin Geländekontur geht. Hier müssen die in der Ebene fahrenden Spritzen zeigen, wie gut die automatische Gestängeführung einer nach aussen und nach vorne ansteigenden Geländekontur folgen kann. Beim Durchfahren dieses Abschnittes schreibt der Veranstalter eine Fahrgeschwindigkeit von 12 bis 15 km/h vor.

Mechanisch oder elektronisch

Bei herkömmlichen einfachen Feldspritzen wird die Höhenführung des Gestänges manuell vom Fahrer gesteuert und als einzige automatische Zusatzfunktion wird meist ein einfacher mechanischer Hangausgleich eingebaut. Das an einem zentralen Pendelgelenk aufgehängte Gestänge wird in der Ebene automatisch durch den unter dem Drehpunkt liegenden Schwerpunkt in Balance gehalten. Wird das Fahrwerk in Hanglage geneigt, sorgt die steigende Federspannung des aktivierten Hangausgleichs dafür, dass das Gestänge ebenfalls dem Gelände entsprechend geneigt wird. Genauer arbeiten lässt sich mit einem elektronischen Hangausgleich. Hier befindet sich im Fahrwerk und im Gestänge je ein Neigungssensor. Die hydraulische Steuerung sorgt dann dafür, dass sich der Balkensensor immer im genau gleichen Messwert befindet wie der Fahrwerkssensor. Im hier beschriebenen Parcours würde aber auch ein solches System komplett versagen, da sich das Fahrwerk im Vergleich zur Geländekontur überhaupt nicht neigt.

Mit Ultraschallsensoren

Die Lösung erfordert hier eine aktive automatische Höhenführung, welche die Höhe des Gestänges über Boden oder Pflanzenbestand misst. Das System arbeitet bei allen Herstellern mit Ultraschallsensoren, die nach dem gleichen Funktionsprinzip arbeiten und bei den meisten



«Swing Stop» von Amazone ist die erste aktive Schwingungsdämpfung für Gestänge. Auf jeder Seite wirken zwei Hydraulikzylinder der Schwingung entgegen.

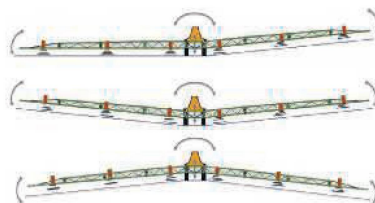
Fabrikaten vom Spezialisten Norac geliefert werden. Die doch grossen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Systeme ist also weniger auf die verwendeten Komponenten zurückzuführen, als auf die verwendete Software und die Abstimmung der Systeme aufeinander. Die Ultraschallsensoren registrieren jeweils einen Anteil längere Messwerte vom Boden und kürzere Messwerte vom Pflanzenbestand. Bei den meisten Systemen kann der Fahrer auswählen, mit welchen Messwerten er arbeiten will. Die besten Resultate werden bei vielen Arbeiten im «Hybridmodus» erzielt, in dem sowohl die längeren als auch die kürzeren Messwerte zur Steuerung verwendet werden. Grob erklärt lassen sich die Systeme in fünf Ausbaustufen unterteilen.

Starres Gestänge, zwei Sensoren

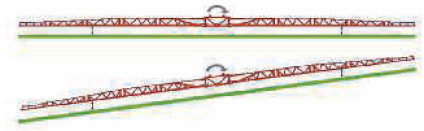
In der einfachsten Ausbaustufe, der sensorgesteuerten Konturführung, wird mit zwei Sensoren und einem starren Gestänge gearbeitet. Das heisst, dass sich alle Düsen immer in einer Linie befinden. Die Anpassung an die Kontur erfolgt hier nur durch Variieren der zentralen Gestängehöhe und der Gestängeneigung. Im DLG-Parcours bringen diese Systeme bei geringen Arbeitsbreiten bereits eine Verbesserung, wobei aber aufgrund des starren Balkens die äusseren Düsen zu tief, die inneren zu hoch arbeiten. Bei grösseren Arbeitsbreiten treten teils heftige Bodenkontakte auf, da entweder der Weg des Hubrahmens zu klein oder die Reaktionsgeschwindigkeit des Systems zu langsam ist (der grosse Hubzylinder muss mit Öl gefüllt werden). Bei der gezogenen Feldspritze «iXtrack T4» von Kverneland beispielsweise heisst diese Version «Boom Guide Comfort».

Zusätzliche Hydraulikzylinder

In der zweiten Ausbaustufe wird der Balken über zwei horizontale, durch zusätzliche Hydraulikzylinder bewegte Drehpunkte in drei Abschnitte geteilt. Die Höhe des Mittelteils wird über den Hubrahmen ge-



Die Premium-Gestängeführung kann sich auch im negativen Winkel zum Mittelstück bewegen, kostet aber deutlich mehr.



Die einfachste automatische Höhenführung arbeitet mit starrem Gestänge und zwei Ultraschallsensoren.

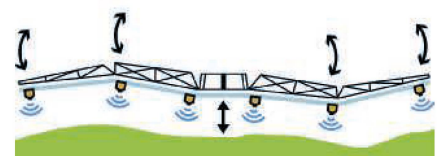
steuert, die beiden äusseren Abschnitte werden separat angesteuert und falls nötig angehoben. Diese Systeme sind nun dank drei Ultraschallsensoren bei optimaler Einstellung in der Lage, der Kontur des Parcours perfekt zu folgen. Bei dieser Ausbaustufe können die äusseren Gestängeabschnitte nur in einem positiven Winkel zum Mittelteil angehoben werden (Anpassung in Mulden). In der dritten Ausbaustufe wird ebenfalls mit drei Gestängeteilen gearbeitet, zusätzlich ermöglichen die Aussenteile einen «negative Tilt», das heisst, sie können sich gegenüber dem Mittelteil auch absenken und sich so auch auf Kuppen anpassen.

Mit noch mehr Sensoren

In einer weiteren Ausbaustufe wird beispielsweise bei Kverneland für grössere Gestängebreiten die Anzahl Sensoren erhöht und die Steuerung mit Proportionalventilen ausgestattet, was eine deutlich präzisere Steuerung ermöglicht. Diese Variante «Boom Guide ProActive» ist aber auch rund doppelt so teuer wie die vorherige Variante «Boom Guide Pro».

Zusätzliches Gelenk

In der höchsten Ausbaustufe schliesslich werden die äusseren Gestängeteile mit noch einem zusätzlichen Gelenk ausgestattet und somit in fünf beweglichen Gestängeteilen gearbeitet. Diese Variante kommt vorwiegend bei Gestängen zum Einsatz, die mit halbiertem Düsenabstand arbeiten und deshalb mit einem bis auf 30 cm reduzierten Abstand zur Zielfläche nochmals erhöhte Ansprüche an die Höhenführung mit sich bringen. ■



Für die «Leeb LT» bietet Horsch auf Wunsch sogar eine Höhenführung mit fünf unabhängig geführten Gestängeabschnitten.