

Rupert Geischeder, Johann Rainer und Christian Haller

Aktiv gefedertes Gummigurtbandlaufwerk mit automatischer Auflagekraftoptimierung

Der Trend zu leistungsfähigeren Landmaschinen ist häufig mit einer Zunahme der Fahrzeugmassen verbunden. Die Radlasten sind in jüngster Zeit insbesondere bei selbstfahrenden Erntemaschinen gestiegen. Raupenlaufwerke kommen vermehrt bei Mähdreschern zum Einsatz, da dort bauartbedingt die Kombination aus Zulassungserfüllung und Bodenschonung am Dringendsten gefordert ist. Um dieser Forderung gerecht zu werden, wurde von der Firma Harain ein Gurtbandlaufwerk entwickelt, das die bisher bekannten Nachteile der Raupenlaufwerke minimiert.

Schlüsselwörter

Federung, hydraulisch-mechanisch, Bandlaufwerk, selbstfahrende Erntemaschinen

Keywords

Suspension, hydraulic-mechanic, rubber belt, self-propelled harvesting machines

Abstract

Geischeder, Rupert; Rainer, Johann and Haller, Christian

Active suspended Rubber Belt Track with automatic Footprint Adjustment

Landtechnik 65 (2010), no. 3, pp. 170-173, 2 figures, 1 table, 4 references

Self-propelled machinery in agriculture still increases in size and weight. The legislative limitation for driving on public streets and the technical limits are reached. New undercarriage systems are needed for carrying the high load safely on roads and with maximum of soil protection on fields. The Harain crawler track concept is an option to connect the advantages of track technology and rubber wheeled undercarriages. The hydraulic system gives the track unit a smooth ride on roads and fields while following the surface contours. The possibility for pressing over during steering on head lands gives e. g. combine harvesters high steer ability. First experiences show that the features are functional. Investi-

gations and documentation of the track unit and of some important components were planned and are still in process for the harvest season 2008. The results are needful for improving and showing the benefits of the new undercarriage system.

Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit selbstfahrender Erntemaschinen ist häufig mit einer Steigerung des Gesamtgewichtes und somit der Radlasten verbunden. Radlasten von > 13 t im beladenen Zustand sind keine Seltenheit. Dieser Lastbereich übersteigt die maximale Tragfähigkeit der größten auf dem Markt verfügbaren Luftreifen (1050/50R32), die mit etwa 12 750 kg bei 10 km/h zyklischer Belastung und 2,8 bar Reifennendruck angegeben wird [1].

Neben den technischen Grenzen von Radlaufwerken bestehen auch gesetzliche Einschränkungen hinsichtlich des Transportes auf der Straße. Die maximale Achslast von 12 t für zweiachsige Maschinen bei Fahrten auf öffentlichen Straßen ist eine Beschränkung, die von leistungsfähigen Maschinen teilweise erreicht oder überschritten wird. Hilfsachsen für die Straßenfahrt ermöglichen es, die gesetzlichen Auflagen zu erfüllen, stellen aber keine Alternative für die Bodenschonung auf dem Acker dar. Die für selbstfahrende Erntemaschinen weitaus problematischere Begrenzung ist die Einhaltung der maximalen Transportbreite von 3,50 m [2]. Dies macht den Einsatz von Zwillings- oder großvolumigen und damit bodenschonenden Reifen an immer größeren Selbstfahrern, wie beispielsweise Mähdreschern im überbetrieblichen Einsatz, uninteressant bzw. schränkt diesen stark ein.

Abgesehen von den technischen und gesetzlichen Grenzen sollte der vorsorgende Bodenschutz, insbesondere das Vermei-

den von Verdichtungen, nicht vernachlässigt werden. Handlungsempfehlungen und Möglichkeiten hierzu sind in der VDI-Richtlinie 6101 beschrieben, die im November 2007 vorgestellt wurde. Unter anderem sind darin maximale Reifeninnendrucke für unterschiedliche Einsatzbedingungen definiert, die indirekt einer Radlastbeschränkung gleichkommen [3].

Anforderungen an moderne Fahrwerke

Um moderne Laufwerkstechnologie bodenschonend und wirtschaftlich einzusetzen, sind folgende Punkte zu beachten:

- Der vorhandene Bauraum an der Maschine muss optimal genutzt werden, um die größtmögliche Aufstandsfläche für eine bodenschonende Abstützung hoher Lasten zu schaffen, bei gleichzeitiger Einhaltung der maximal zulässigen Transportbreite und höchster Tragfähigkeit.
- Gleichzeitig verlangt die universelle Verwendung, gerade im überbetrieblichen Einsatz, eine hohe Standfestigkeit, kraftstoffeffiziente Kraftübertragung sowie maximalen Fahrkomfort bei hohen Geschwindigkeiten auf der Straße und im Feld.

Stand der Technik

In der Landwirtschaft sind heute überwiegend luftbereifte Radmaschinen im Einsatz. Mit Raupenlaufwerken ausgestattete Maschinen waren bis vor einigen Jahren hauptsächlich in speziellen Einsatzbereichen zu finden, wie z. B. im Reisdrusch oder für die Bodenbearbeitung auf Großbetrieben. Zunehmend setzt sich diese Technik bei selbstfahrenden Erntemaschinen durch. Dies liegt an den immer größeren Maschinen sowie den oben genannten gesetzlichen Auflagen zum Fahren auf öffentlichen Straßen.

Moderne Raupenlaufwerke in der Landwirtschaft sind überwiegend mit Gummigurtbändern ausgestattet. Diese ermöglichen, im Gegensatz zu Gleisketten, höhere Transportgeschwindigkeiten auf der Straße (bis zu 40 km/h) bei gleichzeitig bodenschonender Kraftübertragung im Feld. Diese Gummigurtbänder sind wie Reifenkarkassen aufgebaut. Die Karkasse besteht aus Drahtseilen, die mit Gummi umhüllt und in Längsrichtung angeordnet sind sowie einem schräg dazu laufenden Kordmantel. Je nach Hersteller wird in verschiedenen Verfahren das auf den Einsatzzweck abgestimmte Profil vulkanisiert. Vermehrt finden Federungssysteme zur Erhöhung des Fahrkomforts bei schnellen Transport- und Feldfahrten Verwendung.

Raupenlaufwerke können hinsichtlich ihrer Antriebsweise in zwei Kategorien eingeteilt werden. Der sogenannte formschlüssige Antrieb („positiv drive“) bedeutet ein Antreiben des Gummigurtbandes über ein Antriebsrad, in das die an der Gurtinnenseite liegenden aufvulkanisierten Antriebsstollen greifen.

Auf diese Weise wird das Gummigurtband formschlüssig angetrieben. Die Vorspannung des Gurtbandes dient vorrangig der Gurtführung und soll ein Überspringen des mit dem Antriebsrad verzahnten Antriebsstollens bei hoher Kraftübertragung (Beschleunigung/Verzögerung) verhindern.

Beim reibschlüssigen Antrieb („friction drive“) wird das Gurtband über eine hohe Gurtspannung ($> 16 \text{ t}$) [4] so stark gespannt, dass die Reibung das Gurtband antreibt. In diesem Fall dienen die am Gurtband innen liegenden Stollen ausschließlich der Führung des Gurtbandes.

In **Tabelle 1** sind die Vor- und Nachteile von Raupenlaufwerken im Vergleich zu luftbereiften Radlaufwerken dargestellt.

Harain-Konzept Gurtbandlaufwerk

Bei der Entwicklung des neuen Gurtbandlaufwerkes der Firma Harain wurden die bekannten Vorteile von Gummibandlaufwerken mit neuen Lösungen kombiniert, um maximale Bodenschonung und höchsten Fahrkomfort in einem von Grund auf neu entwickelten gefederten und auflagekraftoptimierten

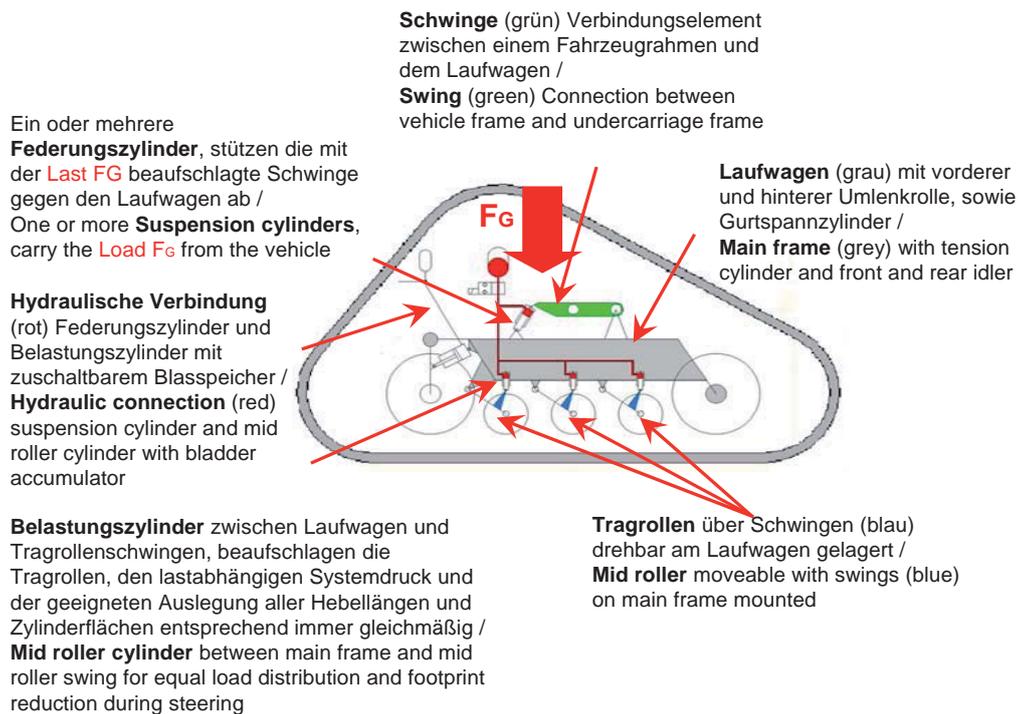
Tab. 1

Vor- und Nachteile von Raupenlaufwerken

Table 1: Advantages and disadvantages of crawler track usage

Vorteile <i>Advantages</i>	Nachteile <i>Disadvantages</i>
Große Bodenkontaktfläche für mehr Bodenschutz <i>Bigger footprint for more soil protection</i>	Eingeschränkte Lenkbarkeit unter Last <i>Limited manoeuvrability under load</i>
Geringerer Schlupf (Kraftstoffeffizienz) <i>Less slip (fuel efficiency)</i>	Komforteinbußen durch Vibrationen auf harter Fahrbahn <i>Comfort losses by vibrations on hard surface</i>
Verringerte Einsinktiefe im Feld (Kraftstoffeffizienz) <i>Less sinkage on muddy fields (fuel efficiency)</i>	Dammbildung bei engen Kurven auf weichem Boden am Vorgewende <i>Dam creation on headlands by close curves and muddy soil</i>
Bessere Ausnutzung des Bauraums <i>Better usage of available space</i>	Beschädigung und Abscheren der Feldfrüchte am Vorgewende <i>Field fruits can be damaged and sheared off while steering on headlands</i>
Kein Aufschaukeln im Feld wie bei großvolumigen Reifen <i>No power hopping like high volume tyres</i>	Höherer Verschleiß der Gummigurtbänder bei schneller Fahrt auf der Straße <i>Higher abrasion of rubber tracks by high speed ride on streets</i>
Höhere Laufruhe bei Unebenheiten im Feld <i>Smooth ride on rough fields</i>	Höhere Kosten für die Anschaffung und die Wartung <i>Higher costs for purchase and service</i>
Leichteres Einhalten der technischen und gesetzlichen Grenzen von zulässigen Achslasten und Transportbreiten <i>Easier confirmation of technical and legislative limitations</i>	Höherer Rollwiderstand auf Straßen und harter Fahrbahn <i>Higher roll resistance on streets and hard surface</i>
Keine Anpassung und Kontrolle von Reifeninnendrucke <i>No inflation pressure adjustment and control necessary</i>	Kein Federungsvermögen wie beim Luftreifen durch die Reifenflanken <i>No suspension like tyre walls of tyres filled with air</i>
Geringerer Ballastierungsaufwand (Traktoreinsatz) <i>Less ballasting work (tractor application)</i>	Nicht für Grünland geeignet <i>Not practical for gras land</i>

Abb. 1



Funktionen des Gurtbandlaufwerkes mit asymmetrischem Design
 Fig. 1: Function asymmetric track design

Gummibandlaufwerk zu erreichen. Das von der DLG bereits zur Agritechnica 2005 mit einer Silbermedaille prämierte Gummibandlaufwerk wurde seither weiterentwickelt und verbessert.

Funktionsbeschreibung

Das 2005 vorgestellte symmetrische Dreiecks-Gurtbandlaufwerk wurde in ein asymmetrisches Design geändert (**Abbildung 1**). Bei dieser Bauform lassen sich alle Komponenten platzsparend im Schatten des Gurtbandes unterbringen, da sich der Umschlingungswinkel verbessert. Für die hydraulische Steuerung der Tragrollenachsen wurde die formschlüssige Antriebsart mit einem oben liegenden Antriebsrad gewählt. Dabei reicht eine geringe Gurtspannung von ca. 5 t aus, um den Gurt zu führen, so dass sich dieser auch an Bodenunebenheiten anpassen lässt. Durch die geringere Gurtspannung ist der Rollwiderstand des Laufwerks geringer. Außerdem verhindert der formschlüssige Antrieb die Gefahr des Durchrutschens bei schlammigen Bedingungen und hoher Zugkraftübertragung. Das Gurtbandlaufwerk verfügt zudem über ein integriertes Endantriebsgetriebe, dessen Übersetzung so angepasst werden kann, dass gleiche Geschwindigkeiten wie mit der Radmaschine zu erreichen sind. Je nach Getriebeposition und vorhandenem Bauraum der umzurüstenden Maschine kann durch die asymmetrische Form die lange oder kurze Laufwerkseite nach hinten oder vorne gerichtet werden.

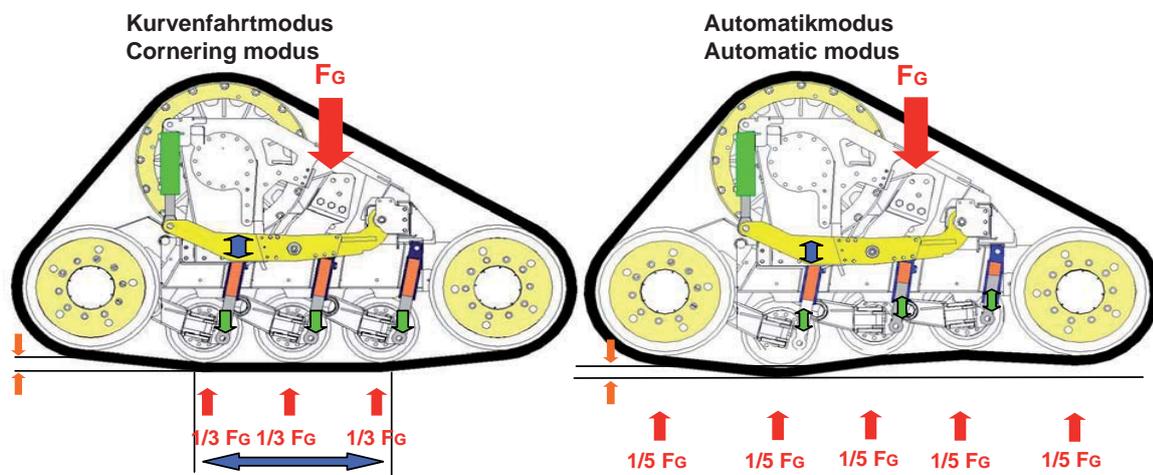
Der Laufwerkswagen ist mit einer Federungsschwinge hydropneumatisch gegen eine individuell angepasste Achsanbindung, die mit der Maschine fest verbunden ist, federnd aufge-

hängt. An der Innenseite wird das Laufwerk mit einem Bolzen in einem Gelenklager am Fahrzeugrahmen geführt. An der Außenseite ist die Federungsschwinge über einen Arm ebenfalls durch Bolzen und Gelenklager mit der in das Laufwerk stehenden Achsanbindung verbunden.

An der äußeren Fixierung besteht außerdem die Möglichkeit der Spur- und Sturzanpassung des gesamten Laufwerkswagens. Da der Verschleiß des Gummigurtbandes ein wichtiges Kriterium für den Einsatz von Gummiraupenlaufwerken ist, wurde zudem die Möglichkeit geschaffen, die Spur innerhalb des Laufwagens anzupassen. Hierzu kann der Spannkopf je nach Bedarf über Stellschrauben nach links und rechts verstellt werden. Für eine bessere Boden Anpassung auf überwölbten Straßen wurden die Tragrollenachsen pendelnd ausgeführt und können so horizontal bis zu 8° nach links und rechts pendeln. Der Pendelweg des gesamten Laufwagens beträgt 10° nach vorne und hinten und wird durch polyurethanbeschichtete Anschläge sanft begrenzt, was, im Gegensatz zu Laufwerken, die an vorhandene Endantriebe angeflanscht werden, ein Durchdrehen um 360° z. B. beim Festfahren des gesamten Laufwagens verhindert.

Die Federungszyylinder der Tragrollenachsen erzeugen eine optimale Gewichtsverteilung innerhalb des Laufwagens und gewährleisten eine optimale Anpassung an die Bodenoberfläche. Des Weiteren verkürzen diese Zylinder durch automatisches Überdrücken der drei Tragrollenachsen bei der Kurvenfahrt die Aufstandsfläche (**Abbildung 2**). Dies ermöglicht eine einfachere Lenkbarkeit (bessere Wendigkeit) z. B. von Mähreschern am Vorgewende und führt so zu verminderter Dammbildung.

Abb. 2



Funktionsmodell der Laufwerkfederung, Boden Anpassung und Aufstandsflächenverkürzung. F_G = Last

Fig 2: Model of function for suspension, automatic surface alignment and food print reduction. F_G = load

Über das ISOBUS-fähige Laufwerksterminal kann der Lenkwinkel für diese Funktion individuell eingestellt werden. Des Weiteren können über das Terminal drei Fahrmodi vorgewählt werden: Aufstandsfläche immer lang, immer kurz und voreingestellter Automatikmodus, bei dem je nach Lenkeinschlag ein Überdrücken automatisch erfolgt.

Das Harain-Gurtbandlaufwerkskonzept ist derzeit in vier Konfigurationen erhältlich. Die Auslegung hängt vom verfügbaren Bauraum und der zu tragenden Tonnage ab. Die Konfigurationen mit $234 \times 26''$ (660 mm) bzw. $234 \times 30''$ (762 mm) breiten Gummigurtbändern und einer zulässigen Traglast von maximal 18 t je Laufwerk (= 36 t/Achse im Feldeinsatz), stellen derzeit die Standardvarianten für Mähdrescher dar. Die größere Variante ist für 25 t Traglast je Laufwerk (= 50 t/Achse im Feldeinsatz) ausgelegt und kann mit $252 \times 30''$ (762 mm) und $252 \times 36''$ (914 mm) Gummigurtbändern ausgerüstet werden. Diese Variante fand bisher Verwendung an Zuckerrübenvollernern (KRB 6) und selbstfahrenden Kartoffelvollernern.

Schlussfolgerungen

Die Praxiserfahrungen seit 2005 haben die Funktionalität des Harain-Gurtbandlaufwerkskonzeptes bestätigt. Bei den bislang umgerüsteten Mähdreschern konnten hohe Transportgeschwindigkeiten und Fahrkomfort mit Bodenschonung sowie einer Steigerung der Ernteleistung in Einklang gebracht werden. Dabei wurde die gesetzliche Grenze von maximal 3,5 m für Transportfahrten auf öffentlichen Straßen eingehalten. Die gute Lenkbarkeit durch Aufstandsflächenverkürzung am Vorgewende erhöhte die Wendigkeit und führte zu geringerem Erdaufwurf z. B. auf feuchten Maisfeldern. Es traten keine nennenswerten Strohverluste am Vorgewende auf, trotz wieder vermehrter Schwadablage von Stroh.

Das Harain-Konzept vereint weitgehend die bekannten Vorteile der Gurtbandlaufwerkstechnologie mit den positiven Eigenschaften eines Luftreifenfahrwerkes.

Aus Erfahrungen mit den seit 2005 auf den Markt befindlichen Laufwerkssätzen sowie einem wissenschaftlich orientierten Untersuchungsprogramm seit 2008, flossen und fließen weitere Erkenntnisse für Detailverbesserungen einzelner Komponenten ein; das ermöglicht eine weitere Optimierung und Serienreife des Systems.

Literatur

- [1] Michelin-Reifentabelle 2007, S. 26–27
- [2] aid-Heft Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr 2007, S. 19–22
- [3] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden. Richtlinie 6101, 2007, S. 31
- [4] Obermeier-Hartmann, R.; Bleischwitz, S. and Käsler, R.: New track undercarriage for agriculture application. Proceedings CIGR World Congress Agricultural Engineering for a better World, 2006, pp. 123–124

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Rupert Geischeder ist Projektleiter und Produktmanager in der Haller-Gruppe mit Hauptsitz in 94333 Pönnig bei Straubing, E-Mail: Rupert.Geischeder@Harain.com

Dipl.-Ing. (FH) Johann Rainer ist Leiter der Entwicklung in der Haller-Gruppe, E-Mail: johann.rainer@Harain.com

Christian Haller ist Inhaber der Haller-Gruppe, zu der u. a. die Firmen Harain Maschinenbau GmbH und die WM Kartoffeltechnik GmbH gehören, E-Mail: christian.haller@hatec.info