

Technische Konzeption und Anwendung von Gleisbandfahrwerken an Traktoren

Dipl.-Ing. W. Derdack, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck, Hauptabteilung Erzeugnisforschung Potsdam-Bornim

1. Einleitung

Neue Erkenntnisse über Abhängigkeiten zwischen Fahrwerksauslegung an mobilen landtechnischen Arbeitsmitteln und Ertragsdepressionen führten in den letzten Jahren weltweit zu einer Verbesserung an den Fahrwerken. Hauptsächlich betraf dies die Reifen. Neueste Entwicklungen zur Verbesserung der Fahrwerke stellen Gummigleisbandfahrwerke dar. Sie vereinen in sich wesentliche Vorteile der Rad- und Kettenfahrwerke.

Zur Anwendung von Gummigleisbandfahrwerken an Traktoren wurden im VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck Entwicklungsarbeiten durchgeführt. In Zusammenarbeit mit der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim sowie anderen Institutionen und Betrieben sind diese Fahrwerke hinsichtlich der Auswirkungen auf den Bodendruck und der Einsatzfähigkeit in der Landwirtschaft untersucht worden. Die Arbeiten sind ein wichtiger Beitrag zur Erfüllung der auf dem XIII. Bauernkongreß der DDR erhobenen Forderungen nach Weiterentwicklung der Landtechnik.

2. Grundanforderungen

Fahrwerke mobiler landtechnischer Arbeitsmittel (Traktoren, selbstfahrende Landmaschinen) haben folgende allgemeine Hauptforderungen zu erfüllen:

- optimaler Fahrwerkwirkungsgrad zur Erzielung einer hohen Energieausnutzung
- Einhaltung der Bodendruckgrenzwerte bei geringem Fahrwerkschlupf zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und somit zur Steigerung der Ernteerträge
- Garantie einer hohen Einsatzsicherheit der Mechanisierungsmittel auch bei schwierigen Bodenbedingungen.

Ferner müssen Gleisbandfahrwerke aus elastomerem Material Eigenschaften aufweisen, die einen weitgehend universellen Einsatz bei hohem Anwendernutzen gewährleisten. Dazu gehören:

- Das Verschleißverhalten des Fahrwerks muß günstiger sein als das von Kettentraktoren.

Bild 1. Sowjetisches Versuchsmuster eines Gleisbandtraktors auf der Basis des Kettentractors T-150;

Das Gleisband ist aufwendig gestaltet, läßt aber eine gute Anpassungsfähigkeit an die Fahrbahn erwarten.



- Der mittlere Bodendruck unter dem Fahrwerk sollte nicht über 50 kPa liegen.
- Der Schlupf zwischen Boden und Gleisband sollte bei Nennzugkraft nicht mehr als 5% betragen.
- Das Fahren auf festen Fahrbahnen soll möglich sein, wobei auch auf kurzen Strecken Transporte mit der bekanntesten Transporttechnik durchführbar sein müssen.
- Die Umsetzgeschwindigkeit sollte mindestens 20 km/h betragen.
- Die Ergonomie eines Gleisbandtraktors hat der eines Radtraktors zu entsprechen.
- Die Fahrzeugbreite sollte bis zum Leistungsbereich von etwa 110 kW 2500 mm nicht überschreiten.
- Der Einsatz mit Arbeitsgeräten von Radtraktoren ähnlicher Zugkraftklassen muß möglich sein, d. h., die Aggregatierungseinrichtungen von Gleisband- und Radtraktoren sollten gleich sein.

Die Erfüllung dieser Forderungen führt zu einer Fahrzeugkonzeption, die von den bisher bekannten Kettentraktoren in vielen Baugruppen abweicht und mehr Aufwendungen erfordert. Sie stellt aber eine Lösung dar, die einen weiten Anwendungsbereich in der Landwirtschaft ermöglicht.

2. Lösungsmöglichkeiten

3.1. Gesamtkonzeption von Gleisbandtraktoren

Traktoren mit Gummigleisbandfahrwerken sind seit längerem bekannt, wurden aber bisher nur in geringen Stückzahlen produziert. Die bisherigen Forderungen an Traktoren waren besonders dem Gesichtspunkt einer hohen Energieausnutzung untergeordnet

Bild 2
Im VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck entwickelter Gleisbandtraktor ZT 300 GB; Die Hauptbaugruppen, wie Rahmen, Motor, Wechselgetriebe und Kabine, bleiben ganz bzw. weitgehend identisch mit den Baugruppen der Radvariante ZT 300.

Bild 3
Gleisbandtraktor Challenger 65 der Fa. Caterpillar (USA); Dieser Traktor mit einer Motorleistung von rd. 170 kW ist der modernste Gleisbandtraktor und ausschließlich für den landwirtschaftlichen Einsatz konzipiert.

und durch Radtraktoren vorteilhaft lösbar, da Kettentraktoren aus Gründen des Verschleißes und der Eingeschränktheit ihrer Anwendungsmöglichkeiten in den meisten Ländern nur noch in geringem Umfang zur Anwendung kamen. Mit den wachsenden Forderungen nach Senkung des Bodendrucks werden bei Radtraktoren in stärkerem Maß großvolumige Reifen und Mehrfachbereifungen angewendet. Die dabei auftretenden Probleme liegen besonders in einer höheren Achsbelastung, in der Gesamtbreite der Traktoren (besonders kritisch beim Fahren auf öffentlichen Straßen) und in einer negativen Beeinflussung der Gesamtkonzeption der Traktoren durch Reifen großer Durchmesser. Die aufgeführten Probleme lassen sich mit Gummigleisbandfahrwerken günstig lösen. Diese Fahrwerke haben eine geringe Höhe und können am Fahrzeug so angeordnet werden, daß die Einhaltung einer Gesamtbreite von 2500 mm in der Leistungsklasse bis 30 kN möglich ist.

Für die bekannt gewordenen Traktoren mit Gummigleisbandfahrwerken, einschließlich Versuchsmuster, lassen sich folgende Konzeptionen erkennen:

- Beibehaltung der Konzeption eines Kettentractors und Ersatz des Kettenfahrwerks durch ein Gummigleisbandfahrwerk (Bild 1)
 - Beibehaltung der Konzeption eines Radtractors, Ersatz des Radfahrwerks durch ein Gummigleisbandfahrwerk und Ausrüstung des Fahrzeugs mit einem Lenkgetriebe (Bild 2)
 - eigenständige Konzeptionen mit optimalem technischem Inhalt (Bild 3).
- Fahrwerke auf der Basis von Halbraupen bleiben hier unberücksichtigt.



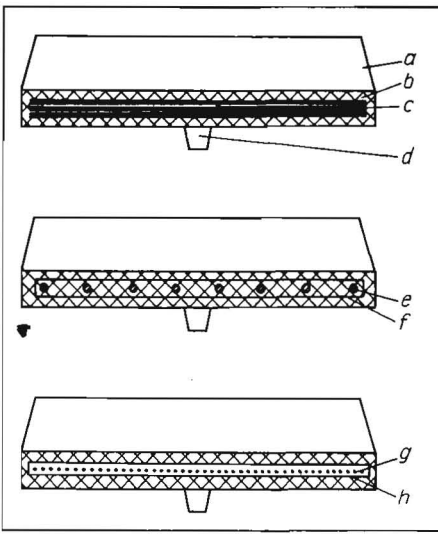


Bild 4. Aufbau von Gummigleisbändern mit unterschiedlichen Werkstoffen für die Zugstränge; a Profilstollen, b Deckschicht, c Gewebelagen, z. B. Polyamid, d Führungsstollen, e Stahlseile, f Schutzgewebe, g Stahlkord, h Schutzgewebe

3.2. Fahrwerk

Entsprechend den Forderungen nach einer hohen Energieübertragung und einer optimalen Verteilung von Traktormasse und vertikal gerichteten Kräften auf dem Gleisband sind folgende Hauptelemente der Fahrwerke auszulegen:

- Gummigleisbänder
- Antriebsselemente zur Übertragung der Leistung auf die Gleisbänder
- Spannelemente für die Gleisbänder
- Laufräder oder Laufrollen zur Lastverteilung und zur Gleisbandführung
- Achs- und Rahmenteile
- Federelemente zur Anpassung des Fahrwerks an Bodenunebenheiten.

3.2.1. Gummigleisbänder

Die Gummigleisbänder haben im Normalfall den im Bild 4 dargestellten Aufbau. Sie bestehen aus den Zugsträngen, dem Deckmaterial, der Profilierung und den Führungselementen. Die Zugstränge können aus Kunststoffen (Polyester, Polyamid, Aramid), aus Stahlkord oder aus Stahlseilen bestehen und dienen dazu, die im Band auftretenden Kräfte aufzunehmen. Dabei sind solche Bänder von Vorteil, deren Zugstränge im Auslegungsgebiet undeformbar sind. Zur Verbesserung der Querstabilität und damit zu einer besseren Lastverteilung auf dem Band können z. B. Stahlkordlagen quer zur Zugrichtung eingelegt werden.

Für das Zugkraftverhalten, die Laufeigenschaften und die Reinigung ist die Profilierung der Bänder von entscheidender Bedeutung. Die Fragen der Haltbarkeit der Profilstollen, sowohl hinsichtlich des Abriebs als auch der Fußfestigkeit, müssen dabei vorrangig berücksichtigt werden. Die Bänder sollen optimale Fahrwerkswirkungsgrade auf verschiedenen Böden ermöglichen und dabei auch noch gut auf festen Fahrbahnen einsetzbar sein (Bild 5). Bei zu unterschiedlichen Anforderungen an die Einsatzbedingungen, können für einen Traktortyp Bänder mit verschiedenen Profilierungen notwendig werden.

Um die Gleisbänder auf den Fahrwerkselementen zu führen und ein Abflauen zu ver-

Bild 5
Gummigleisband mit Profilstollen für universellen Einsatz (VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck)

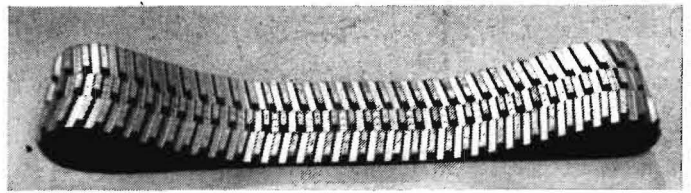


Bild 6
Führungsstollen an den Gummigleisbändern der französischen Firma Colmant Cuvelier

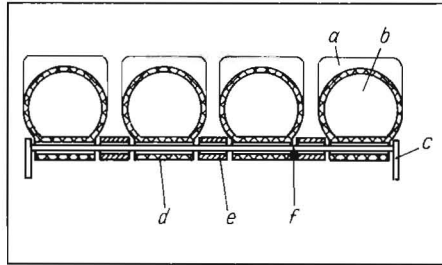
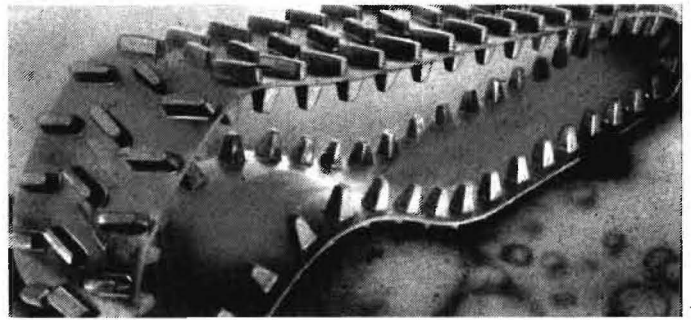


Bild 7. Querschnitt durch eine „Luftraupe“ sowie jetziger Konstruktion; a Profilstollen, b Luftkammer, c Führungsteil, d Zugstrang, e Distanzstück, f Verbindungsstange

hindern, sind auf der Innenseite der Bänder Erhebungen (Führungsstollen) angebracht. Ihre Ausführung und Anordnung hängt von der Konstruktion der Fahrwerkselemente und vom Verwendungszweck der Bänder ab. Bei den Gleisbändern der französischen Firma Colmant sind die Führungsstollen aus Gummi und mit dem Gleisbandkörper homogen verbunden (Bild 6). Je nach Ausführung der Antriebs- und Führungselemente des Fahrwerks werden sie an der Innenseite des Bandes angebracht. Die Führungsstollen können auch die Funktion der Kraftübertragung vom Antriebsselement auf das Gleisband übernehmen. Aus dem heutigen Erkenntnisstand ist aber abzuleiten, daß Führungsstollen aus elastomerem Material nur für geringe Leistungen und bei geringen Zugkraftanforderungen anwendbar sind.

Neben den in den Bildern 4 bis 6 dargestellten flachen treibriemenartigen Bändern sind auch sog. Luftraupen mit kreisförmigem Querschnitt bekannt. In der UdSSR werden derartige Bänder für Versuchszwecke verwendet. Sie bestehen aus einem Tragteil, das mit einem schlauchartigen Teil verbunden ist (Bild 7). Die Hohlräume werden über Ventile mit Luft gefüllt. Dabei besteht ein Gleisband meist aus mehreren Strängen, und diese setzen sich wiederum aus mehreren Kammern zusammen. Diese Gleisbänder haben gute Federungseigenschaften und eine gute Bodenkopierung. Ihr Aufbau ist aber sehr kompliziert, und sie sind nicht unempfindlich gegen Beschädigungen.

3.2.2. Antriebsselemente

Die Gestaltung der Antriebsselemente hängt von der Art der Kraftübertragung ab. Generell ist zwischen kraftschlüssiger und formschlüssiger Kraftübertragung zu unterscheiden. Zielstellung ist eine sichere Übertra-

gung der Energie auf das Gleisband bei hohem Wirkungsgrad und bei geringem Verschleiß. Bei der kraftschlüssigen Kraftübertragung wird die Leistung von den Antriebsrädern auf das Gleisband durch Reibung übertragen. Dazu erhalten die Gleisbänder eine Vorspannung (Prinzip des Flachriemenantriebs). Die formschlüssige Kraftübertragung erfolgt wie bei Kettentraktoren, z. B. über Zahnkränze und entsprechende Gegenelemente auf dem Gleisband.

Beim kraftschlüssigen Antrieb sind sowohl normale Reifen (Beispiel: Gleisbandtraktor ZT 300GB, Bild 2) oder mit elastomerem Material belegte Metalltrommeln (Beispiel: Gleisbandtraktor Challenger 65, Bild 3) als Antriebsräder denkbar. Während Luftreifen dabei den Vorteil gewisser Federungseigenschaften aufweisen, sind starre Antriebsräder z. B. wartungsärmer. Die Antriebsräder sind häufig paarweise angeordnet. Im Freiraum werden die Führungsstollen geführt.

3.2.3. Spannelemente

Bei einer kraftschlüssigen Leistungsübertragung ist eine hohe Spannung der Gleisbänder erforderlich, die für Traktoren mit einem Leistungsbereich um 100 kW etwa bei 50 kN liegt. Diese hohen Spannkraften sind hydraulisch oder mechanisch zu erzeugen. Vorteilhaft ist das Anordnen von Federungselementen in der Spannvorrichtung, um Belastungstöße im Fahrwerk zu dämpfen. Bei der formschlüssigen Energieübertragung ist die Spannvorrichtung so auszulegen, daß optimale Eingriffsverhältnisse zwischen Antriebskranz und Gleisband bestehen.

3.2.4. Stützelemente

Die Stützelemente haben die Aufgabe, die Masse des Fahrzeugs und auftretende vertikale Kräfte möglichst gleichmäßig auf dem Gleisband zu verteilen und somit eine gleichmäßige Bodenbelastung zu erzielen. Darüber hinaus dienen die Stützelemente zur Führung des Gleisbandes. Die Stützelemente können als Luftreifen oder als Rollen ausgebildet sein. Sie sind elastisch gelagert und beeinflussen das Schwingungsverhalten des Fahrzeugs. Entsprechend der Gleisbandführung sind sie paarweise oder einzeln angeordnet.

3.2.5. Lenkgetriebe

Für die Realisierung von Lenkbewegungen sind entsprechende Lenkgetriebe erforderlich. Sie können ähnlich oder gleich denen bisher bei Kettentraktoren angewendeten

Lenkgetrieben sein, müssen aber auch den speziellen Einsatzbedingungen der Gleisbandtraktoren nachkommen. Folgende Hauptforderungen sind zu erfüllen:

- hoher Wirkungsgrad bei möglichst vielen Kurvenradien
- kleiner Wenderadius
- hohe Fahrstabilität beim Fahren auf öffentlichen Straßen mit Geschwindigkeiten bis zu 30 km/h
- leichte und sichere Bedienbarkeit
- hohe Lebensdauer.

Gut werden diese Forderungen von Überlagerungslenkgetrieben erfüllt, jedoch ist der technische Aufwand sehr hoch.

4. Zugkraftcharakteristik von Gleisbandtraktoren

Die Zugkraftcharakteristik von Gummigleisbandtraktoren ist mit der von Kettenraktoren vergleichbar. Hohe Zugkräfte werden schon bei niedrigem Fahrbahnschlupf erzielt. Durchgeführte Untersuchungen mit Traktoren im Leistungsbereich um 70 kW zeigen (Bild 8), daß die Zugkraft-Schlupf-Kurven von Gleisband- und Kettenraktoren nahezu identisch sind, wobei aber unterschiedliche Bodenbedingungen auch bestimmte Abweichungen im Verlauf der Kurven zueinander zur Folge haben. Gegenüber Radtraktoren haben Gleisbandtraktoren besondere Zugkraftvorteile auf leichten und aufgelockerten Böden sowie auf Moorstandorten (Bild 9). Aufgrund der hohen Zugkräfte ergibt sich für Gleisbandtraktoren eine hohe Einsatzsicherheit. Darüber hinaus sind auf diesen Standorten auch wesentliche energetische Vorteile erkennbar, da hier die Rollwiderstände der Gleisbandtraktoren geringer sind. Auf sehr festen und trockenen Fahrbahnen, wie sie z. B. auf Lehm Böden vorhanden sein können, werden die Unterschiede im Zugkraftverhalten deutlich geringer.

5. Einsatz und Einsatzverhalten von Gleisbandtraktoren

Gleisbandtraktoren der Zugkraftklasse 20 kN und darüber können besonders auf druckempfindlichen und schwer befahrbaren Böden für folgende Arbeiten eingesetzt werden:

- Pflügen
- Saatbettbereitung
- Drillen und Pflanzen
- Ausbringen von organischem und anorganischem Dünger, vor allem von Gülle
- Einsatz als Energieträger für Erntemaschinen
- Feldtransporte
- meliorative Arbeiten.

Wesentliche Vorteile sind:

- geringe Bodenverdichtung und Wirkung der Verdichtung nur in den oberen Bodenschichten; durch die geringere Verfestigung verringert sich auch der Bodenwiderstand bei nachfolgender Bodenbearbeitung
- schon ab einer Leistung von etwa 110 kW kann beim Pflügen neben der Furche gefahren werden, und damit gibt es keine schädlichen Verdichtungen in der Furche
- Verringerung der Bodenverfestigung durch minimalen Fahrwerkschlupf
- geringe Spurtiefe und dadurch Eindämmung von Erosionserscheinungen und Vermeiden von Beeinträchtigungen nachfolgender Arbeitsgänge
- hohe Einsatzsicherheit, verbunden mit einer Steigerung der Arbeitsproduktivität

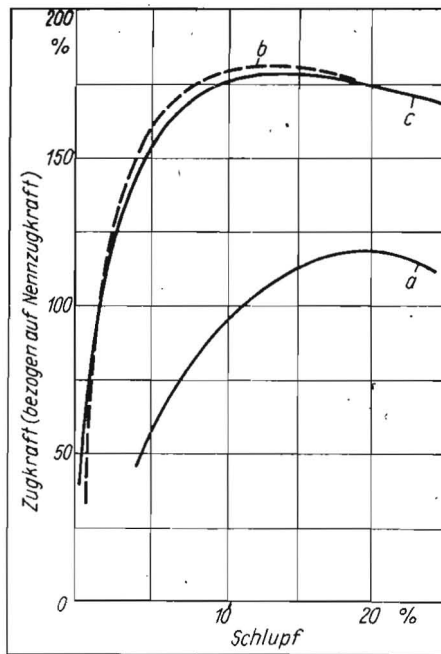


Bild 8. Zugkraft-Schlupf-Kurven von Traktoren (Motorleistung rd. 70 kW) mit unterschiedlichen Fahrwerken auf Sandboden, Stoppel; a Radtraktor (ungleicher Allradantrieb), b Kettenaktor, c Gleisbandaktor

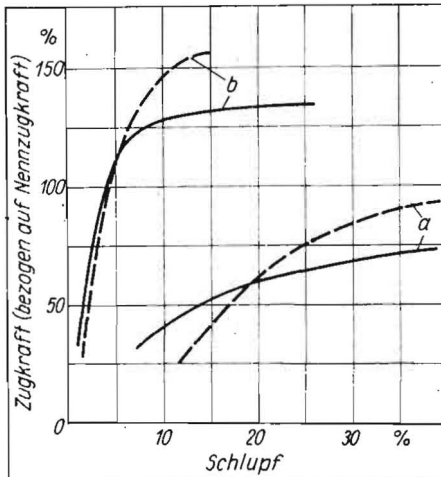


Bild 9. Zugkraft-Schlupf-Kurven von Traktoren (Motorleistung rd. 70 kW) mit unterschiedlichen Fahrwerken, a Radtraktor (ungleicher Allradantrieb), b Gleisbandaktor
Fahrbahn:
— Sand, stark aufgelockert, trocken
- - - Moor mit Grasnarbe, sehr feucht

- Energieeinsparung auf lockeren und schwierigen Bodenverhältnissen
- Möglichkeit der intensiven Bewirtschaftung von sog. Problemflächen.

Gegenüber Radtraktoren ist eine den Lenkeigenschaften der Gleisbandtraktoren angepaßte Arbeitstechnologie anzuwenden. Da beim Lenkvorgang – im bestimmten Maß abhängig vom verwendeten Lenkgetriebe – höhere Energieaufwendungen für die Fahrbe-wegung erforderlich sind, verringert sich die Zugfähigkeit. Somit sollten bei bestimmten Arbeiten mit Geräten, die mit geringem Spiel im Dreipunktbau gekoppelt sind, wie z. B. Grubber, enge Kurven nur mit ausgehobenem Gerät gefahren werden. Bei Gleisbandtraktoren der Leistungsklasse 20 kN ist beim Pflügen ein Fahren in der Fur-

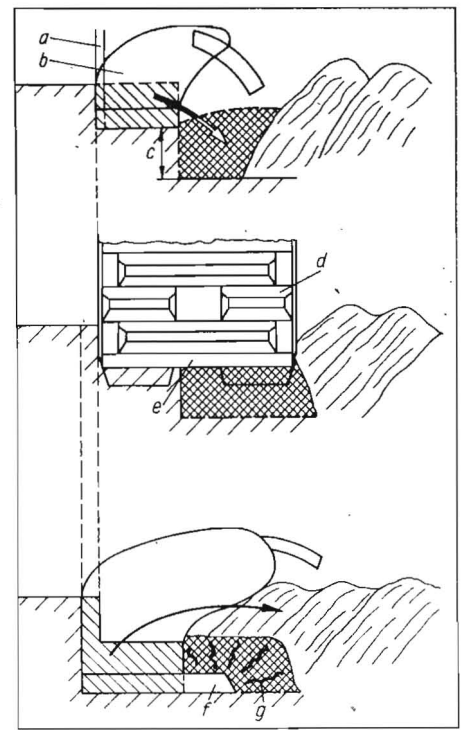


Bild 10. Pflügen „in der Furche“ mit Gleisbandfahrwerk; a Grindel, b Nachschäler, c Stufe unter dem Nachschäler, d Gleisbandfahrwerk, e zusammengedrückter Bodenbalken, der auf der Furchensohle des vorangegangenen Pflugkörpers abgelegt wurde, f verlängertes Schar am 1. Pflugkörper, g Auflockerung durch verlängertes Schar

che notwendig. Da aber in diesem Leistungsbereich die Gleisbänder nicht mehr in die Pflugfurche passen, ist ein Verbreitern der Pflugfurche erforderlich, wie es auch für Traktoren mit breiten Reifen praktiziert wird. Dazu wird am Pflug ein Hilfsschar nach dem letzten Pflugkörper angebaut sowie das erste Schar verlängert (Bild 10).

Transporte mit Gleisbandtraktoren auf festen Fahrbahnen sollten aus Gründen des Gleisbandverschleißes beschränkt bleiben.

6. Zusammenfassung

Die hohen Anforderungen, die an die Fahrwerke von Traktoren gestellt werden, lassen sich vorteilhaft über Gummigleisbandfahrwerke lösen, wobei davon ausgegangen werden muß, daß Gleisbandtraktoren fast ausschließlich für Feldarbeiten verwendet werden und damit nicht so universell wie Radtraktoren einsetzbar sind. Ihre Anwendungsmöglichkeiten sind aber vielseitiger als die von Kettenraktoren. Die Vorteile der Gleisbandtraktoren sind vor allem die geringen Bodenverdichtungen, ein geringer Fahrbahnschlupf, das hohe Zugvermögen, eine große Einsatzsicherheit und ein hoher Wirkungsgrad. Darüber hinaus haben sie gegenüber Radtraktoren mit bodenschonenden Fahrwerken konzeptionelle Vorteile in der geringeren Fahrzeugbreite, in der Aufnahme hoher Sattelasten und in der Bauhöhe des Fahrwerks. Die bisher bekannt gewordenen Anwendungsfälle für Gleisbandfahrwerke lassen erkennen, daß mit dem Erreichen einer ausreichenden Funktionsfähigkeit der Gummigleisbänder die Anwendungsbreite der Gleisbandfahrwerke größer wird, wobei auch selbstfahrende Landmaschinen eingeschlossen sind.