

Anwendbarkeit von Luftkissenfahrzeugen in der Landwirtschaft

Dipl.-Ing. H. Beckmann/Dipl.-Ing. K. Barnefsky, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

Verwendete Begriffe

Luftkissenfahrzeug

Sammelbegriff für ein Fahrzeug bzw. ein Gerät, das die physikalische Erscheinung des statischen Bodeneffekts (auch Bodeneffektfahrzeug genannt) nutzt und sich entweder mit eigenem Antrieb oder ohne eigenen Antrieb unabhängig vom Untergrund über diesem fortbewegen kann (entsprechend den landwirtschaftlichen Einsatzbedingungen werden nur Land-Luftkissenfahrzeuge betrachtet)

Luftkissenfahrzeug mit eigenem Antrieb

selbstfahrendes Fahrzeug, das so eingesetzt werden kann, daß seine Masse ganz oder teilweise von einem fortwährend aufgebauten Luftpolster getragen werden kann und unabhängig vom Untergrund über diesem gehalten wird; kann durch Anbringen zusätzlicher Räder zu einem Hybridfahrzeug werden

Luftkissenanhänger

aus Stahl gefertigte Plattform mit einem Schürzensystem, bei dem das den Auftrieb liefernde Luftpolster durch Verbrennungsmotoren erzeugt wird; zur Verbesserung der Fahrstabilität zusätzliche Räder möglich; kein eigener Antrieb, sondern Bewegungen durch Zugmittel, Winden u. a.

Luftkissenpalette

Lasttransportplattform ohne eigenen Antrieb, wobei ein kontinuierlich ausströmender Luftstrom geringen Drucks einen Luftfilm oder ein Luftpolster zwischen Plattform und Untergrund ausbildet; zur Verbesserung der Stabilität zusätzliche Räder möglich

1. Einleitung

Bereits vor 15 bis 20 Jahren waren Anfänge des Einsatzes von Luftkissenfahrzeugen in der Landwirtschaft zu verzeichnen, und es wurden Einsatzvorteile dieser Fahrzeuge herausgestellt [1, 2]. Damals konnte noch nicht abgesehen werden, welche Bedeutung Luftkissenfahrzeuge für landwirtschaftliche Einsatzzwecke erlangen werden [3]. Die Fachliteratur der letzten 10 Jahre weist aus, daß solche Fahrzeuge unter dem Gesichtspunkt verminderter Bodenbelastung und Erweiterung der Befahrbarkeitsgrenzen, vor allem für Transportaufgaben, eine zunehmende Bedeutung erfahren haben [4 bis 7].

Ziel dieses Beitrags soll deshalb sein, nach einer kurzen Vorstellung der in den vergangenen 10 Jahren international in der Landwirtschaft eingesetzten Luftkissenfahrzeuge und einer aus der Fachliteratur abgeleiteten ausführlichen Diskussion der Vor- und Nachteile und der auftretenden Probleme Schlußfolgerungen für eine Anwendbarkeit in der Landwirtschaft zu ziehen.

Tafel 1. Leichte Luftkissenfahrzeuge für die Flüssigapplikation von Pflanzenschutzmitteln

	Typ	
	Skima 4	Wasp
Herstellerland	Großbritannien	Großbritannien
Applikationsverfahren	Spritzen und Sprühen	Nebeln
Motorleistung	31,0 kW	k. A.
Arbeitsbreite	5,0 m	6,0 m
Arbeitsgeschwindigkeit	k. A.	10 bis 20 km/h
zusätzliche Räder	keine	3
Bemerkungen	modifiziertes Serienfahrzeug	Prototyp

k. A. keine Angabe

Tafel 2. Technische Daten des Luftkissenfahrzeugs BC-7 (Fa. SEDAM)

Länge	9,6 m
Breite	3,1 m
Höhe	3,0 m
Nutzmasse	2,5 t
Ladefläche	25 m ²
max. Steigfähigkeit	8%
Schwebhöhe	0,4 m
Luftkissenanzahl	10
Leistung für – Anheben	1 Dieselmotor mit 103 kW, 3 Radialgebläse
– Vortrieb	2 Dieselmotoren mit je 33 kW
Höchstgeschwindigkeit über Land	80 km/h

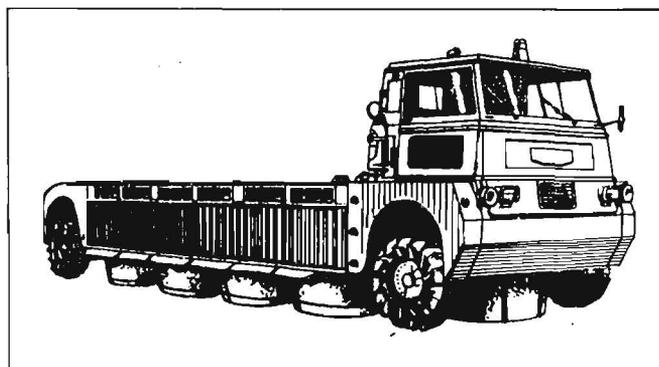


Bild 1
Luftkissenfahrzeug „Terraplan BC-7“ der französischen Firma SEDAM [10]

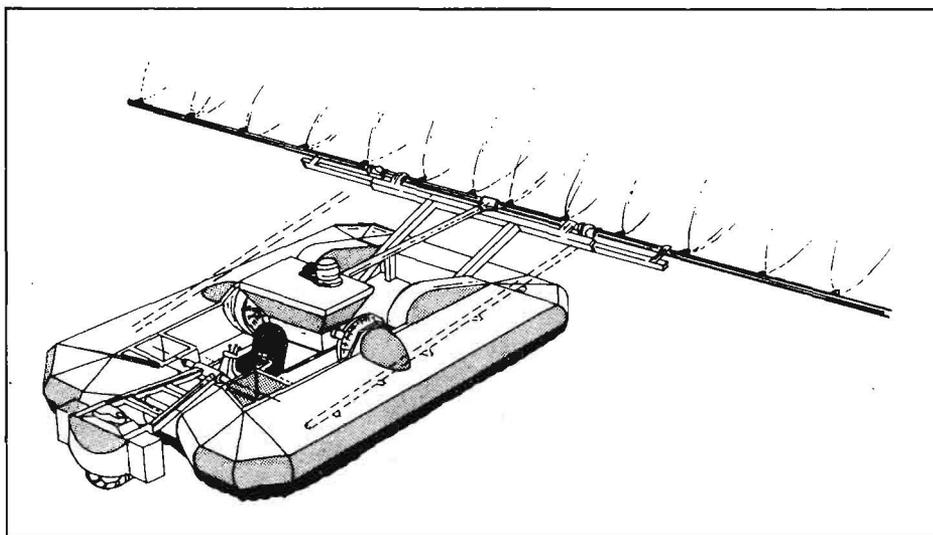


Bild 2
Luftkissenfahrzeug „Agricraft“ mit Spritzbalken der italienischen Firma Nuova Cantone Vercelli [11]

Fortsetzung von Seite 131

maschinenbautechnische Neuerungen den technischen Höchststand auf diesem Gebiet mit zu bestimmen.

Dr. agr. habil. G. Krupp, KDT

Literatur

[1] Siedersleben, W.: Neuerungen an Reihensäemmaschinen. DP 19329 vom 12. März 1881.

[2] Drewitz, E.: Neuerungen an der Thorner Säemaschine. DP 10108 vom 3. Juli 1880.

[3] Siedersleben, W.: *Neuerung an Säemaschinen* des sogenannten Thorner Systems. DP 30220 vom 22. März 1884.

[4] Erhardt, L.: Sämaschine mit Knaggen-Schubrädern ... DP 239923 vom 21. Sept. 1910.

[5] Siedersleben, W.: Säeräder mit verstellbarem Zellenboden. DP 63273 vom 20. Febr. 1891.

[6] Siedersleben, W.: Schubrad-Säemaschine mit einem gemeinsamen Gehäuse für mehrere Säe-

räder. DP 82335 vom 8. Dezember 1894.

[7] Erhardt, L.: Schöpfrad mit Zellen von einstellbarer Größe für Säemaschinen. DP 254520 vom 3. Okt. 1911.

[8] Siedersleben, W.: Sävorrichtung für Drillmaschinen mit Schubrädern. DP 618606 vom 8. Okt. 1933.



Bild 3. Luftkissenanhänger der Firma Hovertrailers International Ltd. bei der Zuckerrübenerte [12]

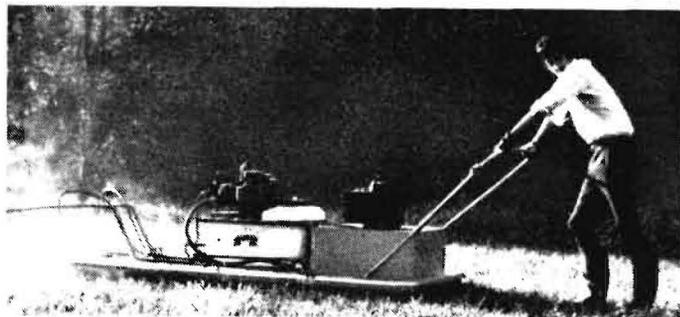


Bild 5. Luftkissenpalette mit Anbau-Sprueheinrichtung der Fa. E. Allman & Co. Ltd. [15]

2. Luftkissenfahrzeuge für landwirtschaftliche Einsatzzwecke

2.1. Luftkissenfahrzeuge mit eigenem Antrieb

Bei den Luftkissenfahrzeugen mit eigenem Antrieb dominieren für Arbeitsgänge der Flüssigapplikation von Pflanzenschutzmitteln Fahrzeuge mit geringen Nutzmassen (< 400 kg) und geringen Arbeitsbreiten (m) [8, 9] (Tafel 1). Das Luftkissenfahrzeug „Wasp“ ist zur Sicherung der erforderlichen Fahrstabilität mit einem Front- und zwei Heckrädern ausgerüstet. Es wurde speziell für die Ausbringung geringer Aufwandsmengen (ULV-Verfahren) entwickelt.

Die englische Firma Hover Air Ltd. stellt ebenfalls ein leichtes Luftkissenfahrzeug (Nutzmasse 317 kg) für das Sprühen bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten (17,7 bis 24,1 km/h) her [5]. Spezielle landwirtschaftliche Modifikationen von Luftkissenfahrzeugen fertigt die französische Firma SEDAM. Die Fahrzeuge sind als Hybridsystem (Radfahrwerk/Luftkissen) ausgelegt und in der Ausführung „Terraplan BC-7“ vor allem für Transportarbeitsgänge (Bild 1) sowie in der Variante „Agroplan A-3S“ für die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln vorgesehen. Bei dem Hybridfahrzeug BC-7 (Tafel 2) läßt sich die Aufteilung der Gesamtfahrzeugmasse zwischen Radfahrwerk und Luftkissen (20 bis 100%) regulieren, so daß

Gesamtleistungsoptimierung unter Berücksichtigung der Bodenbedingungen möglich wird. Die Varianten BC-7 bzw. A-3S können auch ohne Nutzung des Luftkissens als normale Radfahrzeuge zum Einsatz gelangen [5, 10]. Das von der italienischen Firma Nuova Cantone Vercelli gebaute Luftkissenfahrzeug „Agricraft“ (Nutzmasse 600 bis 900 kg, Arbeitsgeschwindigkeit 15 km/h, Leistungsbedarf 44 kW) wird durch ein vorn angebrachtes Rad angetrieben und gelenkt (Bild 2). Hinten am Fahrzeug befindliche Scheiben dienen der Stabilisierung. Das vor-

dere Rad, die zwei Gebläse, die für die Aufrechterhaltung des Luftkissens sorgen, sowie die Arbeitselemente für die Applikation von Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln werden durch Hydromotoren angetrieben. Der vorausgesagte Preis entspricht dem eines Traktors mittlerer Leistung [11].

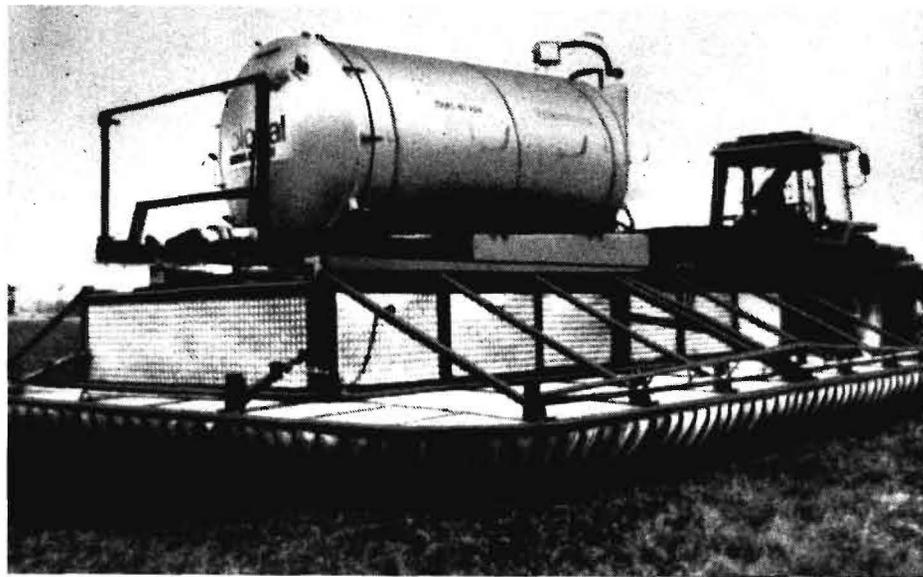
2.2. Luftkissenfahrzeuge ohne eigenen Antrieb

Fahrzeuge ohne eigenen Antrieb sind z. B. Luftkissenanhänger (Hovertrailers) und Luftkissenpaletten (Hoverpallets) entweder für den Transport landwirtschaftlicher Güter oder – in Verbindung mit einer Spezialausrüstung – für Applikationsarbeiten. Aus dem Produktionsprogramm der englischen Firma Hovertrailers International Ltd. (Nutzmassebereich 10 bis 100 t) war der Luftkissenanhänger mit einer Nutzmasse von 15,2 t und angebaute Austrageförderer (Bild 3, Tafel 3) erfolgreich im Jahr 1974 in den Niederlanden beim Zuckerrübentransport vom Feld

im Einsatz, wobei Tagesleistungen von 400 t erreicht wurden [5].

Den Prototyp eines Luftkissenanhängers zum Tomatentransport für feuchte und weiche Bodenbedingungen baute die amerikanische Firma Eglon Hovercraft (Tafel 3). Eine Erweiterung des Einsatzbereichs, z. B. für Applikationsarbeiten auf Flächen mit hohem Grundwasserstand, wird als denkbar angesehen [12]. Bekannt ist weiterhin, daß die australische Firma Taylorcraft Transport einen Luftkissenanhänger mit einer Nutzmasse von 1,25 t, der zum Transport von Obst und Gemüse für feuchte und weiche Böden verwendet wird, herstellt [13]. Von einem englischen Ingenieur wurde ein Luftkissenanhänger ohne Räder (Länge 4,6 m, Breite 2,5 m) für den Dünger- und Futtertransport entwickelt und gebaut. Das Hubgebläse des Anhängers wird von der Traktorzapfwelle angetrie-

Bild 4. Luftkissen-Geräteträger „Dolocraft“ mit Gülletank [14]



Tafel 3. Technische Daten von Luftkissenanhängern für landwirtschaftliche Transporte

Parameter	Herstellerland	
	USA	Großbritannien
Nutzmasse	t 6,0	15,2
Gesamtmasse	t 10,0	22,0
Luftkissendruck	kPa 2,7	5,13
Schwebeleistung	kW 115,0	147,0
Radanzahl	4	2
Länge	m 7,0	11,96
Gesamtbreite mit Luftkissen	m 4,0	5,0
Transportbreite	m 2,5	3,6

Tafel 4. Technische Daten des Luftkissen-Geräteträgers „Dolocraft“ mit Gülletank

Nutzmasse	8 t
Luftkissenfläche	40,0 m ²
Hubgebläse	
– Fördermenge	14,0 m ³ /s
– Antrieb	Traktorzapfwelle
Anzahl der zusätzlichen Räder	4
erforderlicher Druck- ölstrom des Traktors	50 bis 60 l/min
Gesamtbreite mit Luftkissen	5,1 m
Transportbreite	2,5 m

Tafel 5. Ausgewählte Daten der Luftkissenpalette der Fa. Hovercraft Ltd.

Länge	2,89 m
Breite	1,21 m
Höhe	0,91 m
Nutzmasse	152 kg
Nutzlastfläche	2,6 m ²
Schürzenhöhe	127 mm
Motorleistung	5,8 kW
Kraftstoffverbrauch	2,3 l/h

Tafel 6. Vor- und Nachteile sowie Probleme bei der Anwendung von Luftkissenfahrzeugen unter landwirtschaftlichen Einsatzbedingungen

Vorteile	Nachteile	Probleme
<ul style="list-style-type: none"> - Entfallen des Reibungswiderstands bei der Fortbewegung - geringe Auswirkungen auf Bodengefüge, bodenbiologische Prozesse, Pflanzenwachstum und Ertrag aufgrund des sehr geringen Auflagedrucks - bessere Einhaltung der agrotechnischen Termine und Zeitspannen durch erweiterte Befahrbarkeitsgrenzen - höhere Transportleistungen aufgrund höherer Fahrgeschwindigkeiten und geringerer Fahrwiderstände - Möglichkeiten des Transports empfindlicher Erntegüter - im Vergleich zu herkömmlichen landwirtschaftlichen Aggregaten einfacherer konstruktiver Aufbau 	<ul style="list-style-type: none"> - unbefriedigende Lenk-, Brems-, Stabilitäts- sowie Fahreigenschaften bei Gefällen, Steigungen und am Hang - kein exaktes Anschlußfahren möglich - Verursachen von Pflanzenschäden - keine Einsatzmöglichkeiten in Dammkulturen und höheren Pflanzenbeständen 	<ul style="list-style-type: none"> - Lärmstehung durch das Antriebssystem - Bodenerosion - steigender Bauaufwand bzw. regel- und getriebetechnischer Aufwand in Abhängigkeit vom angewendeten Antriebssystem - Auftreten von Schwerpunktverlagerungen - gegenüber bodengebundenen Aggregaten höherer Leistungsbedarf - Verschleiß der flexiblen Schürze - eingeschränkte Hindernisüberschreitbarkeit - erhöhter Aufwand für Straßenfahrten

ben. Weitere gebaute Fahrzeuge finden für Pflanzenschutzarbeiten unter feuchten Bodenbedingungen Anwendung [7].

Der Luftkissen-Geräteträger „Dolocraft“ (Hersteller: Bronsink, Vaassen, Niederlande) wird in 5 Varianten (Nutzmasse 7 bis 10 t), u. a. ausrüstbar mit Kalkstreuer, Gülletank (Bild 4, Tafel 4) und Kipppritsche für Zuckerrübentransport, produziert. Zum Erreichen der Transportbreite von 2,5 m werden die flexiblen Schürzen eingeklappt. Der erforderliche Ölstrom wird für das hydraulische Ein- und Ausklappen der Schürzen, zum Verschieben des Gülletanks bzw. des Kalkstreuers auf dem Fahrgestell (Konstanthalten der Schwerpunktage) und für den Antrieb der Pumpe bzw. der Arbeitselemente des Kalkstreuers benötigt. Die bodenschonende Wirkung beim Einsatz auf stark durchfeuchteten Böden konnte nachgewiesen werden (nur geringe Spurtiefen durch den zwillingsbereiften Zugtraktor). Nachteilig wirkten sich beim Einsatz Dämme und Hindernisse (Heken, Brücken) aus. Als ungünstig wird der hohe Kraftstoffverbrauch zur Erzeugung und Aufrechterhaltung des Luftkissens angesehen [6, 14]. Luftkissenpaletten sind hauptsächlich in Verbindung mit Applikationseinrichtungen für Pflanzenschutzmittel für landwirtschaftliche Einsatzzwecke bekannt geworden (Bild 5, Tafel 5). Sie werden auch zum Transport verschiedener Güter auf feuchten und weichen Böden zum Einsatz gebracht. Als Hauptanwender kommen kleinere landwirtschaftliche Betriebe und Gärtnereien in Frage. Hersteller sind u. a. die Firmen Hovercraft Ltd. und Skima Hovercraft Ltd. Luftkissenpaletten der Firma Skima Hovercraft Ltd. werden für Nutzmassen bis 10 t ausgelegt [15].

3. Diskussion der Vor- und Nachteile sowie der auftretenden Probleme bei der Anwendung der Luftkissenfahrzeuge in der Landwirtschaft

Die grundsätzlichen Vor- und Nachteile sowie auftretenden Probleme bei der Anwendung von Luftkissenfahrzeugen in der Landwirtschaft sind in Tafel 6 zusammengestellt und sollen anhand der Fachliteratur sowie eigener Überlegungen diskutiert werden. Aufgrund der bei Luftkissenfahrzeugen genutzten gasförmigen Polsterdichtung (Luftkissen) haben diese Fahrzeuge keine Reibung zum Untergrund. Daraus ergibt sich eine Reihe weiterer Vorteile, aber auch Nachteile.

3.1. Vorteile

Ein wesentlicher Vorteil ergibt sich aus der Verteilung des Polsterdrucks. Dieser Flächen- und Punktlastdruck ist beim Luftkissenfahrzeug im Vergleich zu landwirtschaftlichen Maschinen, Geräten und Aggregaten sehr gering,

wodurch ein bodenschonender Einsatz (Vermeidung von Bodenverdichtungen) ermöglicht wird (Luftkissenfahrzeug 1 bis 20 kPa, Traktoren 100 bis 250 kPa). Das führt dazu, daß sich Luftkissenfahrzeuge unabhängig von der Untergrundbeschaffenheit bewegen können (Bodenzustände: feucht, fest, weich, Schlamm, Moor; Schnee, Eis, Wasser) und sich beim landwirtschaftlichen Einsatz erweiterte Befahrbarkeitsgrenzen ergeben. Gleichzeitig ist das Luftkissenfahrzeug dadurch in seiner Fahrgeschwindigkeit nicht eingeschränkt, wodurch sich höhere Transportleistungen realisieren lassen. Bedingt durch die nahezu erschütterungsfreie Bewegung eignen sich Luftkissenfahrzeuge vorteilhaft für den Transport leicht verderblicher oder gegen Erschütterungen empfindlicher Erntegüter. Durch Wegfall des Rad- bzw. Kettenfahrwerks einschließlich des Fahrgetriebes bei Luftkissenfahrzeugen ist im Vergleich zu selbstfahrenden Maschinen und Traktoren mit Rad- bzw. Kettenfahrwerken ein einfacherer konstruktiver Aufbau zu verzeichnen.

3.2. Nachteile

Zu den Nachteilen der Luftkissenfahrzeuge ist zu bemerken:

- Infolge der fehlenden Berührung mit dem Boden können bei diesen Fahrzeugen mit eigenem Antrieb und ohne Zusatzräder die Funktionen Lenken, Bremsen, Beschleunigen, Bergsteigen nur mit Strahlimpulsen erreicht werden, was einen zusätzlichen Leistungsbedarf erfordert. In der Fachliteratur wird das maximale Steigervermögen mit 30% (17°) angegeben. Größere Bodenunebenheiten gefährden die Stabilität. Deshalb liegen die Bodenabstandsgrenzen bei 5 bis 10% (bezogen auf den Durchmesser des Fahrzeugs). Das Bremsen erfolgt vorrangig mit Luftschrauben-Umkehrschub, wobei gegenüber Radfahrzeugen mit einer Verdopplung des Bremsweges gerechnet werden muß.
- Durch die Ausbildung der Lenkung als Strahlimpulssteuerung kann die bei Rad- bzw. Kettenfahrzeugen vorhandene Wirksamkeit der Lenkung nicht erwartet werden, wodurch keine genaue Einhaltung eines Fahrkurses möglich ist. Die Abdriftwinkel können 40° erreichen.
- Je nach Geschwindigkeit des Polsterstrahls, die im Bereich von 20 bis 80 m/s liegt, tritt eine mehr oder weniger zerstörende Wirkung durch den Luftstrom auf. In der Literatur sind keine Hinweise über Entwicklungsarbeiten zur Abstellung dieses Nachteils zu finden. Bekannt ist, daß die Schürzenhöhe und die Fahrgeschwin-

digkeit einen Einfluß auf den Beschädigungsgrad der Pflanzen ausüben.

- Luftkissenfahrzeuge für den Einsatz in Dammkulturen erfordern Spezialausführungen der flexiblen Schürze (gute Anpaßbarkeit an die Dammform). Abgesehen von den höheren Fertigungskosten und einem erhöhten Verschleiß ist auch hiermit keine ausreichende Stabilisierung des Luftpolsters möglich.

3.3. Beim Einsatz auftretende Probleme

Übereinstimmend wird in der Fachliteratur auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung der Umgebungseinflüsse hingewiesen (Bodenerosion durch den Strahl, Lärmbildung durch das Antriebssystem). Untersuchungen zeigen, daß die Strahlaustrittsgeschwindigkeit und der Strahlneigungswinkel die Haupteinflußgrößen der Bodenerosion sind. Die Erosion erhöht sich mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Bei der Bewegung eines Luftkissenfahrzeugs über dem Boden treten zwei Phasen der Erosion auf. Am Anfang ist die Erosion hoch, danach wird ein Niveau erreicht, bei dem die Erosion einen stabilen Wert annimmt.

Entsprechend den zwei Funktionen

- Abheben vom Boden und Einhalten eines Schwebestands
- Vortrieb

sind für eine wirkungsvolle Realisierung zwei getrennte Antriebe zu bevorzugen, wodurch der Fertigungsaufwand ansteigt. Das trifft auch für Luftkissenfahrzeuge mit Bodetrieb unter Verwendung von Rad- bzw. Kettenfahrwerken (Hybridfahrzeuge) zu. Außerdem muß die durch das zusätzliche Fahrwerk auftretende Bodenverdichtung als nachteilig angesehen werden.

In der Kombination Luftkissenfahrzeug-Radfahrwerk ergibt sich jedoch im landwirtschaftlichen Einsatz der Vorteil der Verbesserung der Fahreigenschaften, so daß in Übereinstimmung mit der Fachliteratur diese Hybridfahrzeuge als eine vorteilhafte Variante anzusehen sind. Die Räder werden dabei nicht vollkommen entlastet, so daß sich der reine Schwebestand nicht einstellen kann. Durch die Aufteilung der Gesamtfahrzeugmasse zwischen Radfahrwerk und Luftkissen kann eine Gesamtleistungsoptimierung unter Berücksichtigung der Bodenbedingungen vorgenommen werden.

Bedingt durch von der Einsatzform abhängige notwendige Verbindungen des Vortriebs- und Auftriebssystems (Verbundschaltungen) sowie im Fall der Anwendung der Leistungsoptimierung bei Hybridfahrzeugen ergibt sich eine Reihe regel- und getriebetechnischer Probleme. Da auftretende Schwerpunktverlagerungen die Stabilität der Luftkissenfahrzeuge beeinflussen, müssen

diese Schwierigkeiten bereits bei der Maschinenkonzeption (räumliche Anordnung der Baugruppen) Berücksichtigung finden (teilweise zusätzlicher Aufwand). Das gilt vor allem für Aggregate, die Sammel- und Verteiloperationen ausführen. Hinsichtlich des Leistungsbedarfs ordnen sich die Luftkissenfahrzeuge zwischen landwirtschaftlichen Aggregaten und Flugzeugen ein:

- landwirtschaftliche Aggregate	4 bis 7 kW/t
- Luftkissenfahrzeuge ohne eigenen Antrieb (Luftkissenanhänger)	5 bis 8 kW/t
- Luftkissenfahrzeuge mit eigenem Antrieb ohne Räderfahrwerk	18 bis 70 kW/t
- Flugzeuge	100 bis 300 kW/t.

Da sich die flexiblen Schürzen der Bodenoberfläche gut anpassen müssen, übernehmen sie auch einen großen Teil der Abnutzung, der Luftkissenfahrzeuge unter normalen Geländebedingungen ausgesetzt sind. Das Problem ist durch auswechselbare Schürzenteile oder durch die Verwendung abnutzungs- und reißfester Materialien lös-

bei Luftkissenfahrzeugen wird die geforderte Hindernisüberschreitbarkeit (beim Einsatz auftretende Bodenunebenheiten) durch die maximal mögliche Schwebhöhe bestimmt. Da die vertretbaren Abmessungen von Land-Luftkissenfahrzeugen sehr begrenzt sind, ergeben große Schwebhöhen hohe Leistungsanforderungen.

Bei Fahrzeugen, die sich auf Straßen bewegen müssen, sind die Seitenteile abnehmbar oder hochklappbar zu gestalten (Transportbreite $\leq 2,50$ m). Dieses Problem hat Einfluß auf die konstruktive Ausführung und kann ein weiterer wesentlich bestimmender Faktor für die gesamte Fahrzeugkonzeption sein.

4. Schlußfolgerungen für die Anwendbarkeit in der Landwirtschaft

Unter Nutzung der im Abschn. 3 geführten Diskussion, der in [16, 17] getroffenen Aussagen sowie der Forschungsergebnisse und Erfahrungen der Bauakademie der DDR zum Einsatz der Luftkissenteknik in der DDR [18] lassen sich hinsichtlich der Anwendbarkeit von Luftkissenfahrzeugen in der Landwirtschaft folgende Schlußfolgerungen ableiten:

- Aufgrund der für landwirtschaftliche Einsatzzwecke unzureichenden Fortbewegungs- und Manöviereignung sowie Bewegungsgenauigkeit der Luftkissenfahrzeuge, die vollständig von einem Luftpolster getragen werden, weisen Luftkissenfahrzeuge mit zusätzlichen Radfahrwerken (Hybridfahrzeuge) die günstigsten Eigenschaften auf.

- Die Anwendung von Luftkissenfahrzeugen

mit eigenem Antrieb und zusätzlichem Fahrwerk zur Applikation von Agrochemikalien wird aufgrund verschiedener Nachteile (Verursachen von Pflanzenschäden, keine Arbeit in Dammkulturen) und einer Reihe ungelöster Probleme (Bodenerosion, Lärmbildung u. a.) als nicht zweckmäßig angesehen.

- Luftkissenfahrzeuge für Transportzwecke weisen unter den Fahrzeugen für landwirtschaftlichen Einsatz den fortgeschrittensten Entwicklungsstand auf, da die Forschungsarbeiten der letzten Jahre hauptsächlich auf Fahrzeuge für Transportaufgaben in verschiedenen Bereichen der Wirtschaft gerichtet waren.

- Luftkissenfahrzeuge ohne eigenen Antrieb (Luftkissenanhänger) mit Räderfahrwerk eignen sich für Arbeitsgänge des landwirtschaftlichen Transports (Sammel- und Verteiltransport), vor allem auf nichttragfähigen Böden sowie unter schwierigen Bodenbedingungen im Frühjahr und Herbst. Dabei weisen Luftkissenanhänger mit von der Zapfwelle des Zugtraktors angetriebenem Hubgebläse im landwirtschaftlichen Einsatz Vorteile auf. Über die notwendigen Aufwendungen und die ökonomische Effektivität beim Einsatz können keine Aussagen getroffen werden.

- Insgesamt kann von den Autoren eingeschätzt werden, daß aus Gründen der aufgezeigten entscheidenden Nachteile und einer Reihe zu lösender Probleme, hoher ökonomischer Aufwendungen und einer noch nicht breitenwirksamen Anwendung sowohl für Luftkissenfahrzeuge mit eigenem Antrieb als auch für Luftkissenfahrzeuge ohne eigenen Antrieb eine Anwendung in der Landwirtschaft nicht vorge schlagen werden kann. Der internationale Entwicklungsstand sollte weiter verfolgt werden, bis ein signifikanter Fortschritt hinsichtlich der landwirtschaftlichen Anwendbarkeit (erforderliche Anpassung an die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen bei ökonomischem Einsatz) und eine Breitenwirksamkeit erreicht worden sind.

5. Zusammenfassung

Ziel des vorliegenden Beitrags ist die Vermittlung eines Überblicks über die im internationalen Maßstab in den letzten 10 Jahren für landwirtschaftliche Arbeiten eingesetzten Luftkissenfahrzeuge sowie eine ausführliche Diskussion der Vor- und Nachteile und auftretender Probleme dieser neuartigen Fahrzeuge unter landwirtschaftlichen Einsatzbedingungen. Im Ergebnis der Diskussion wird festgestellt, daß für einige landwirtschaftliche Arbeiten (Sammeln und Verteilen) eine Eignung besteht, jedoch z. Z. keine landwirtschaftliche Anwendung begründet werden kann.

Literatur

- [1] Bien, E.; Bien, J.: Perspektywy zastosowania zjawiska poduszki powietrznej w rolnictwie (Perspektiven der Anwendung des Luftkissens in der Landwirtschaft). *Maszyny i ciągniki rolnicze*, Warszawa 14(1967)10, S. 6-15.
- [2] Fitzgerald, C. J.: Considering the Hovercraft as an Agricultural Vehicle (Betrachtung des Luftkissenfahrzeugs als ein Landwirtschaftsfahrzeug). *Hovering Craft & Hydrofoil*, London 8(1969)4, S. 25-28.
- [3] Schulz, H.: Funktion und charakteristische Merkmale von Schwebefahrzeugen. Dt. Agrartechnik, Berlin 22(1972)5, S. 209-211.
- [4] Vegsö, K.: Legparnas jarmüvek mezögazdasági alkalmazhatósága (Anwendbarkeit von Luftkissenfahrzeugen in der Landwirtschaft). *Jarmüvek, Mezögazdasági Gépek*, Budapest 30(1983)8, S. 295-300.
- [5] Svirskaja, T. A.; Rjvkina, I. B.: Sel'skochozjajstvennaja tehnika na vozdušnoju poduşke (Luftkissen in der Landtechnik). *Sel'skoe chozjajstvo za rubežom*, Moskva (1984)5, S. 5-10.
- [6] Cruca, J.: Mengmest en Kalk gemengd toedienen (Gülle und Kalk gemischt zuführen). *Landbouwmeechanisatie*, Wageningen 36(1985)5, S. 545-547.
- [7] Agricultural Hovercraft (Luftkissen in der Landwirtschaft). *Power Farming Magazine*, Sydney 95(1986)3, S. 6.
- [8] Fuller, G.: Sprayer takes to the air in controlled droplet tests (Spritzgerät benutzt die Luft zur kontrollierten Tröpfchenausbringung). *Farmers Weekly*, Sutton 88(1978)16, S. 81.
- [9] Prize-winning hoversprayer on test (Preisgekürntes Luftkissenspritzgerät im Test). *Power Farming*, Sutton 57(1978)7, S. 65.
- [10] Kleine Typensammlung, Serie G Luftkissenfahrzeuge: BC-7. *Jugend und Technik*, Berlin (1972)6, Beilage.
- [11] Maresca, A.: L'Agricoltura, un'idea nuova per la risaia (Agricoltura, eine neue Idee für das Reisfeld). *macchine e motori agricoli*, Bologna 47(1989)3, S. 81-83.
- [12] Schueller, J. K., u. a.: Tomato transport: air cushion vehicle design and development (Aufbau und Entwicklung eines Luftkissenfahrzeugs für den Tomatentransport). *Trans. of the ASAE*, St. Joseph, Michigan 23(1980)4, S. 802-804.
- [13] Aksenenko, V.; Michailov, V.: Na vozdušnoju poduşke (Auf Luftkissen). *Selskij Mechanizator*, Moskva (1981)3/4, S. 42-43.
- [14] Howe, S. D.; Wyles, B.: Hollands machinery keeps on top ... but the market is set to fall (Hollands Maschinen bleiben auf der Höhe, doch der Markt ist auf Rückgang eingestellt). *Power Farming*, Sutton 66(1984)3, S. 37.
- [15] Jane's surface skimmers 1985: Hovercraft and hydrofoils (Flächengleiter 1985: Luftkissenfahrzeuge und Tragflächenboote). London: Jane's publishing company 1985.
- [16] Döll, H.: Untersuchung zu Möglichkeiten des Einsatzes von schwebenden Transportmitteln in der Landwirtschaft. Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim, Zweigstelle landwirtschaftlicher Transport, Dissertation 1972.
- [17] Jeske, A.: Pflanzenschutztechnik. Berlin: Akademie-Verlag 1978.
- [18] Konsultation zu Fragen der Luftkissenteknik im Bauwesen der DDR bei der Bauakademie der DDR, Berlin 1989. A 5868