

kierungsimpulses zeitlich mit dem des ersten Signals zusammenfällt. Danach wird der Geber in der bestimmten Stellung festgelegt. Die Erfüllung dieser Bedingung, d. h. Erscheinen des Markierungsimpulses und des sprunghaften Signals im Stromkreis der Photozelle, zeigt so den ausgeglichenen Zustand des Fahrzeugs bezüglich der Furche oder des Kontraststreifens an. Ein vorzeitiges oder verspätetes Auftreten des sprunghaften Signals im Vergleich zum Markierungsimpuls zeugt von der Ablenkung des Fahrzeugs von der vorgegebenen Richtung. Dabei entwickelt sich im Geber ein Signal der Unstimmigkeit, das am Elektronenblock der Steuerung /8/ eintrifft.

3.3. Regelkreis der Verstärkung und Umwandlung der Signale

Der Elektronenblock der Steuerung entwickelt den Befehl „nach rechts“ oder „nach links“, je nach der Reihenfolge des sprunghaften Signals und des Markierungsimpulses.

Weicht der Traktor nach links oder nach rechts von der Stütztrajektorie ab, so wird eines der Relais eingeschaltet, die die Elektromagnete des elektrohydraulischen Verteilers des Stellgliedes steuern.

3.4. Regelkreis des Stellglieds

Das elektrohydraulische Stellglied besteht aus einem Schiebersteuerungsblock und aus Kraftzylindern des Steuerungssystems.

Beim Übergang vom handgesteuerten zum automatischen System verschieben Elektromagnete die Kurssteueranlage je nach dem Befehl „nach rechts“ oder „nach links“.

Ing. H. Schulz, KDT

DK 631.37

Funktion und charakteristische Merkmale von Schwebefahrzeugen

Aus Fachbeiträgen und Pressemeldungen wurde bekannt, daß sowohl in der VR Polen als auch in England Schwebefahrzeuge für bestimmte landwirtschaftliche Arbeiten entwickelt und eingesetzt werden /1/ /2/ /3/ /4/. Übereinstimmend wird angegeben, daß Schwebefahrzeuge für das Sprühen von Pflanzenschutz- und Unkrautbekämpfungsmitteln sowie zum Düngen verwendbar sind.

Das polnische Fahrzeug mit der Bezeichnung M-6 Ursynow (Bild 1) wurde vom Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Ursynow und dem Institut für Flugzeugbau entwickelt. Es soll in Zukunft die in der Landwirtschaft eingesetzten Flugzeuge ablösen und bestimmte landwirtschaftliche Arbeiten bei schwierigen Fahrbahnverhältnissen ausführen. Das Fahrzeug erreicht eine Geschwindigkeit von 50 km/h und beim Versprühen von Chemikalien eine Flächenleistung von 15 bis 20 ha/h.

Das englische Schwebefahrzeug „Hoverpallet“ ist in erster Linie als handgeführter Lastentransporter mit einer Antriebsleistung von 5 und 8 PS konzipiert und wird darüber hinaus ebenfalls zum Versprühen von Chemikalien sowie für die Obst- und Gemüseernte und Rasenpflege eingesetzt. Es soll sich bereits in über 20 Ländern im Einsatz befinden /3/. Die Schwebefahrzeugentwicklung für landwirtschaftliche Zwecke konzentriert sich in England offenbar zunächst auf den Transport schwerer Lasten, bei dem das Zugmittel ein Traktor ist, der eine Reihe von Anhängern, ausgeführt als Schwebefahrzeuge, mit einer Ladefähigkeit von jeweils mehreren 1 000 kg bewegen soll.

Diese Beispiele kennzeichnen die Anfänge des Einsatzes. Es kann gegenwärtig nicht eingeschätzt werden, ob oder welche

Literatur

- 1/ Litinskij, S. A.: Automatisierung der Führung selbstfahrender Maschinen. Energija, 1966
- 2/ Litinskij, S. A.; Pensen, M. P.: Der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit eines Schleppaggregates auf die Eigenschaften seiner Führung. Traktory i selchosmaschiny, 1969, Nr. 1
- 3/ Schabanow, W. M.: Automatisierung der Führung von Traktoren. Traktory i selchosmaschiny, 1970, Nr. 9
- 4/ Gelfenbein, S. P.; Swirschtschewskij, A. B.: Automatisierung der Führung von Traktoren. Moskau 1961
- 5/ Litinskij, S. A.: Untersuchung des automatischen Führungsprozesses des Traktors, Mechanisazija i elektrofikazija sozialisticheskovo selskovo chosjaistwa, 1958, Nr. 2
- 6/ Litinskij, S. A.: Technische Möglichkeiten der automatischen Führung von Schleppaggregaten. Vorträge WASHNIL 1958, Teil 2
- 7/ Dwali, R. R.; Margwelaschwili, O. W.; Nosadse, A. A.: Ein System der automatischen Führung eines Radtraktors. Materialien der Konferenz zu Fragen der Mechanisierung der Landwirtschaft in Gebirgsregionen. Selchostehnika, ZNIITEI 1968
- 8/ Dwali, R. R., u. a.: Einrichtung für die automatische Führung eines Radtraktors. Sammlung „Mechanika Maschin“, Verlag „Mezniereba“, Tbilissi, 1969
- 9/ Dwali, R. R., u. a.: Fotooptischer Geber für die automatische Führung des Radtraktors. Autorenbericht Nr. 169303. Offizielles Bulletin des Komitees für Erfindungs- und Entdeckungswesen beim Ministerrat der UdSSR, Nr. 6, 1965
- 10/ Dwali, R. R.: Fotooptischer Geber für die automatische Führung eines Hauenschleppers. Autorenbericht Nr. 167 078. Offizielles Bulletin des Komitees für Erfindungs- und Entdeckungswesen beim Ministerrat der UdSSR, Nr. 24, 1964
- 11/ Dwali, R. R., u. a.: Einrichtung für die automatische Führung der Bewegung eines Radtraktors. Autorenbericht Nr. 232636. Offizielles Bulletin des Komitees für Erfindungs- und Entdeckungswesen beim Ministerrat der UdSSR, Nr. 1, 1969

(Fortsetzung folgt)

A 8709

Bedeutung Schwebefahrzeuge für Landwirtschaftseinsatz gewinnen werden, es dürfte aber doch angesichts der aufgezeigten Entwicklungen von allgemeinem Interesse sein, wie Schwebefahrzeuge wirken, wie sie aufgebaut sind und welche technischen und energetischen Probleme, besonders im Vergleich zu Kraftfahrzeugen, bei ihrem Einsatz auftreten.

1. Etwas zur Entwicklung

Die Entwicklung von Fahrzeugen, die auf einem Luftpolster schweben, ist noch relativ jung. Bekannt wurden derartige Fahrzeuge unter den Bezeichnungen Schwebefahrzeuge, Luftkissenfahrzeuge oder Bodeneffektgeräte. Bekannt ist das Phänomen des Bodeneffekts, d. h. das Bilden tragfähiger Luftpolster, seit den zwanziger Jahren. Jedoch erst in den fünfziger Jahren begann besonders in England unter dem Einfluß der Vertikalluggergeräteentwicklung der Bau funktionsfähiger Schwebefahrzeuge.

Die bisherige Entwicklung konzentrierte sich hauptsächlich auf Geräte für den See-Einsatz. Eine zweite Gruppe von Schwebefahrzeugen wurde für den kombinierten Land-See-Einsatz bekannt. Schwebefahrzeuge für den ausschließlichen Landeinsatz wurden bisher entwicklungsseitig untergeordnet bearbeitet, weil sie als Straßenverkehrsmittel aufgrund der mit ihrer Konzeption gegebenen Eigenschaften (Lenkbarkeit, Leistungsanspruch, Staubentwicklung u. a.) gegenwärtig und auch für die nächste Zukunft nicht in Frage kommen werden. Eine gewisse Wettbewerbsfähigkeit der Schwebefahrzeuge zu Kraftfahrzeugen bei Geländeeinsatz wurde aber bereits bei Entwicklungsbeginn aufgrund bestimmter Vorteile für möglich gehalten.



Bild 1. Polnisches Schwebefahrzeug M-6 Ursynow

2. Arten des Bodeneffekts

Der Bodeneffekt beruht grundsätzlich auf dem Bilden eines Luftpolsters unter einer Auftriebsfläche in Bodennähe. Zu unterscheiden ist zwischen dynamischem und statischem Bodeneffekt. Ersterer tritt auf, wenn Tragflügel in Bodennähe bewegt werden. Ein tragfähiges Luftpolster tritt hier nur bei bewegtem Fahrzeug auf. Derartige Fahrzeuge werden als Stauflügelgeräte bezeichnet, und ein Schweben ist nicht möglich. Sie sind für eine umfassende praktische Nutzung ohne Bedeutung.

Ein statischer Bodeneffekt entsteht, wenn ein Luftpolster unter einer in Bodennähe befindlichen Fläche mit einem geeigneten Druckerzeuger hergestellt und aufrechterhalten wird. Der statische Bodeneffekt ist die Grundlage bisher entwickelter Schwebefahrzeuge.

3. Wirkungsweise und Aufbau

Im Prinzip sind die Wirkungsweise und der Aufbau eines Bodeneffektgeräts relativ einfach. Ein Gebläse saugt Luft an und drückt diese verdichtet zwischen die Unterseite des Geräts und den Boden. Sobald sich ein Luftpolster mit ausreichendem Überdruck Δp zum Atmosphärendruck p_a gebildet hat — bereits Δp von 100 bis 400 kp/m² reichen aus —, beginnt das Gerät zu schweben. Für die Fortbewegung des Fahrzeugs ist als wesentliches der Luftwiderstand zu überwinden (Bild 2).

Zur Bildung des Luftpolsters gibt es theoretisch verschiedene Möglichkeiten. Bevorzugt werden aber eindeutig Ringstrahlgeräte. Bei diesen Geräten wird die verdichtete Luft am Umfang der Bodenfläche unter einem nach innen gerichteten Winkel ausgeblasen (Bild 2). Der Ringstrahl baut das Luftpolster auf und hat dann die Aufgabe, als Abdichtung gegen das Entweichen der Luft aus dem Polster zu wirken. Diese Aufgabe kann aber nur dicht über dem Boden erfüllt werden, so daß die Schwebehöhen beim Fehlen besonderer Abdichtungen stark begrenzt sind. Der Leistungsbedarf eines Schwebefahrzeugs ist mit von der Begrenzung der Luftabströmung aus dem Polster abhängig, denn die Luft muß ständig vom Gebläse neu zugeführt werden $/5/ /6/$.

Durch feste oder flexible Vorhänge am Bodenrand des Schwebefahrzeugs oder durch Labyrinthkammern am Fahrzeugboden kann die Auftriebsluft am Abströmen gehindert

Tafel 1. Qualitativer Vergleich zwischen Schwebefahrzeug und Kraftfahrzeug $/5/$

	Schwebefahrzeug	Kraftfahrzeug
Bewegung auftretende Verhältnisse	Luftpolster unabhängig vom Untergrund und reibungsfreie Bewegung	Räder, Gleisketten Untergrundabhängigkeit: Reibung und Rollwiderstand bei der Bewegung
Bodenkontakt Wirkung	Große tragende Fläche geringer Flächendruck	kleine Auflagefläche großer Flächendruck (s. Tafel 2)
Bedingung	keine Abhängigkeit vom Untergrund	relativ ebener und fester Untergrund
Antrieb	zweifach: für Auftrieb und Vortrieb Druckluft-erzeuger Schuberzeuger zum Überwinden des Impuls-widerstands F_I Luft-widerstands F_L	einfach: 1 Triebwerk, Drehmoment auf Treibräder zum Überwinden des Rollwiderstands F_R Luftwiderstands F_L Steigerungs-widerstands F_{St}
Leistungsbedarf	je nach Schwebehöhe hohe Leistung erforderlich	mäßig
Geschwindigkeit	hoch, Grenze durch Fahr-sicherheit erschütterungsfreie Fahrt	Grenze durch Fahrbahn-verhältnisse (Schlupf, Erschütterungen)
Beschleunigen Lenken Bremsen	aerodynamisch durch Strahl-impulse oder durch Bedienungs-person bei Kleingeräten (Bild 3c), zusätzlicher Leistungsbedarf z. B. aerodynamisch schlechtere Wirksamkeit	mechanisch, gute Wirk-samkeit
Steigvermögen	bis max. 30%, höherer Leistungsbedarf	je nach vorhandener Leistung bis rd. 60%
Stabilität	Schwierigkeiten, je nach Schwebehöhe zusätzliche Stabili-sierung erforderlich	keine Schwierigkeiten

Tafel 2. Mittelwerte des spezifischen Flächendrucks verschiedener Antriebe in der Landwirtschaft

Antriebsart	Pferd	Radtraktor ¹	Gleisketten-traktor	Schwebefahrzeug
Δp kp/cm ²	0,8...1,5	1,0...1,1	0,35...0,50 bei normaler Breite	0,02...0,03

mit Gitterrad $1/3$ weniger: Vierradantrieb mit gleichen Rädern $1/4$ weniger

werden. Sehr gut bewährt haben sich flexible Kunststoffschürzen, die den Fahrzeugrand umgeben und bis zur Bodenoberfläche herabreichen (Bild 1).

Im Aufbau besteht ein Schwebefahrzeug aus dem Fahrzeugkörper, einem Gebläse, dem Antrieb für die Fortbewegung und dem Ringkanal für die Druckluftfortleitung. Hinzu kommen noch die Einrichtungen zum Vorwärtsbewegen, zum Bremsen und Manövrieren, die bei größeren Fahrzeugen noch einen im Fahrzeugkörper untergebrachten Antrieb erfordern können, sowie Aufbauten zum Transportieren oder Vorrichtungen für den Arbeitsmaschinenanbau (Bild 3).

4. Vergleich Schwebefahrzeug — Kraftfahrzeug

Das Schwebefahrzeug hat ein Luftpolster unter seiner gesamten Bodenfläche. Ein Kraftfahrzeug ruht ebenfalls auf einem Luftpolster in Form seiner Bereifung, das den Luftdruck dauernd halten kann. Hieraus ergeben sich folgende grundsätzliche Unterschiede zwischen beiden Fahrzeugen (Tafel 1):

— beim Schwebefahrzeug tritt durch das Luftpolster keine Reibung zum Untergrund auf, dagegen ist beim Kraftfahrzeug durch die Berührung der Bereifung mit dem Untergrund ein Rollwiderstand oder besser ein Fahrwiderstand zu überwinden

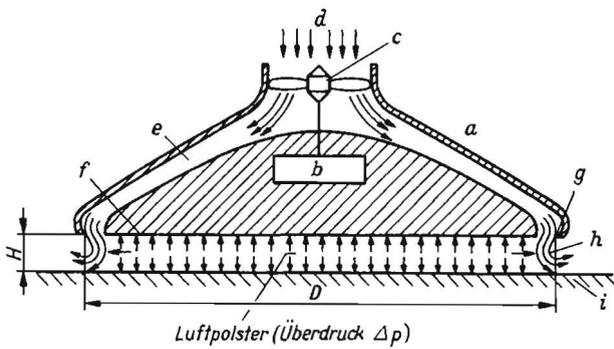
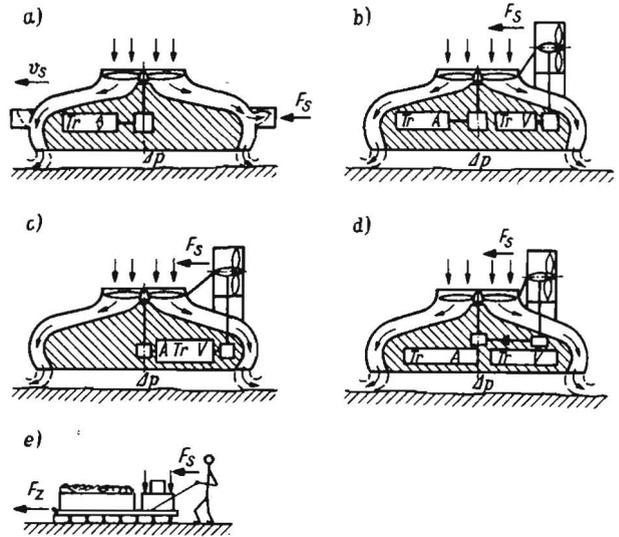


Bild 2. Prinzip der Wirkungsweise eines Bodeneffektgeräts
 a Atmosphärendruck p_a , b Antrieb, c Gebläse, d Lufteintritt, e Ringkanal, f Fahrzeugboden, g Luftausstritt, h Luftvorhang, i Boden, H Schwebehöhe, D Bodendurchmesser

Bild 3. Antriebsarten für Schwebefahrzeuge

a) Integralschubantrieb; b) getrennter Antrieb für Auftrieb und Vortrieb; c) Verbundantrieb; d) verbundschaltbarer Antrieb; e) maschineller Auftrieb, Antrieb manuell oder durch Seilzug; A Auftrieb, V Vortrieb, Tr Triebwerk, F_S Schub des Rückstoßes oder manueller Schub, F_Z Seilzug, v_S Schwebegeschwindigkeit /5/



— das Schwebefahrzeug hat mit dem Verteilen des Polsterdrucks auf die gesamte Grundfläche einen kleinen Flächendruck. Beim Kraftfahrzeug ergibt sich durch die Radberührungsflächen oder durch die Kettenauflage ein örtlich bedeutend höherer Flächendruck (Tafel 2)

— Kraftfahrzeuge benötigen zum Abstützen einer Treibkraft für die Vorwärtsbewegung den Bodenkontakt und eine entsprechende Belastung. Bei Schwebefahrzeugen wird der Vortrieb entweder durch den Rückstoß des von einer Luftschraube abgestoßenen Luftstrahls (Bild 3 b bis d), seltener durch den Rückstoß eines mit hoher Geschwindigkeit ausströmenden Gases (Bild 3 a) oder durch Fremdantrieb (Bild 3 e) erzeugt.

Der nahezu reibungsfreien Bewegung des Schwebefahrzeugs steht der Nachteil der Leistungserfordernis beim Kraftfahrzeug zum Überwinden des Rollwiderstands, der von der Fahrzeugmasse und von der Untergrundbeschaffenheit abhängt, gegenüber. Andererseits hat aber ein Kraftfahrzeug durch den Bodenkontakt beim Beschleunigen, Bremsen, Bergsteigen und Lenken gegenüber dem Schwebefahrzeug Vorteile, da bei letzterem diese Aufgaben nur durch Strahlimpulse oder bei Kleingeräten manuell ausführbar sind. Der große Vorteil der Schwebegeräte liegt im geringen Flächendruck, so daß die Untergrundbeschaffenheit unwesentlich ist. Es kann sich über jeden Untergrund, ob Moor, Schlamm, Schnee, Eis oder Wasser, bewegen. In dieser Eigenschaft liegt seine besondere Anwendungsmöglichkeit, zumal die Geschwindigkeit, im Gegensatz zum Kraftfahrzeug, nicht durch die Untergrundbeschaffenheit bestimmt wird.

Gegenüber dem Kraftfahrzeugeinsatz sind bei Schwebefahrzeugen noch zu beachten: Bodenerosion durch den Strahl, Lärmbildung durch das Antriebssystem und, abhängig vom Untergrund, eine mögliche unangenehme Staubaufwirbelung. Neben der bereits erwähnten schlechteren Bremswirkung ist auch die Steuerwirksamkeit erheblich schlechter als beim Kraftfahrzeug. Als letztes ist im Vergleich Schwebefahrzeug zum Kraftfahrzeug zu vermerken, daß Schwingungen auf unebener Fahrbahn die Geschwindigkeit von Kraftfahrzeugen begrenzen, dagegen bewegt sich ein Schwebefahrzeug nahezu erschütterungsfrei.

5. Antrieb für Auftrieb und Vorwärtsbewegung

Bei einem Kraftfahrzeug lassen sich alle Bewegungsaufgaben mit einem Triebwerk, einem Getriebe und den installierten Bremsen erfüllen, wobei der Leistungsbedarf von der geforderten Geschwindigkeit und der zu bewegenden Nutzlast abhängt.

Bei festliegenden Abmessungen und gegebener Nutzlast hängt der Leistungsbedarf der Schwebefahrzeuge ebenso von der Fahrzeuggeschwindigkeit, besonders aber von der Schwebehöhe sowie von den Bewegungsaufgaben Beschleunigen, Bremsen, Lenken und Bergsteigen ab. Die Leistungsanforderungen sind also vielfältiger als beim Kraftfahrzeug. Aus diesem Leistungsbedarf ergibt sich ein Antriebssystem zum Erzeugen des Luftpolsters und ein Vortriebssystem für die Bewegung, deren bisher bekannte Möglichkeiten im Bild 3 dargestellt sind.

Als Polsterluftherzeuger werden Axial- oder Radialgebläse verwendet, die bei kleineren Leistungen durch Verbrennungsmotoren und bei größeren Fahrzeugabmessungen durch Gasturbinen angetrieben werden.

Die erforderliche Vortriebsleistung wird beim Schwebefahrzeug im wesentlichen zum Überwinden des Luftwiderstands benötigt und hängt wie beim Kraftfahrzeug vom Profil und von der Fahrgeschwindigkeit ab. Hinzu kommt noch ein Impulswiderstand, der durch das Beschleunigen der Polsterluft entsteht. Der Leistungsbedarf für den Vortrieb ist im Verhältnis zur Auftriebsleistung gering. Für das Beschleunigen, Steuern und Bremsen wird zusätzlich Leistung benötigt. Das Bremsen erfolgt am besten mit Luftschrauben-Unkehrschub.

Die erforderliche Auftriebs- oder Schwebeleistung hängt von der zu hebenden Gesamtmasse und vom Bodenabstandsverhältnis H/D ab (Bild 2). Für praktische Schwebefahrzeuge ist nur ein Bodenabstandsverhältnis von $H/D = 0,025$ bis $0,1$ von Bedeutung. Bei bisher ausgeführten Schwebegeräten ist ein Leistungsaufwand um $0,025$ PS/kg Fahrzeugmasse bei handgeführten Geräten und um $0,10$ bis $0,15$ PS/kg bei aerodynamisch angetriebenen Großfahrzeugen festzustellen, dem beispielsweise für LKW ein Leistungsaufwand von $0,006$ bis $0,01$ PS/kg gegenübersteht. Der Gesamtleistungsaufwand dürfte bei Schwebefahrzeugen damit immer bedeutend höher liegen als bei einem Gelände-Kraftfahrzeug. A 8718

Literatur

- /1/ —: Hovercraft für die Landwirtschaft. Landmaschinenmarkt (1971) H. 20
- /2/ Bauern-Echo Nr. 5 v. 6. Jan. 1972
- /3/ Platt, P.: Hovercraft hilft der Landwirtschaft. Schweizer Landtechnik (1972) H. 1, S. 30/32
- /4/ Poljak, A. I.: Der Traktor der Zukunft. Moskau: Verlag Kolos 1970
- /5/ Mack, K. W.: Das Luftkissenfahrzeug als Wettbewerber zum Kraftfahrzeug. ATZ 66 (1964) H. 1, S. 7—13
- /6/ Mack, K. W.: Bodennahe Schwebegeräte. ATZ 64 (1962), II. 6.