

# Möglichkeiten einer teilautomatischen Befüllung von Gülletankfahrzeugen

Dr.-Ing. H. Holjewilken, KDT/Ing. Gabriele Scholz  
 Institut für Düngungsforschung Leipzig/Potsdam der AdL der DDR

Gegenwärtig werden in der DDR jährlich etwa 40 Mill. Tonnen Gülle mit Hilfe von Tankfahrzeugen ausgebracht und auf landwirtschaftliche Nutzflächen verteilt. Es ist zu erwarten, daß in den nächsten Jahren die mobil auszubringenden Güllemengen noch weiter zunehmen werden. Für diese erheblichen Transport- und Umschlagleistungen in der Landwirtschaft muß ein bemerkenswerter Anteil an Arbeitszeit, Material, Energie und Selbstkosten eingesetzt werden. Es lohnt sich daher, alle einzelnen Arbeitsgänge dieses Verfahrens genau zu analysieren und nach Verbesserungen zu suchen, die die Arbeit erleichtern, Zeit einsparen und noch bestehende Mängel beseitigen.

Gegenwärtig werden die Tankfahrzeuge auf zwei Arten befüllt. Zum einen ist die sogenannte Selbstbefüllung möglich, bei der ein Saugschlauch an den Auslaufstutzen des Tankfahrzeugs gekuppelt und die Gülle mit Hilfe von Vakuum, das von einem am Fahrzeug angebrachten Kompressor erzeugt wird, in den Tank gesaugt wird. Bei der Fremdbefüllung fährt das Tankfahrzeug unter einem galgenförmigen Güllegeber, dessen Fallrohr in die oben befindliche Einfüllöffnung des Tankfahrzeugs abgesenkt wird, so daß die von einer in der Nähe des Lagerbehälters fest installierten Pumpe geförderte Gülle frei in den offenen Tank einströmen kann. Beide Befüllmöglichkeiten haben ihre Vorteile, doch haften ihnen auch noch wesentliche Mängel an. Mit Hilfe der Selbstbefüllung kann man praktisch jeden von einem Saugschlauch erreichbaren Behälter ohne fremde Hilfsmittel entleeren. Wegen dieses Vorteils wird man auch in Zukunft nicht auf die Möglichkeiten der Selbstbefüllung bei den Tankfahrzeugen verzichten wollen.

Die Befüllleistung ist aber wesentlich geringer als bei der Fremdbefüllung, da der Leistung der Kompressoren Grenzen gesetzt sind; auch der Gesamtwirkungsgrad ist nicht so gut, wodurch der Energieaufwand hoch wird. Außerdem erfordern das Ankuppeln und Manipulieren der noch relativ schweren Saugschläuche einen bestimmten Zeitaufwand und sind als schwere und schmutzige Arbeiten zu betrachten. Die Fremdbefüllung ermöglicht höhere Befüllleistungen und damit kürzere Befüllzeiten.

Mit der Steigerung der Befüllleistung kommt es aber auch je nach Art und Alter der Gülle zu mehr oder weniger starker Schaumbildung. Dies hat zur Folge, daß lange vor Erreichen der obersten Füllmarke der Schaum aus der Befüllöffnung tritt und das Fahrzeug stark verschmutzt. Der Befüllvorgang wird dann meist vorzeitig abgebrochen, und der Tankwagen befördert nur 80 bis 90% seines Fassungsvermögens. Dadurch sinkt die Verfahrensleistung ab. Durch den tropfenden Güllegeber werden die nachfolgenden Fahrzeuge mit Gülle verschmutzt, und die Traktoren werden vor allem bei Wind durch die abtropfende Gülle und den übertretenden Schaum stark und sehr unangenehm belastigt. Deshalb waren Lösungen für den Befüllvorgang zu suchen, die diese Mängel nicht aufweisen. Folgende Anforderungen sind an eine neue Befüllvorrichtung zu stellen:

- hohe Befüllleistung
- maximale Auslastung des Fassungsvermögens
- einfache Konstruktion der Kupplungsvorrichtung
- minimaler Handarbeitsaufwand für das Betätigen der Kupplungsvorrichtung
- keine Berührung mit durch Gülle verschmutzten Teilen
- Vermeidung von Schaumbildung
- wenig Nachlauf von Gülle nach dem Entkuppeln
- keine Verschmutzung der Fahrzeuge
- geringe Wetterempfindlichkeit
- gute Sicht auf die Rohrkupplung vom Fahrersitz aus
- Möglichkeit der Fremd- und Selbstbefüllung über denselben Füllstutzen.

Einige dieser Forderungen stehen miteinander im Gegensatz, so daß ein optimaler Kompromiß zu suchen ist. So ist z. B. die Forderung nach minimalem Handarbeitsaufwand oder geringer Wetterempfindlichkeit nur mit erhöhtem Aufwand bei der Konstruktion der Kupplungsvorrichtung zu realisieren. Hier ist genau abzuwägen, inwieweit es sinnvoll ist, den Kupplungsvorgang ganz, teilweise oder überhaupt nicht zu automatisieren. Beim Kupplungsvorgang sind gleichzeitig oder nacheinander folgende Bedingungen zu erfüllen und Funktionen auszulösen:

- Positionierung des Tankfahrzeugs in der Weise, daß sich die fahrzeugseitige Rohrkupplungshälfte und die anlagenseitige Rohrkupplungshälfte in einem gewissen Toleranzbereich gegenüberstehen
- Zusammenführen sowie druck- und saugdichtes Verbinden der beiden Kupplungshälften
- Öffnen der Absperrorgane am Fahrzeug und an der Anlagenseite — diese Absperrorgane müssen möglichst nahe an der jeweiligen Kupplungshälfte liegen, damit die nach dem Entkuppeln ausfließende Restmenge an Gülle gering bleibt — und Öffnen der Entlüftungsklappe am Fahrzeug
- Einschalten der Entnahmepumpe zum Befüllen des Tankfahrzeugs.

Nach Beendigung der Befüllung ist in umgekehrter Reihenfolge wieder zu entkuppeln. Wie eine der nachfolgend beschriebenen Lösungsvarianten zeigt, kann der gesamte Befüllvorgang automatisch ablaufen. Der Traktorist hat lediglich genau genug an den Befüllort heranzufahren und an der richtigen Stelle anzuhalten, wobei ihm noch Zwangsspuren und Markierungen helfen können. Alle anderen Funktionen werden durch das an- bzw. abfahrende Fahrzeug selbsttätig bewirkt. Bei anderen Varianten müssen die einzelnen Funktionen durch Betätigung von elektrischen oder hydraulischen oder pneumatischen Schaltern ohne physischen Aufwand durch den Traktoristen gezielt ausgelöst werden. Dies kann auch über Fernbedienung vom Fahrersitz aus erfolgen. Bei der einfachsten Variante bleibt noch ein gewisser physischer Handarbeitsaufwand für das Kuppeln der beiden Kupplungshälften. Durch günstige Gestaltung und bewegliche Aufhängung der anlagenseitigen Kupplungshälfte mit Massenausgleich kann der körperliche Kraftaufwand in zulässigen Grenzen gehalten werden. Er beschränkt sich z. B. auf das Betätigen des Hebelgestänges einer Kardangelnschnellkupplung, wie sie aus der Beregnungstechnik bekannt ist. Sicherlich lassen sich mit einer automatischen Variante die geringste Befüllzeit und damit die größte Effektivitätssteigerung erzielen. Andererseits wird aber die Monotonie der Arbeit beim Gülleausfahren erhöht, wodurch die Traktoristen schneller ermüden und dann doch an anderen Stellen Pausen mit Abwechslungen einlegen. Diskussionen mit Praktikern und Befragungen von Traktoristen und Güllefahrern haben ergeben, daß im allgemeinen der Wunsch besteht, nach einer Ausbringrunde, die je nach Schlagentfernung 30 bis 70 Minuten dauert, das Fahrzeug während der neuen Befüllung zu verlassen, um Bewegung und Abwechslung zu haben. Dabei wird gern in Kauf genommen, physisch zumutbare, nicht zu schmutzige Handarbeitsgänge zu verrichten. Auch unter diesem Aspekt sind die nachfolgend beschriebenen vier Lösungsvarianten von Befüllvorrichtungen für Gülletankfahrzeuge, die aus einer Vielzahl

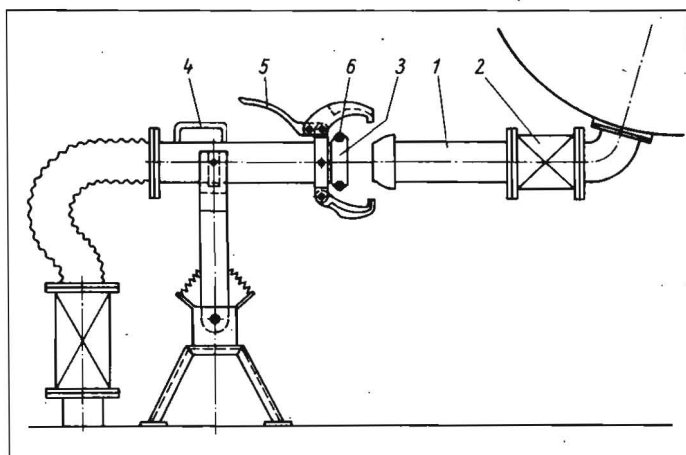


Bild 1  
 Befüllleinrichtung mit Handarbeit vorgenommener Kupplung der Rohrenden;  
 1 Befüllstutzen, 2 Absperrorgan, 3 Kupplungshälfte, anlagenseitig, 4 Handgriff, 5 Spannhebel, 6 Rundring

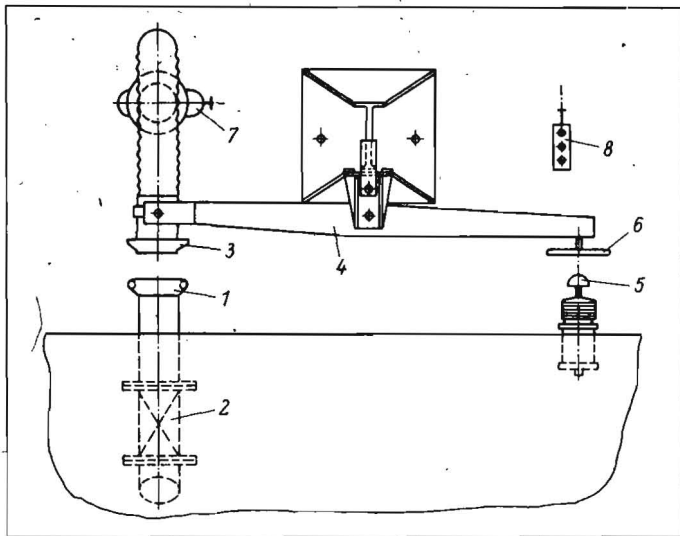


Bild 2. Befüllvorrichtung mit vom Fahrersitz aus bedienbarer kraftschlüssiger Kupplung der Rohrenden;  
1 Befüllstutzen, 2 Absperrorgan, 3 Kupplungshälfte, anlagenseitig, 4 Hebel, 5 Stößel, 6 Druckplatte, 7 Elektroschieber, 8 Schalter für Fernbedienung

denkbarer und möglicher Lösungen ausgewählt wurden, zu betrachten.

**Befüllvorrichtung mit in Handarbeit vorgenommener Kupplung der Rohrenden (Bild 1)**

Am Behälter des Fahrzeugs ist ein Befüllstutzen 1 mit Absperrorgan 2 (Schnellschlußschieber) angebracht. (Es ist sicher zweckmäßig, bei allen neuen Befüllvarianten einen gesonderten Befüllstutzen vorzusehen und nicht den Auslaufstutzen dafür mit zu verwenden, da bei jedem Befüllvorgang der Verteilapparat abmontiert oder ausgeschwenkt werden müßte.) Dieser Befüllstutzen kann seitlich oder unten am Fahrzeug angeordnet werden. Die anlagenseitige Kupplungshälfte 3 wird in der Nähe des Ortes, an dem sich der Befüllstutzen befindet, wenn das Fahrzeug an der vorgeschriebenen Markierung hält, mit Massenausgleich so aufgehängt bzw. gelagert, daß sie über einen bequemen Handgriff 4 leicht in einem gewissen Raumbereich bewegt und mit dem Befüllstutzen 1 verbunden werden kann. Beispielsweise können der Befüllstutzen als Vater- und die anlagenseitige Kupplungshälfte 3 als Mutterteil einer Kardangelgeschnellkupplung ausgebildet sein. Die über Spannhebel 5 zusammengepreßten und mit Hilfe eines Rundrings 6 abgedichteten Kupplungshälften bilden bekanntermaßen eine sichere saug- und druckdichte Verbindung. Nun werden noch der Schnellschlußschieber am Füllstutzen und das Absperrorgan auf der Anlagenseite geöffnet sowie die Pumpe eingeschaltet, und die Tankwagenbefüllung beginnt. Das Einschalten der Pumpe kann in einfacher Weise über eine Hydrophoranlage automatisiert werden, sie beginnt dann automatisch zu arbeiten, wenn die Absperrorgane geöffnet wurden. Die Befüllstation — und das gilt auch für die übrigen Varianten — sollte mit einer festen, betonierten Standfläche für das Tankfahrzeug, evtl. mit Zwangsspuren zur besseren Positionierung, ausgerüstet sein. Unterhalb der Rohrkupplung ist ein Gulli mit Auslauf in einen kleinen Sammelbehälter wie bei den bekannten Güllegebern anzubringen, denn das Ausfließen einer kleinen Restgülmengende nach dem Entkuppeln läßt sich nicht ganz vermeiden.

**Befüllvorrichtung mit vom Fahrersitz aus bedienbarer kraftschlüssiger Kupplung der Rohrenden (Bild 2)**

Am Behälter des Fahrzeugs ist seitlich, vom Fahrersitz aus einsehbar, ein feststehender Befüllstutzen 1 mit vom Fahrersitz aus bedienbarem Absperrorgan 2 angebracht. Auf der Anlagenseite ist die Kupplungshälfte 3 in der Höhe des Befüllstutzens 1 in einem Hebel 4, der in horizontaler Ebene schwenkbar ist, gelenkig gelagert. Wenn das Fahrzeug in die genaue Position gebracht ist und sich die beiden Kupplungshälften, die auch als Vater- und Mutterteil mit Gummidichtung, aber ohne Spannhebel ausgebildet sind, genau gegenüberstehen, wird, vom Fahrersitz aus bedient, ein am Fahrzeug befindlicher Stößel 5 pneumatisch ausgefahren. Der Stößel 5 drückt auf die Druckplatte 6 des Kraftarms des Hebels 4, wodurch die am Lastarm des Hebels befindliche Kupplungshälfte gegen den Füllstutzen 1 gepreßt wird und damit die kraftschlüssige saug- und druckdichte Verbindung hergestellt ist. Das Absperrorgan 2 am Füllstutzen wird vom

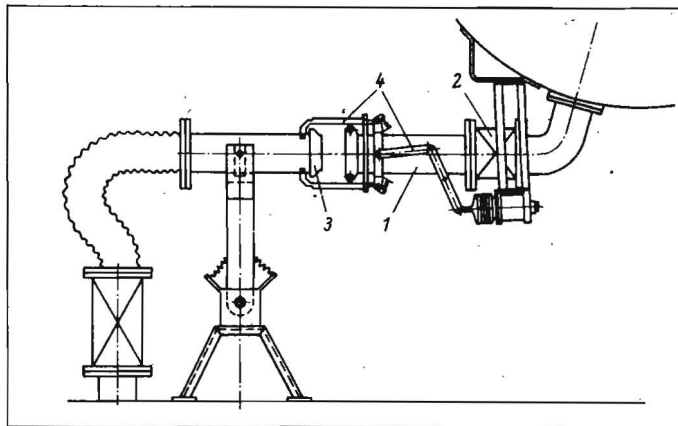


Bild 3. Befüllvorrichtung mit vom Fahrersitz aus bedienbarer kraft- und formschlüssiger Kupplung der Rohrenden;  
1 Befüllstutzen, 2 Absperrorgan, 3 Kupplungshälfte, anlagenseitig, 4 Hebelgestänge

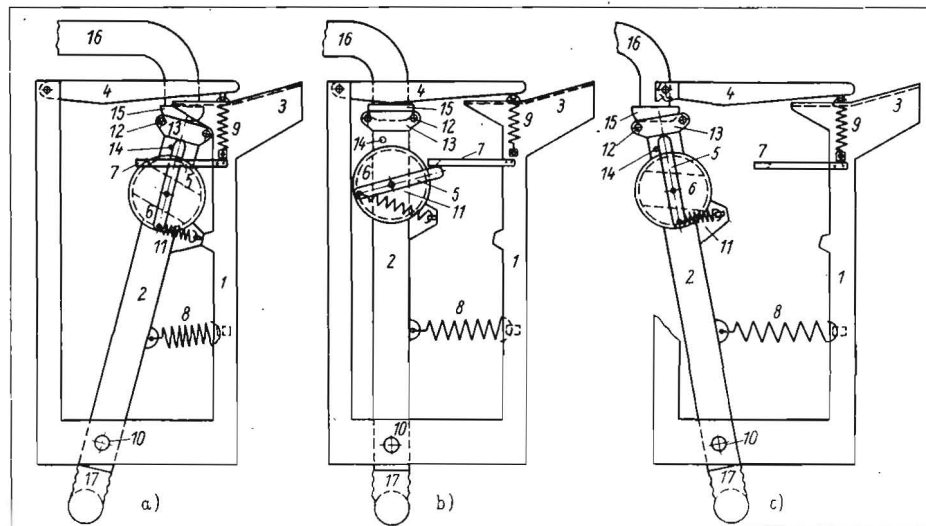
Fahrersitz aus pneumatisch geöffnet. Der Elektroschieber 7 auf der Anlagenseite wird über einen vom Fahrersitz aus erreichbaren Schalter 8 geöffnet, gleichzeitig schaltet sich die Pumpe ein, und der Befüllvorgang beginnt. Am Ende des Befüllvorgangs wird in umgekehrter Reihenfolge geschaltet. Das Tankfahrzeug kann abfahren, ohne daß der Traktorist während des Befüllvorgangs seinen Sitz verlassen muß.

**Befüllvorrichtung mit vom Fahrersitz aus bedienbarer kraft- und formschlüssiger Kupplung der Rohrenden (Bild 3)**

Diese Variante ist der vorstehend beschriebenen im Effekt sehr ähnlich. Auch hier ist die anlagenseitige Kupplungshälfte 3 in einer Horizontalebene in Höhe des seitlich angebrachten festen Füllstutzens 1 am Fahrzeug in gewissen Grenzen frei beweglich. Der Füllstutzen 1 ist als Mutterteil mit Gummidichtung ausgebildet und hat ein vom Fahrersitz aus zu betätigendes, pneumatisch angetriebenes Hebelgestänge 4, das nach genauer Positionierung des Fahrzeugs die als Vaterteil ausgebildete anlagenseitige Kupplungshälfte 3 greift und in das Mutterteil hineinzieht, wodurch die saug- und druckdichte Verbindung hergestellt ist. Alle übrigen Funktionen werden wie bei der vorhergehenden Variante ausgeführt.

**Bild 4. Automatische Befüllvorrichtung:**

1 Gestell, 2 Befüllrohr, 3 Fang- und Führungsstülle, 4 Hebel, 5 Hebel, 6 Absperrorgan, 7 Sperrklinke, 8 Feder, 9 Feder, 10 Achse, 11 Feder, 12 Dichtelement, 13 Mutterteil, 14 Anschlag, 15 Vaterteil, 16 Fahrzeugseitige Kupplungshälfte, 17 Schlauch



## Automatische Befüllrichtung

Im Bild 4 ist die automatische Befüllrichtung schematisch in den drei charakteristischen Stellungen dargestellt. Bild 4a zeigt die Vorrichtung in der Endlage. Im Bild 4b ist die Vorrichtung in der Befüllstellung gezeigt, und Bild 4c veranschaulicht die Stellung beim Entkuppeln. Die komplette Kupplung besteht aus einer starr oder elastisch am Fahrzeug befestigten Kupplungshälfte 16 und einer am Befüllort angeordneten Kupplungsvorrichtung mit der anderen Kupplungshälfte. Die beiden Kupplungshälften sind in der Art von Vater- und Mutterteil 15, 13 der bekannten Kardangelenkschnellkupplungen ausgebildet, wobei die fahrzeugseitige Kupplungshälfte 16 das Vaterteil 15 trägt. Die Kupplungsvorrichtung besteht aus einem starren Gestell 1, das am Befüllort so befestigt ist, daß eine begrenzte Beweglichkeit in einer horizontalen und in einer vertikalen Richtung jeweils senkrecht zur Fahrtrichtung des Tankfahrzeugs gegeben ist. Diese Beweglichkeit dient dem Ausgleich ungenauer Positionierung des Tankfahrzeugs und unterschiedlicher Montagegröße der fahrzeugseitigen Kupplungshälfte verschiedener Tankfahrzeuge. Im Gestell 1 ist ein mit der Mutterteil-Kupplungshälfte 13 versehenes Befüllrohr 2 um eine zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs senkrechte Achse schwenkbar gelagert. Dieses Befüllrohr 2 ist über einen elastischen Schlauch 17 mit der Druckleitung der Entnahmepumpe oder der Saugleitung aus dem Lagerbehälter verbunden. Das Befüllrohr 2 wird mit Hilfe einer Feder 8 in einer Endlage gehalten. Das Gestell 1 ist weiterhin mit einer Fang- und Führungstülle 3 für das Vaterteil der fahrzeugseitigen Kupplungshälfte sowie mit zwei in ihm gelenkig gelagerten Hebeln 4 versehen, die mit Hilfe von Federn 9 in einer Endlage gehalten werden und beim Kupplungsvorgang dazu dienen, das Vaterteil 15 in das Mutterteil 13 zu pressen. Im Füllrohr 2 ist möglichst nahe an der Kupplungsseite ein Absperrorgan 6, vorteilhafterweise ein Kugelhahn, angeordnet, das mit einem Hebel 5 betätigt wird und mit Hilfe einer Feder 11 und eines Anschlags 14 in der Sperrstellung gehalten wird.

Am Gestell 1 ist noch eine Sperrklinke 7 federnd angebracht, gegen die der Hebel 5 des Absperrorgans 6 in der einen Bewegungsrichtung anlaufen und dadurch geschwenkt werden kann, während er in der anderen Bewegungsrichtung durchschlägt.

Die gesamte Vorrichtung ist entweder in einer Horizontalebene oder in einer Vertikalebene angeordnet, so daß das Tankfahrzeug entweder neben der Vorrichtung vorbei oder über sie hinwegfahren kann. Der Kupplungs- und Befüllvorgang läuft folgendermaßen ab: Bei der Annäherung des leeren Tankfahrzeugs, dessen Absperrorgan am Befüllstutzen bei Fremdbefüllung schon geöffnet, bei Selbstbefüllung noch geschlossen ist, wird das Vaterteil 15 der fahrzeugseitigen Kupplungshälfte 16 von der Fang- und Führungstülle 3 erfaßt und auf das Mutterteil 13 zugeführt (Bild 4a). Beim weiteren Vorfahren greifen Vater- und Mutterteil ineinander, wobei das Vaterteil über die beiden Hebel 4 gegen das Mutterteil gepreßt und mit Hilfe des elastischen Dichtelements 12 eine saug- und druckdichte Verbindung hergestellt wird. Das Befüllrohr 2 wird dabei im Gestell 1 um die Achse 10 geschwenkt, Feder 8 gespannt. Hebel 5 läuft gegen die Sperrklinke 7, wodurch das Absperrorgan 6 geöffnet wird. Volle Öffnung wird in der Füllstellung (Bild 4b) erreicht. Bei Fremdbefüllung schaltet sich, wie schon beschrieben, mit der Öffnung des Absperrorgans die Entnahmepumpe automatisch ein, und das Fahrzeug wird befüllt. Bei Selbstbefüllung wird in dieser Stellung das am Befüllstutzen des Fahrzeugs befindliche Absperrorgan vom Fahrersitz aus geöffnet, und das im Tank vorhandene und weiter erzeugte Vakuum saugt den Tank voll. Nach Abschluß der Befüllung wird in beiden Fällen zuerst das Absperrorgan am Fahrzeug wieder geschlossen. Das Tankfahrzeug kann nun abfahren. Dabei wird zunächst das Befüllrohr 2 weiter geschwenkt, der Hebel 5 gleitet von der Sperrklinke 7 ab, und das Absperrorgan 6 wird mit Hilfe der Feder 11 über den Hebel 5 in die Sperrstellung gebracht. Beim Weiterfahren lösen sich die Kupplungshälften 13 und 15, und das Befüllrohr 2 wird von der Feder 8 wieder

in die ursprüngliche Endlage geschwenkt. Es ist auch möglich, eine derartige Vorrichtung ortsveränderlich zu gestalten und beispielsweise auf dem Feld zu stationieren und mit Hilfe des Schlauches 17 an verschiedene Hydranten einer Güllepipeline oder eines Verregnungsrohrnetzes anzuschließen.

## Ausblick

Die vorstehend beschriebenen Befüllvarianten für Gülletankfahrzeuge ließen sich noch durch weitere Beispiele und interessante originelle Lösungen von Details ergänzen. Hierzu kann man auch aus der Patentliteratur weitere Anregungen erhalten. Serienmäßig angeboten werden derartige Befüllrichtungen noch nicht. Es ist aber nach Auffassung der Autoren lohnenswert, einige aussichtsreiche Varianten im Rahmen der Forschung genauer zu untersuchen, um festzustellen, ob die erwarteten Vorteile und Arbeitserleichterungen tatsächlich eintreten. Bei positiven Ergebnissen kann dann eine industrielle Entwicklung auf solider Grundlage eingeleitet werden.

## Zusammenfassung

Ausgehend von einer kritischen Bewertung der gegenwärtig praktizierten Fremd- und Selbstbefüllung der Gülletankfahrzeuge, werden einige Anforderungen an eine neue, effektivere und weniger umweltbelastigende Befüllvariante abgeleitet.

Vier denkbare neue Befüllvarianten, die von teilweiser Handbetätigung bis zur weitgehenden Automatisierung reichen, werden zur Diskussion gestellt.

A 2657

# Zur Untersuchung des Spannungs-Deformations-Verhaltens von Ackerböden

Dipl.-Ing. H. Hoffmann/Dipl.-Ing.-Päd. H.-V. Huth, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

## Verwendete Formelzeichen

$\sigma_{11}$	$\frac{MN}{m^2}$	Normalspannung
$\epsilon_{11}$	%	Längsdehnung
$\epsilon_{22}$	%	Querdehnung
$E_T$	$\frac{MN}{m^2}$	Tangentendeformationsmodul
$\nu$		Querkontraktionszahl
$n$	%	Porenanteil
$w$	%	Wasserzahl
A, B		Konstanten

## 1. Einleitung

Die zunehmende Mechanisierung der Landwirtschaft erfordert in immer stärkerem Maß die Entwicklung und Konstruktion von Landmaschinen auf der Grundlage wissenschaftlicher Methoden. Die modernen numerischen

Verfahren, wie z. B. die Finite-Elemente-Methode, und die heutige Rechentechnik eröffnen neue Möglichkeiten bei der Untersuchung bodenmechanischer Probleme. In der Landtechnik ist die Erforschung des Einwirkens von Werkzeugen und Fahrwerken auf den Boden zur Optimierung der technischen Systeme von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Bei der mathematischen Behandlung dieses Problemkreises stellt die Kenntnis des Spannungs-Deformations-Verhaltens eine wesentliche Voraussetzung dar.

## 2. Möglichkeiten der Beschreibung des Spannungs-Deformations-Verhaltens

Die Beziehungen zwischen den Spannungen und Verformungen eines deformierbaren Materials werden experimentell mit kraft- oder weg-

gesteuerten Versuchen gewonnen. Damit liegen für bestimmte Belastungsarten und definierte Probenkörper die Zusammenhänge zwischen Spannungen und Deformationen im allgemeinen als Spannungs-Deformations-Diagramme vor. Bei der mathematischen Beschreibung der Versuchsergebnisse sind zwei Wege möglich. Bei dem einen werden die Versuchskurven durch mathematische Funktionen optimal angenähert. Bei dem anderen Weg wird das Spannungs-Verformungs-Verhalten mit Hilfe rheologischer Modelle interpretiert.

Böden weisen infolge ihrer Zusammensetzung und Struktur im allgemeinen ein nichtlineares Stoffverhalten auf. Bei der ersten Verfahrensweise werden die Versuchskurven entweder abschnittsweise linearisiert oder durch eine mathematische Funktion approximiert.