

Das Zentralinstitut für Automatisierung arbeitet etwa seit einem Jahr im Auftrag der Abt. Melioration des VEB Mährescherwerk Weimar am Projekt der Gefälleregelung der dort entwickelten Maulwurfdränmaschine. Im Rahmen dieses Auftrages wurden dabei zunächst die technischen Möglichkeiten für derartige Regelanlagen untersucht.

Technische Möglichkeiten für eine automatische Tiefenregelung

Zunächst sei eine Klassifizierung der Dränmaschinen vorgenommen, die in Fachkreisen wahrscheinlich nicht üblich, aber vom regeltechnischen Standpunkt aus recht nützlich erscheint.

Dabei soll unterschieden werden zwischen Maschinen, bei denen das die Grabensohle bearbeitende oder das Rohr verlegende Arbeitsorgan starr mit dem Arbeitszylinder der hydraulischen Anlage verbunden ist und solchen, deren Arbeitszylinder über Gelenkpunkt auf das Arbeitsorgan einwirkt. Vom Gesichtspunkt der Steuer- oder Regelanlagen aus sei unterschieden nach Verfahren, bei denen die Sollgröße, die in jedem Fall das gewünschte Gefälle darstellt, über eine Messung der Höhenabweichung eingehalten wird. Während die höhenmessenden Verfahren universell anwendbar sind, wird bei den winkelmessenden Verfahren die Untersuchung an starr und gelenkig verbundenen Maschinen getrennt durchzuführen sein.

Bei Beginn der Arbeiten zur Automatisierung der Gefällehaltung waren uns im wesentlichen folgende Verfahren bekannt:

Höhenmeßverfahren

1. Das Aufspannen eines Drahtes im gewünschten Gefälle mit mechanischer oder elektrischer Abtastung desselben.
2. Bei anfänglichen Versuchen mit Lichtstrahlverfahren wird das scharf gebündelte Licht eines Scheinwerfers, der am Beginn des Dränstrangs steht, mit Hilfe eines Lichtschutzkastens am Verlegungsorgan aufgefangen und von Hand mit Hilfe des Arbeitszylinders das Verlegungsorgan in die gewünschte, auf der Matscheibe zu erkennende Solllage gefahren (Bild 1).
3. Die Ausnutzung der Intensitätsverteilung über dem scharf gebündelten Lichtstreifen eines Scheinwerfers am Anfang des Dränstrangs stehend (Bild 2). Empfängerseitig erfolgt eine Abtastung des Streifens mit Hilfe von Fotozellen, die in Differenzschaltung betrieben werden und bei Verschiebung aus der Stellung A_1 A_2 ein Signal für den hierbei noch benötigten Steuermann geben.

Winkelmeßverfahren

Der überwiegende Anteil aller auf diesem Gebiet bekannten Verfahren arbeitet mit Ausnutzung der Schwerkraft oder des Effektes der Konstanz der Drehimpulsachse eines kardanisch aufgehängten Kreisels.

Bekannt als Meßwertgeber sind stark gedämpfte Pendel mit elektrischen Abgriffen auf potentiometrischer oder induktiver Basis. Diese Pendel arbeiten bei Steuerungen zumeist integrierend, d. h. dem gemessenen Winkel wird eine bestimmte Stellgeschwindigkeit am Hydraulikzylinder zugeordnet. Die Verfahren empfehlen sich besonders bei Grabenbaggern mit langsamer, konstanter Fahrgeschwindigkeit.

Bei Regelungen mit geschlossenen Regelkreisen hingegen wird die mit Pendel gemessene Abweichung vom Sollwinkel benutzt, um das Verlegungsorgan solange zu verschieben, bis am Pendel die Nullstellung wieder erreicht wird. Die Stellgeschwindigkeit muß hierbei nicht unbedingt der Fahrgeschwindigkeit proportional sein.

* Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentralinstitut für Automatisierung, Dresden

¹ Referat auf dem Internationalen Symposium der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften im Institut für Landtechnik, Potsdam-Bornim, im Okt. 1962

Bekannt sind ferner Schwimmkörper aller möglichen Formen, die in Verbindung mit stark viskosen Flüssigkeiten als Horizontgeber arbeiten.

Zur Verwendung von Regelanlagen an Dränmaschinen

Auf Grund der universellen Anwendbarkeit an Grabenfräsmaschinen, -baggern und Rohrdränmaschinen und der Sicherheit in der Gefällehaltung erschien uns ein höhenmessendes Verfahren besonders gut geeignet. Hierbei muß von einem Fixpunkt außerhalb der Maschine der Sollwert gegeben werden.

Wir dachten zunächst an ein Steuerungsverfahren mit halbautomatischer Wirkungsweise:

An einem Standort am Beginn eines Stranges sollte ein Steuermann an einem Visiergerät sitzen, das pneumatisch vertikal verstellbar ist. Dieser visiert einen Punkt am Arbeitsorgan der fahrenden Maschine an und führt sein Gerät diesem Punkt in vertikaler Richtung nach (Bild 3). Jede Verschiebung gegenüber der Normalstellung liefert auf Grund eines mit dem Gerät verbundenen elektrischen Abgriffs ein Signal, das über Signalleitung oder Funk auf die hydraulische Stelleneinheit der fahrenden Maschine übertragen wird. Der Höhenfehler dürfte nach unserer Fehlerabschätzung bis zu einer Entfernung von 150 m kleiner ± 50 mm bleiben. Eine Rüstzeit von etwa 5 min ist zu erwarten. Dieses Verfahren besitzt den Vorteil, daß der Steuermann auf seinem Sitz ruht und nicht den Erschütterungen der Maschine ausgesetzt ist. Ein Fernrohr mit geringer Vergrößerung erleichtert ihm das Visieren und erhöht die Genauigkeit seiner Peilung, besonders bei Entfernungen über 100 m.

Der nächste Schritt wäre das Ausschalten des Menschen aus dem Regelvorgang.

Ein Vergleich der Fehlerabschätzung bei den von uns in Erwägung gezogenen höhenmessenden Verfahren in Verbindung mit der voraussichtlich anzuwendenden Rüstzeit bewog uns, das anfangs erwähnte Lichtstrahlverfahren weiterzuentwickeln. Zu diesem Zweck wurden einige experimentelle Untersuchungen durchgeführt; jedoch durch die Notwendigkeit, mindestens einen Fixpunkt außerhalb der Dränmaschine zu schaffen,

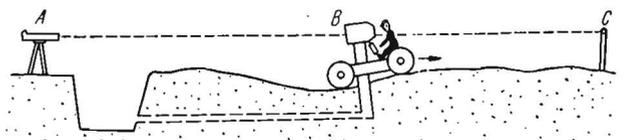


Bild 1. Steuerung in die gewünschte Sollage mit Hilfe des Lichtstrahlverfahrens. A Scheinwerfer, B Lichtschutzkasten, C Peilstab

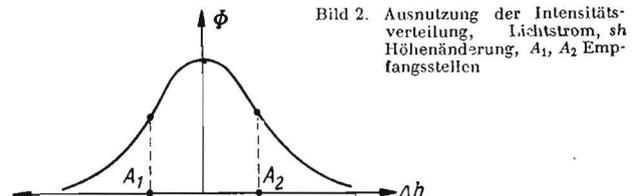


Bild 2. Ausnutzung der Intensitätsverteilung, Lichtstrom, Δh Höhenänderung, A_1 , A_2 Empfängerstellen

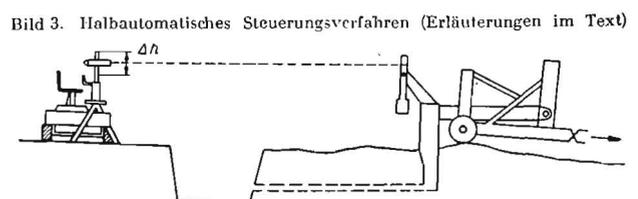


Bild 3. Halbautomatisches Steuerungsverfahren (Erläuterungen im Text)

werden die höhenmessenden Verfahren stets aufwendig und unbeweglich im Einsatz.

Die Genauigkeit des Gefälles dürfte größer sein als bei den winkelmessenden Verfahren. Trotzdem lohnt es sich, den Vorteilen der letzteren Verfahren nachzugehen und entsprechende Untersuchungen durchzuführen.

Da unserem Institut die spezielle Untersuchung für eine Gefälleregelung der Weimarer Maulwurfdränmaschinen aufgetragen war, brauchen hier alle Winkelmeßverfahren, die bei starrer Verbindung des Arbeitszylinders mit dem Arbeitsorgan anwendbar sind, nicht erörtert zu werden.

Besonderheiten der Regelanlage für die über Grindelgelenkpunkt gesteuerte Maulwurfdränmaschine

Die Kinematik dieser Maschine ist derart, daß sich am rohrverlegenden Grindel ein von der Bodenart abhängiger Schleppwinkel einstellt. Durch Inhomogenitäten im Erdreich wird sich dieser Schleppwinkel so ändern, daß das Schwert gegenüber dem Gelenkpunkt in seiner Höhenlage verschoben wird, im Gegensatz zur normalen Winkeländerung, die durch Bewegung des Grindelgelenkpunktes gegenüber dem zeitweise in seiner Höhe unverändert bleibenden Schwert eintritt.

Es empfiehlt sich deshalb, die Messung der Rohrlage im Boden vorzunehmen, um diese mit dem Sollgefälle zu vergleichen. Von einer Winkelmessung auf dem Grindel ist abzusehen.

So entstand die Vorstellung eines Schleppkörpers, der direkt im Erdreich mitgezogen wird und parallel zum Dränrohr in der gepreßten Erdfuge läuft. Durch Leitflächen am Ende dieses Schleppkörpers soll die Führung in der Erde gewährleistet sein.

Aus konstruktiven und technologischen Erwägungen kamen für die Bestückung dieses Schleppkörpers keine Kreisel oder Pendel in Frage. Somit entstand eine Konzeption, die folgende Bauweise des Meßorgans vorsieht:

In dem beschriebenen Schleppkörper, der am Schwert angelenkt wird, befinden sich zwei Signalgeber, die über Leitspindel in ihrer Schräglage gegenüber dem Gehäuse verändert werden können. Auf diese Weise lassen sich positive und negative Gefällewinkel von 0 bis 2% einstellen, die während der Fahrt vom Maschinisten von positiv auf negativ und umgekehrt geschaltet werden können (Bild 4). Diese Geber bestehen aus Rohren mit Endgefäßen, Quecksilberfüllung und Molybdänkontakten. Nach dem Prinzip der verbundenen Gefäße stellen sich die Menisken des Quecksilbers in den Endgefäßen in die Horizontale ein. Bei Abweichung erfolgt Kontaktgabe. Entsprechende konstruktive Ausbildung eines einfach herstellbaren Meßwertgebers ermöglicht die Beschleunigungseinflüsse weitgehend auszuschalten und die Fehlereinflüsse kleiner als $\pm 1\%$ zu halten. Die Gefäße und Bohre selbst sind strömungstechnisch so ausgelegt, daß ein bestimmtes Übergangszeitverhalten gewährleistet ist. Die Strömung wird durch ein Hochvakuum garantiert. Technologische Schwierigkeiten bei der Herstellung dieser Signalgeber gab es in Form von Nachgasungen im Quecksilber und durch die Forderung, dieses Gerät in jeder Lage transportsicher zu gestalten.

Aufbau und Wirkungsweise des gesamten Regelkreises

Ausgehend von der Horizontalfahrt und von abgeschlossenen Ausgleichsvorgängen wird der im Gefälle liegende Schleppkörper über die Anlenkung A in der ersten Phase horizontal gezogen (Bild 5). Die im Erdreich gleitenden Leitflächen B werden in der Schleppkurve (Traktrix) laufen, bis der Ansprechwinkel des Signalgebers erreicht wird. In der zweiten Phase bewirkt die Kontaktgabe im Geber eine aufwärts gerichtete Verstellung des Grindelgelenkpunktes G. Während jetzt der Geberanlenkpunkt A mit dem Schwert annähernd in einer Schleppkurve a läuft, bewegt sich der Geberendpunkt in der durch die Schleppkurve als Störfunktion erzeugten Kurve

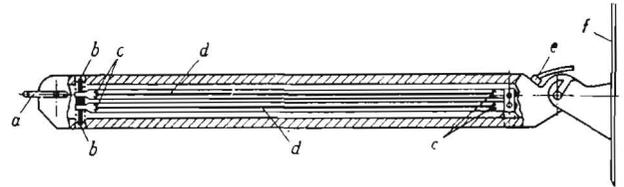


Bild 4. Schleppkörper mit Signalgeber. a Leitflächen, b Leitspindel, c Kontaktgefäße, d Kapillaren, e Kabelauführung, f Schwert bzw. Bandführung

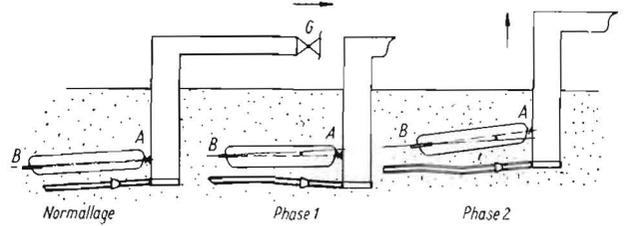


Bild 5. Wirkungsweise (Erläuterungen im Text)

B-B'-b und bleibt so mit genügender Annäherung in der Sollgeraden (Bild 6).

Je nach Größe der Verstellgeschwindigkeit am Gelenkpunkt G pendelt A entweder zum entgegengesetzten Ansprechwinkel oder kommt in der Sollage zur Ruhe, bis Phase I wieder einsetzt. Auf diese Weise wird das Gefälle gehalten, da der Geber selbst geneigt im Gehäuse sitzt. Die Unebenheiten im Gelände werden nach dem gleichen Vorgang ausgeregelt. Voraussetzung ist, daß der Schleppkörper selbst einen zu vernachlässigenden kleinen natürlichen Schleppwinkel besitzt.

Die Zusammenhänge lassen sich durch ein Blockschaltbild näherungsweise wiedergeben (Bild 7). Ohne Totzeit betrachtet, liegt also eine Regelstrecke mit Zeitverhalten 1. Ordnung (Schleppkurve annähernd als e-Funktion eingesetzt) in Kombination mit einem Integralregler vor.

Dieses System ist stabil, wird aber durch die hier nicht berücksichtigte Nichtlinearität der Relais entdämpft, so daß Stabilität nur bis zu einer bestimmten Grenzstellgeschwindigkeit am Arbeitszylinder vorhanden ist. Kompromisse zwischen maximaler Fahrtgeschwindigkeit der Maschine und Stabilität des Kreises bedingender Stellgeschwindigkeit am Gelenkpunkt müssen geschlossen werden.

Die Anlage, wie sie von uns vorgesehen ist, arbeitet als Dreipunktregler.

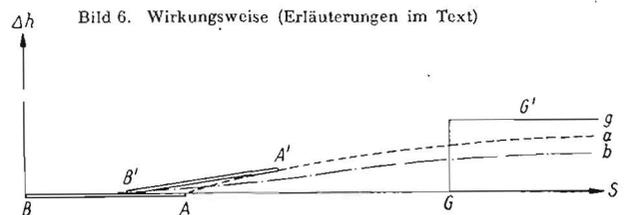
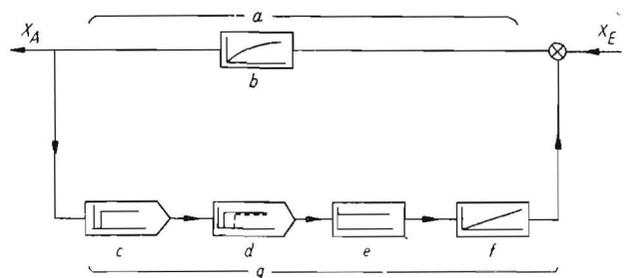


Bild 7. Blockschaltbild. a Regelstrecke, b Grindel, c Signalgeber, d Relais, e Steuereinheit, f Stelleinheit, g Regler



Bauelemente des Reglers

Der Signalgeber wurde bereits kurz beschrieben. Im Relaisenteil befinden sich im wesentlichen Verzögerungsschaltungen. Diese bewirken einmal eine sichere Kontaktgabe an der Oberfläche des Quecksilbers, die sich auf Grund der Erschütterungen stets in Schwingungen befindet. Zum anderen wird mit einer weiteren Verzögerungsstufe erreicht, daß die maximale Stellgeschwindigkeit am Grindelzylinder erst nach einer einzuzeichnenden Totzeit eingeschaltet wird. Der normale Regelvorgang läuft dann mit geringer Stellgeschwindigkeit und wird dadurch ruhiger. Erst bei längerer Abweichung aus der Solllage, also wenn der Regler steileren Geländeanstieg nicht bewältigt, wird höhere Stellgeschwindigkeit angefordert. Als Steuereinheit wird zur Zeit ein Magnetsteuerventil MKS III benutzt. Proportional der Änderung der Magnetflüsse in den vorgesehenen Spulen erfolgt eine Verschiebung des Steuerkolbens im Ventil. Das Gerät befindet sich zur Zeit noch in der Entwicklung im VEB Industriewerke Karl-Marx-Stadt und wird von uns als Erprobungsmuster benutzt.

Als Stelleinheit dient der Arbeitszylinder am Grindelgelenkpunkt. Die Unsymmetrie der Geschwindigkeiten für die Auf- und Abwärtsbewegung kann durch eine unsymmetrische Justierung des MKS III kompensiert werden.

Mit einigen Abänderungen im Meßaufbau dürfte das Regelverfahren auch für andere Dränmaschinen anwendbar sein. Die Regelanlage befindet sich zur Zeit in der Funktionsprüfung, so daß noch keine praktischen Erfahrungen vorliegen.

Als Anfänger auf dem Gebiet der Automatisierung von Meliorationsmaschinen sind wir daran interessiert, aus den Erfahrungen der Praktiker zu lernen und in gemeinsamer Aussprache zu möglichst rationalen Arbeitsformen auf diesem Gebiet zu gelangen.

Zusammenfassung

Die Güte einer Dränage ist im wesentlichen von der genauen Verlegung des Dränrohrs im Sollgefälle abhängig, da das Fließen des Wassers bei Abweichungen, die größer als 0,1 % sind, nicht mehr gewährleistet ist. Bei einer automatischen Gefällehaltung während des Verlegens des Rohrs muß also ein erheblicher technischer Aufwand getrieben werden, um diese sehr hohe Forderung zu erfüllen und das Gefälle unabhängig von der Form der Erdoberfläche und ohne Zutun des Menschen einzuhalten. Die Schwierigkeit besteht darin, während der Fahrt eine Winkelmessung mit großer Genauigkeit durchzuführen. Dieses wurde mit einer Quecksilberschaltröhre von etwa 1 m Länge erreicht. Diese Schaltröhre wird in der beschriebenen Anordnung in der Erde hinter der Dränmaschine geschleppt. Sie öffnet und schließt Stromkreise, sobald das Sollgefälle verlassen wird. Mit diesen Signalen wird das Dränrohrverlegungsorgan über die Hydraulik solange betätigt, bis das Dränrohr die Sollage wieder erreicht hat.

In derartigen geschlossenen Regelkreisen, wie der vorliegende einer ist, treten oftmals bei trägen Meßeinrichtungen oder langsamen Übergangsvorgängen unerwünschte Dauerschwingungen auf. Diese mußten durch geeignete Auslegung der Bauelemente des Reglers vermieden werden, denn der Regelvorgang muß „stabil“ sein.

Die Anlage soll die Leistungsfähigkeit der Dränmaschinen erhöhen und einen volkswirtschaftlichen Nutzen durch Einsparung von Arbeitskräften, die zu einer handbetätigten Gefällesteuerung durch den Menschen nötig sind, gewährleisten. Das Verfahren eignet sich für alle Gebiete der Technik, in denen Horizontierungen mit großer Genauigkeit automatisch auszuführen sind.²

A 5125

² Über die Methoden und Möglichkeiten der Regelungstechnik und sich ergebende Automatisierungsprobleme in der Landwirtschaft erscheint in einem unserer nächsten Hefte. (Die Red.)

Dipl.-Ing. F. FEICHTINGER*

Über den derzeitigen Stand der Dräntechnik in Österreich¹

Die Vielfalt der in Österreich anzutreffenden topographischen Verhältnisse bedingt naturgemäß eine gewisse Mannigfaltigkeit der Dräntechnik. Dies gilt sowohl für die angewendete Dränform als auch für die Maschinenteknik. Die Dräntechnik hängt stark von der Wahl der Dränform ab, die nach den bodenkundlichen, geologischen und hydrologischen Gegebenheiten zu treffen ist, sie wird aber auch von der Einsatzmöglichkeit vorhandener Dränmaschinen beeinflusst.

Die Maulwurfdränung

Da die Maulwurfdränung in Österreich in den letzten Jahren einen beachtlichen Umfang angenommen hat und als eigene Dränform einen festen Platz im Meliorationswesen Österreichs erhielt, soll darüber ausführlicher berichtet werden.

Die Gesamtfläche, die in Österreich bis 1962 durch Maulwurfdränung melioriert wurde, umfaßt mehr als 2000 ha. Seit der Einführung der Maulwurfdränung im Jahre 1954 wurde nur ein Mißerfolg der Maulwurfdränung offenbar und zwar auf einer Teilfläche von rd. 1 ha Größe.

Über die Ausführung unserer Maulwurfdränungen wäre zu sagen, daß dabei ein Gedanke zugrundeliegt, der der Eigen-

art dieser Dränform in besonderem Maße Rechnung trägt. Die Erstaussführung von Maulwurfdränungen liegt nämlich in den Händen von Fachkräften der Bauämter, die Erhaltung dieser Anlagen, das spätere Nachziehen der Erdräne also, soll vom bewirtschaftenden Landwirt selbst übernommen werden. Daß die Bauämter zur Erstherstellung über die notwendigen Spezialmaschinen verfügen, wie etwa einen Drängrabenbagger zum Herstellen der Sammler, einen Raupenschlepper mit Planierschild zum Füllen der Dräne und zum Ziehen des Maulwurfdränpfluges sowie einen Maulwurfdränpflug schwerer Ausführung, ist wohl selbstverständlich. Zum Nachziehen der Maulwurfdräne nach Jahren werden von den Wassergenossenschaften bzw. einzelnen Besitzern Maulwurfdränpflüge leichter Ausführung angeschafft.

Allen unseren Maulwurfdränpflügen fehlt eine Vorrichtung zur Tiefenregelung während der Fahrt. Wir begnügen uns bewußt mit der Tatsache, daß das Sohlengefälle der Erdräne in der Regel der Oberflächenneigung identisch ist. Kleivere Unebenheiten auf engem Raum, Furchen und kleine Gräben etwa, werden bei der Arbeit mit dem Dränpflug weitgehend ausgeglichen. Die Herstellung eines künstlichen Gefälles der Maulwurfdräne halten wir im Hinblick auf unsere Forderung — Sammler in die Tiefenlinie — für nicht erforderlich.

* Bundesversuchsinstitut für Kulturtechnik und Technische Bodenkunde, Felzenkirchen, Österreich

¹ Aus einem Referat auf der KDT-Tagung „Meliorationstechnik“ vom 29. bis 31. Okt. 1963 in Rostock