

3. Einsatzmöglichkeiten von Prozeßrechnern in der Feld- und Grünlandwirtschaft

3.1. Prozeßparameter

3.1.1. Wachstumsfaktoren

Prozeßparameter in einem Boden-Pflanze-System sind Wachstumsfaktoren, d. h. Größen, die das Wachstum einer Pflanze von der Keimung bis zur Reife in Hinsicht auf Qualität und Quantität des Ertrages beeinflussen. Es wird zwischen inneren und äußeren Wachstumsfaktoren unterschieden /12/. Innere Wachstumsfaktoren sind durch Art und Sorte der Pflanze, d. h. durch Züchtungsergebnisse bestimmt. Äußere Wachstumsfaktoren werden in klimatische und bodenkundliche unterteilt. Klimatische Wachstumsfaktoren, wie z. B. Licht und Wärme, sind nicht beeinflussbare Prozeßparameter, deren Änderungen nur kurzfristig und oft nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden können. Sie sind jedoch meßbar. Es existieren dafür automatische Meßeinrichtungen (Geber) und Anlagen zur Übertragung der Meßwerte in eine Zentrale.

Zu den bodenkundlichen Wachstumsfaktoren gehören u. a. Wasser, Nährstoffe und Wirkstoffe. Weitere Wachstumsfaktoren sind z. B. die Systemgrößen Bewuchsdichte und Schädlingsbefall. Diese Prozeßparameter sind vom Menschen beeinflussbar, z. B. durch Düngung, Bewässerung und Feldbearbeitungsverfahren. Eine automatische Messung der bodenkundlichen Wachstumsfaktoren ist z. Z. außer beim Faktor Wasser problematisch. Es können jedoch in festen Zeitabständen repräsentative Bodenproben entnommen und im Labor analysiert werden. Systemstörungen, wie zu große Bewuchsdichte und Schädlingsbefall, werden optisch erkannt.

3.1.2. Wachstumsfaktor Wasser

Eine exponierte Stellung unter den Prozeßparametern in der Feldwirtschaft nimmt der Wachstumsfaktor Wasser ein. Automatische Meßmöglichkeiten für den Wassergehalt des Bodens (Bodenfeuchte) gibt es mehrere, wobei die Güte des Meßergebnisses von dem mit der Meßeinrichtung betriebenen technischen und damit ökonomischen Aufwand abhängig ist. Einfache Prinzipien sind Leitfähigkeits- und Dielektrizitätsmessungen des Bodens. Das Meßergebnis wird jedoch durch unbekannte Veränderungen der chemischen Bodenzusammensetzung verfälscht.

Bessere Verfahren sind:

- Messung der Volumenmasse,
- Messung der Saugspannung des Bodens mit Tensiometern,
- Neutronenbremsungsverfahren /13/ /14/.

Auf Niedermoorstandorten mit fast ausschließlich Grünlandwirtschaft wird der Wachstumsfaktor Wasser durch die herrschenden Grundwasserstände repräsentiert /15/. Die automatische Messung von Grundwasserpegeln und Übertragung der Meßwerte ist technisch realisierbar.

Eine Beeinflussung des Faktors Wasser ist u. a. über

- stationäre, halbstationäre und mobile Beregnungsanlagen sowie
- kombinierte Grabenbe- und -entwässerungssysteme möglich. Durch Fernwirkssysteme können Schieber, Schützen, Ventile und Pumpen dieser Anlagen gesteuert werden.

3.2. Aufgabenabgrenzung und Voraussetzungen

Für einen Prozeßrechnereinsatz in der Feld- und Grünlandwirtschaft ergibt sich folgende Möglichkeit: Steuerung oder Regelung des Wachstumsfaktors Wasser.

Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein einer Zielfunktion, d. h. von Beziehungen, aus denen man für eine bestimmte Anbaukultur in Abhängigkeit von der Vegetationsperiode, den z. Z. herrschenden Wachstumsfaktoren und deren zeitlicher Veränderung eine für die genannten Größen optimale Bodenfeuchte bzw. einen optimalen Grundwasserpegel ermitteln kann. Zielgröße ist der Ertrag.

Prinzipiell kann man die Verfahren zur Beeinflussung des Wachstumsfaktors Wasser in zwei Gruppen aufteilen:

- Ausgangsgrößen sind klimatische Werte. Die Steuerung des Faktors Wasser wird — wie Bild 5 zeigt — in Abhängigkeit davon direkt bzw. nach rechnerischer Auswertung vorgenommen /16/.

Die Zielfunktion müßte in der allgemeinen Form

$$X_{op} = K(t) [\varphi(F_1), \dots, \varphi(F_n), \varphi(f_1), \dots, \varphi(f_n)] \quad (1)$$

mit

$$f_1 = \frac{dF_1}{dt} \dots f_n = \frac{dF_n}{dt}$$

und der Randbedingung

$$\frac{d(\text{Ertrag})}{dt} = \text{Optimum} \quad (2)$$

bekannt sein.

- Ausgangsgröße ist das im Boden vorhandene Wasser. Die Regelung des Faktors Wasser erfolgt mit Hilfe von Meßfühlern und Stelleinrichtungen (Bild 6).

In diesem Fall müßte als Zielfunktion eine Sollkurve der optimalen Bodenfeuchte oder des Grundwasserpegels in Abhängigkeit von der Vegetationszeit in tabellarischer Form bzw. als Gleichung

$$X_{op} = K_0 + K_1 t + K_2 t^2 + \dots \quad (3)$$

mit der Randbedingung Gl. (2) bekannt sein.

Für beide Möglichkeiten existieren Ansätze zur Ermittlung solcher Beziehungen wie Gl. (1) und (3), jedoch sind im größeren Umfang keine sicheren und gebrauchsfertigen Lösungen bekannt.

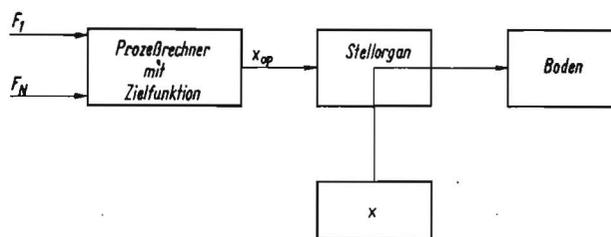
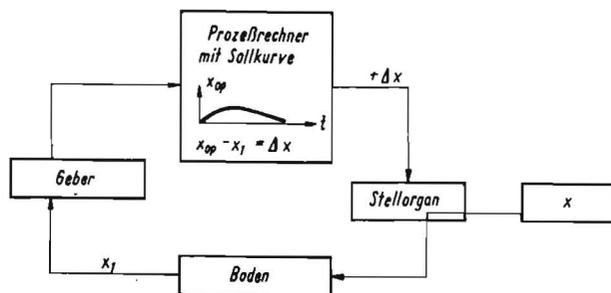


Bild 5. Steuerung des Wachstumsfaktors Wasser X mit Hilfe eines Prozeßrechners in Abhängigkeit von den klimatischen Wachstumsfaktoren $F_1 \dots F_N$

Bild 6. Regelung des Wachstumsfaktors Wasser mit Hilfe eines Prozeßrechners in Abhängigkeit vom Wassergehalt des Bodens



¹ Teil I s. H. 4/1971, S. 174

Auf Niedermoorstandorten wurden von WAYDBRINK Untersuchungen angestellt, die als Ergebnis sowohl analytische als auch tabellarische Beziehungen zwischen Wachstumsfaktoren und Heuertrag ausweisen /15/. Dabei zeigte sich, daß der Bodenwasserhaushalt, d. h. die Einhaltung vorgegebener Grundwasserpegel, den Ertrag bestimmen. Der Grundwasserpegel kann über Gräben und Dränagen (Maulwurfausschnittsdränung) beeinflußt werden.

Als weitere Möglichkeit der gesteuerten Pflanzenproduktion wurden bereits große stationäre Beregnungsanlagen genannt. Für beide Technologien, die Beeinflussung des Wachstumsfaktors Wasser über

- Gräben sowie über
 - stationäre Beregnungsanlagen,
- erscheint eine weitere Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten von Prozeßrechnern aussichtsreich.

3.3. Internationale Entwicklungstendenzen in der Automatisierung der Bewässerung

Literaturrecherchen ergaben, daß in vielen Ländern der Automatisierung von Bewässerungsanlagen große Bedeutung beigemessen wird.

Einen großen und guten Überblick gibt SEVRUK in seinem Fortschrittsbericht /14/. BOSCO beschreibt den Stand der augenblicklichen Technik für die Messung von Wasserständen, Druck und Mengenverteilung /17/.

In den meisten Fällen wird die Bewässerung durch Beregnung vorrangig behandelt. Es werden dabei Möglichkeiten der Automatisierung von ganzen Anlagen, technischen Teilsystemen bzw. Teilprozessen mit konventionellen Mitteln behandelt /18/ /19/ /20/ /21/. Eine Beschreibung bestehender automatisierter Beregnungsanlagen ist u. a. in /22/ /23/ zu finden.

Ein kombiniertes automatisches System der Be- und Entwässerung über Gräben wird kaum erwähnt. Wenn hier von Automatisierung gesprochen wird, so handelt es sich vorwiegend um einzelne Stellglieder oder um ferngesteuerte Bewässerungsanlagen (nicht mit Entwässerung kombiniert). In /24/ und /25/ wird ein Überblick über verschiedene Bewässerungsverfahren, die für eine Automatisierung geeignet sind, gegeben. Es werden direkt- oder ferngesteuerte Zeitmechanismen empfohlen, weiterhin der Einsatz von Bodenfeuchtegebern und mechanischen und elektromechanischen Wehrantrieben. TAYLOR beschreibt in /26/ ein bereits existierendes Bewässerungssystem. Charakteristisch für diese Anlage ist, daß die Böschung des Bewässerungsgrabens höher als die zu bewässernde Fläche liegt. Mechanische Zeitgeber steuern die Schützen im Bewässerungsgraben. Bei einer bestimmten Stauhöhe fließt das Wasser an vorgesehenen Stellen über Bord des Bewässerungsgrabens auf die Nutzfläche.

In /27/ ist nach Beschreibung der technischen Möglichkeiten ein Regelsystem zur Automatisierung des Hauptwassernetzes einer Bewässerungsanlage angegeben. Es handelt sich um eine Niveauregelung. Die Anlage gestattet eine Mehrpositionssteuerung der Schützen und besitzt Warneinrichtungen für anomale Wasserstände und Spannungsausfall. Die Regler sind dezentral, entsprechend der Manövrieranordnung (welche Wege das Wasser nehmen soll) angebracht, um Kabelwege einzusparen.

Nach einer Information in /28/ werden in der UdSSR erstmalig digitale Rechenautomaten zur Steuerung ganzer Bewässerungssysteme für Reisfelder eingesetzt. Die Steuerung übernimmt ein Prozeßrechner vom Typ „Dnepr“.

Diese letzte Information ist die einzige, aus der hervorgeht, daß ein Prozeßrechner verwendet wird.

3.4. Einsatz von Prozeßrechnern zur Steuerung stationärer Beregnungsanlagen

3.4.1. Zielstellung

Die Eigenschaften, die eine automatisierte Beregnungsanlage besitzen sollte, kann man kurz mit dem Begriff „Sinn für

den Bewässerungsbedarf“ zusammenfassen /14/. Darunter versteht man

- Bestimmung des Einsatzzeitpunktes der Bewässerung
- Bestimmung des Ortes der Bewässerung
- Ermittlung der Beregnungsdauer in Abhängigkeit vom Vegetationsstadium der jeweiligen Anbaukultur. Weiterhin sollte eine
- Wasserkoordinierung sowie
- Überwachung der Pumpen und Zuleitungen auf Havarie möglich sein.

Vorteile einer Beregnungsanlage mit den erwähnten Eigenschaften wären

- komplette Kontrolle des Wasserverbrauchs und eine Wassereinsparung bis zu 50 Prozent,
- der Boden wird nicht überwässert, sein optimaler Zustand ist gesichert, d. h. Verbesserung der Bodenstruktur,
- Einsparung von Betriebskosten,
- Ertragssteigerung /14/.

Das bedeutet eine optimale Nutzung der Beregnungsanlage.

3.4.2. Vorschlag einer Einsatzkonzeption

Unter der Voraussetzung einer Zielfunktion wie Gl. (1) ist nach den in Abschnitt 3.2. gemachten Ausführungen eine Steuerung der Beregnung möglich. Beide in den Bildern 5 und 6 angegebenen Verfahren lassen sich jedoch zu einer Regelung kombinieren: Der Prozeßrechner mißt zyklisch in einem hinreichend kleinen Zeitintervall alle nicht beeinflussbaren Wachstumsfaktoren F_1 bis F_n , die Bodenfeuchte X_1 und errechnet sich mit der Zielfunktion eine für die z. Z. herrschenden Bedingungen optimale Bodenfeuchte X_{op} . Danach wird durch Differenzbildung die Regelabweichung

$$\Delta X = X_{op} - X_1$$

bestimmt. Ist die Regelabweichung ΔX positiv, so ist der Boden bewässerungsbedürftig, ist sie negativ, ist der Boden überwässert, d. h., es wird nicht beregnet.

Aufgrund der Forderung, daß jede Anbaueinheit, z. B. ein Schlag, gleichmäßig bewässert werden soll, ist jedem Standort in Abhängigkeit von seiner Feldkapazität eine bestimmte Gabenhöhe zugeordnet.

Wie Bild 7 zeigt, ist die Gabenhöhe ein Maß für die Regelgüte, denn es wird erst dann beregnet, wenn

$$\Delta X \geq \frac{GH}{2}$$

ist. Ein Regelschema zu der beschriebenen Einsatzkonzeption zeigt Bild 8.

3.5. Einsatz eines Prozeßrechners zur Regelung des Bodenwasserhaushaltes über Gräben

Der Prozeßrechner muß mit Hilfe bekannter Meß- und Stellvorrichtungen den Vorgang der Be- und Entwässerung durch Grabensysteme so gestalten, daß sich an jedem Ort der landwirtschaftlichen Nutzfläche der optimale Grundwasserstand bzw. eine optimale Bodenfeuchte einstellt. Voraussetzung dafür ist die Existenz einer Zielfunktion oder tabellarisch angegebener optimaler Grundwasserpegel bzw. Bodenfeuchten.

Unter der Berücksichtigung der möglichen Meß- und Stellvorrichtungen in einem Be- und Entwässerungssystem mit Gräben und der Beziehung der Einrichtung zu einem Prozeßrechner gilt:

- Die Beeinflussung des Faktors Wasser im Boden kann nur über Gräben mit Stelleinrichtungen (Schützen) und Dränagen vorgenommen werden.
- Die Kontrolle der Beeinflussung kann sowohl über Messungen des Wassers im Boden (Grundwasserpegel, Bodenfeuchte) als auch über Messungen des Wasserstands in den Gräben geschehen.

Diese Beziehungen zeigt Bild 9.

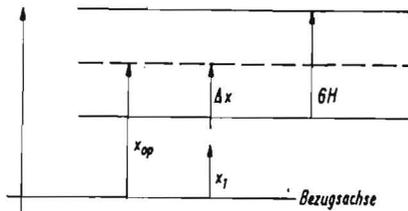


Bild 7
Die Gabehöhe GH
ist ein Maß für
die Regelgüte

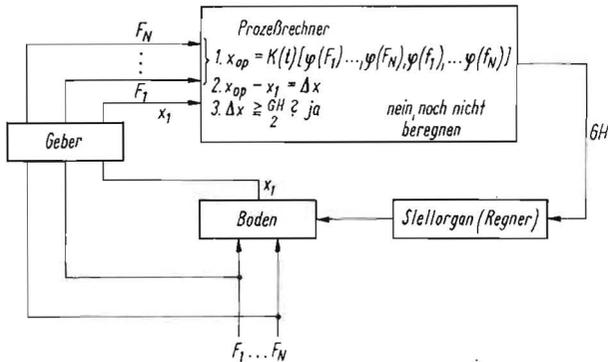


Bild 8. Vorgeschlagene Einsatzkonzeption des Prozeßrechners für die Steuerung der Beregnung

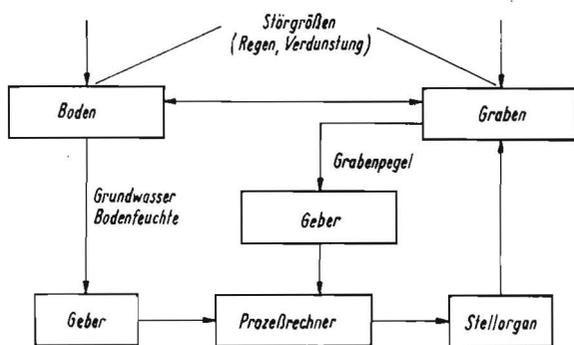


Bild 9. Regelschema für ein Be- und Entwässerungssystem mit Gräben

Es ist notwendig, das betreffende Gebiet nach charakteristischen Merkmalen in Bewässerungsabschnitte und diese, wenn erforderlich, in Teilabschnitte zu untergliedern.

Für jeden dieser Abschnitte muß die Möglichkeit bestehen, ohne exakte Kenntnisse von

— Zeitdauer, bis sich nach Betätigen der Stellorgane das Graben- oder Teilsystem gefüllt bzw. entleert hat

— Zeitdauer der Ausgleichsvorgänge zwischen Graben- und Bodenwasser,

aber unter den Voraussetzungen

— ausreichendes Wasserangebot

— hinreichende Abflußmöglichkeiten

beliebig vorgegebene Sollwerte des Grundwasserpegels oder der Bodenfeuchte unabhängig von den Witterungsverhältnissen bzw. -einflüssen (Regen, Verdunstung usw.) automatisch aufrecht zu erhalten.

3.6. Nutzung des Prozeßrechners im Winter

Aus der ökonomischen Betrachtung des Einsatzes von Prozeßrechnern zur Regelung des Bodenwasserhaushaltes in der Feldwirtschaft ergibt sich die Tatsache, daß das hochwertige Automatisierungsmittel nur in der Vegetationszeit für seine eigentliche Aufgabe genutzt wird.

Im Abschnitt 2.3. wurde bereits gesagt, daß sich die Zielfunktionen günstig mit einem Prozeßrechner selbst ermitteln lassen. Es besteht z. B. die Möglichkeit, durch besondere Programmierung dem Prozeßrechner Lerneigenschaften zu verleihen, die im Zusammenwirken mit einem Phytotron sowie Meß- und Stellgliedern genügen, repräsentativen Boden-Pflanze-Systemen praktikable, z. T. optimale Steueralgorithmen „abzulauschen“ /29/ /30/.

Die Voraussetzungen dafür sind technischer (Geber für pflanzenphysiologische Größen, Stelleinrichtungen) und wissenschaftlicher (z. B. entsprechende Lern- und Suchstrategien) Natur. Sie sind z. T. schon vorhanden /31/, oder es wird an deren Lösung gearbeitet /2/.

Für die automatische Ermittlung von Zielfunktionen bzw. den Einsatz im Labor bietet sich die Nutzung des Prozeßrechners außerhalb der Vegetationszeit an. Da diese Arbeiten an Instituten durchgeführt werden, deren geographische Lage nicht immer mit dem Standort eines rechnergesteuerten Bewässerungssystems identisch ist, sollte die Möglichkeit untersucht werden, den Prozeßrechner mobil zu installieren.

Literatur

- /12/ MITSCHERLICH, E.: Die Ertragsgesetze, Berlin: Akademik-Verlag 1948
- /13/ GÜTTE, K.: Feuchtemeßtechnik, RA 48. Berlin: VEB Verlag Technik 1966
- /14/ SEVRUK: Automatische Bewässerung. Fortschrittsbericht, Arbeitsübersetzung aus dem Slowakischen
- /15/ WAYDBRINK, W. V. D.: Über Beziehungen zwischen Witterungsablauf und Heuertrag auf verschiedenen Niedermoorstandorten. Sonderdruck, Zeitschrift für Landeskultur, Band 7 (1966) H. 3
- /16/ KLATT, F.: Die Steuerung der Beregnung nach dem Beregnungsdiagramm. Zeitschrift für Landeskultur, Bd. 8, (1967) H. 2
- /17/ BOSCO, B.: Misure e telemisure negli impianti d irrigazione. Irrigazione 13 (1966) H. 4, S. 62 bis 66
- /18/ VINKUR, E. J.: Automatisierte Beregnung. Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität, Berlin, Math.-Naturwissenschaftl. Reihe 18 (1969) H. 4, S. 615 bis 619
- /19/ CAVAZZA, D.: Automatische Beregnung. L'Italia agricola 102 (1965) H. 3, S. 1 bis 19
- /20/ CAVAZZA, D.: Probleme und Aussichten der Automatisierung von Beregnungsanlagen. Irrigazione 12 (1965) H. 4, S. 11 bis 21
- /21/ SCHONOPP, G.: Beregnungsanlagen — Betriebsmittel auf dem Weg zur Automation. Mitteil. der Deutschen Landwirtschafts-Ges. 81 (1967) H. 27, S. 1088 bis 1090
- /22/ SORDOILLIERT, R.: Automatischer Betrieb einer kleinen Beregnungsanlage ohne Zwischenbehälter. Le Genie Rural, 44 (1962) H. 3, S. 143 bis 145
- /23/ HORVATH, L.: Automatisierte Beregnungsanlagen in Ungarn. Deutsche Agrartechnik 16 (1966) H. 11, S. 500 und 501
- /24/ HUMPHERYS: Control structures for automatic surface irrigation systems. Trans ASAE 10 (1967) H. 1
- /25/ HUMPHERYS: Automating surface irrigation. Agric. Engineering 48 (1967) H. 6
- /26/ TAYLOR: Notable advance in automatic irrigation. New Zealand J. Agric. (1965) S. 67 bis 71
- /27/ —: Verallgemeinerung eines Versuches der Automatisierung von Meliorationssystemen — Automatisierung des Hauptwassernetzes. Ministerium für Landwirtschaft der UdSSR, Moskau 1960 (Institut Gidrowodchost)
- /28/ Referat in „Feldwirtschaft“ 10 (1969) H. 7
- /29/ WOLF, F. / A. SCHMIDT: Modelle lernender Automaten. Friedrich Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1966, Beiheft 8, elektron. datenverarbeitg.
- /30/ STEINBUCH: Automat und Mensch. 2. Auflage, Springer Verlag 1963
- /31/ KARMANOW, V. G. / V. N. SAVIN: Nekotorye problemy Kibernetiki w rasteniewodstwe (Einige Probleme der Kybernetik im Pflanzenbau). Sammlung von Arbeiten über Agrarphysik, Leningrad (1965) H. 12, S. 53 bis 65

Fortsetzung folgt

A 8281/II