

---

Boegemann, B.: Simulationsmodelle für die Ablaufplanung in Unterglasbetrieben – Problematik und Stand der Entwicklung. In: Besch, M., Kuhlmann, F., Lorenzl, G. Unter Mitwirkung von Hanf, C.-H., Riebe, K.: Vermarktung und Beratung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 20, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1983), S. 641-650.

---



Simulationsmodelle für die Ablaufplanung in Unterglasbetrieben

- Problematik und Stand der Entwicklung -

von

B. B o e g e m a n n , Hannover

- 
- 1 Einführung
  - 2 Ansprüche aus produktions- und entscheidungstheoretischer Sicht
  - 3 Modellbau und Systemtheorie
  - 4 Grundstruktur des Simulationsmodells
  - 5 Stand der Entwicklung
- 

1 Einführung

Steigende Heizenergie- und Arbeitskosten im Unterglasanbau haben dazu geführt, daß die Beratung bei ihren Anbauempfehlungen neben den pflanzenbaulich-kulturtechnischen Aspekten verstärkt die ökonomische Seite der Produktion einbezieht. Hinsichtlich der Produktionsprogrammplanung sind die damit zusammenhängenden methodischen Probleme theoretisch weitgehend gelöst, während für die Ablaufplanung geeignete Modelle noch fehlen.

Während in der Produktionsprogrammplanung von festen Produktionsverfahren ausgegangen wird, stellen diese in der Ablaufplanung das eigentliche Problem dar. Zur Ablaufplanung sollen hier also zwei Entscheidungsbereiche gezählt werden, die sich durch ihren zeitlichen Bezug charakterisieren lassen: Zum einen vor Beginn der Produktion, wenn das Produktionsverfahren, also die Kombination von Kulturmaßnahmen und Arbeitsverfahren, geplant wird (Produktionsplanung im engeren Sinne); zum anderen nach Produktionsbeginn, wenn während des Produktionsprozesses Anpassungen an veränderte Umweltbedingungen erforderlich werden (Produktionssteuerung).

Simulationsmodelle sind gut geeignet, Entscheidungen im Rahmen der Ablaufplanung zu unterstützen, dies zeigen die in Bonn und Gießen entwickelten Modelle. Grundsätzliche Überlegungen zu diesem Problemkreis stammen von BERG (1979). An dieser Stelle soll bei der Diskussion über den Modellbau auf die speziellen Belange der gartenbaulichen Unterglasproduktion eingegangen werden.

## 2 Ansprüche aus produktions- und entscheidungstheoretischer Sicht

1. Die Unterglasproduktion hat ein größeres Repertoire an Kulturmaßnahmen als die (landwirtschaftliche) Freilandproduktion. Dieses rührt einerseits von der höheren Arbeitsintensität her (pikieren, rücken, schneiden, selektiv ernten usw.), ist andererseits aber auch durch eine gewisse Kontrolle bedingt, die das Gewächshaus über einige Wachstumsfaktoren ermöglicht (heizen, verdunkeln, belichten usw.). Mit diesem Bündel von Maßnahmen ist es möglich, auch nach Beginn des Produktionsprozesses kultursteuernd einzugreifen. Diese Aktions- bzw. Reaktionsmöglichkeiten sind daher im Modell zu berücksichtigen, wenn auch nicht in allen, so doch in den wichtigsten Details.
2. Die Kontrolle über die Wachstumsfaktoren hat auch ihre Grenzen.

Das Gewächshaus ist keine Klimakammer, so daß Schwankungen des Außenklimas nicht in allen Fällen aufgefangen werden können. So sorgt z.B. die Sollwerteneinstellung des Thermostaten nicht für eine konstante Temperatur, sondern nur dafür, daß sie nicht unter einen Minimumwert sinkt. Neben den Produktionsbedingungen sind aber auch die Produktpreise selbst unsicher, da sie infolge der polypolistischen Angebotsstruktur und der Saisonalität Schwankungen unterliegen.

Hinsichtlich der Produktionssteuerung ist also zu beachten, daß die ursprünglichen, zunächst unsicheren Standard- (Plan-) Umweltdaten im Laufe des Produktionsprozesses durch die tatsächlich eingetretenen ersetzt werden. Möglicherweise aufgetretene Ziellücken rufen Reaktionen hervor, die aus dem oben beschriebenen Maßnahmenrepertoire stammen, ein Vorgang, der sich aus entscheidungstheoretischer Sicht als mehrstufiger Entscheidungsprozeß beschreiben läßt.

3. Einen weiteren Problemkreis stellen die produktionstheoretischen Input-Output-Beziehungen dar. Die Annahme konstanter Produktionskoeffizienten ist auf jeden Fall unzureichend. Der biologische Aspekt der Produktion erfordert Wachstumsmodelle, in denen die Wirkung der Wachstumsfaktoren auf den ökonomisch relevanten Teil der Pflanze erhalten sein muß. Da die pflanzenbauliche Forschung hier noch am Anfang steht, wird man sich zunächst mit statistisch-beschreibenden Zusammenhängen begnügen müssen. Auf der technischen Seite ist zu berücksichtigen, daß einerseits die Witterungsbedingungen nur mittelbar, nämlich durch das Gewächshaus, zu Wachstumsfaktoren werden (Berechnung des Innenklimas), und andererseits von der Produktion geforderte Energie ein Ergebnis des durch die Gewächshaus- und Heizungseigenschaften transformierten Primärenergieeinsatzes darstellt. Technische Funktionen einschließlich Verbrauchsfunktionen müssen daher wichtiger Bestandteil des Modells sein. Schließlich ist auch von arbeitswirtschaftlicher Seite bei der Ermittlung des Arbeitsbedarfs der Vielfalt der verschiedenen möglichen Verrichtungen Rechnung zu tragen.

4. Die letzte Bemerkung soll sich auf die Frage beziehen, wie weit die Simulation hier als Ersatz für optimierende Algorithmen anzusehen ist. Zunächst ist lediglich eine Art von Wenn-dann-Simulation beabsichtigt, d.h. eine Rechnung, die dem Entscheidungsträger die ihm unklaren Konsequenzen seiner Entscheidung verdeutlicht. Somit wird hier, in Anlehnung an QUINCKHARDT (1981), davon ausgegangen, daß der Berater aufgrund seiner Kenntnisse Vorstellungen von guten Produktionsverfahren hat, aber für die quantitative Verarbeitung seiner Pläne ein Rechenmodell zu Hilfe zieht. In diesem Sinn ist der Computer als Dialogpartner aufzufassen und das Simulationsmodell entsprechend zu strukturieren. Wie weit der Computer imstande sein wird, als intelligentes Wesen eigene optimale Lösungen anzubieten, kann man derzeit noch nicht absehen.

### 3 Modellbau und Systemtheorie

Bei Überlegungen zum Modellbau bildet häufig die Allgemeine Systemtheorie die Grundlage. Sie kann, auf abstrakter Ebene, Verhaltensweisen von Systemen gut erklären. Jedoch ist meines Erachtens die auf dieser Theorie basierende methodische Empfehlung, Differential- bzw. Differenzgleichungssysteme zu verwenden, im konkreten Fall problematisch. FRANKEN und FUCHS (1974, S.47) sind der Auffassung, daß aktive, insbesondere zweckstrebige Systeme sich durch diesen Ansatz nicht beschreiben lassen. STEFFEN und WÜSTEN (1981, S. 1) präzisieren diese Aussage für den landwirtschaftlichen Produktionsprozeß: Er "ist auf Grund seiner Technologie zwar in Teilen ein selbststeuerndes System, jedoch läßt sich dieses System durch Eingriffe des Menschen in Teilen regeln und damit in seiner Leistungsfähigkeit beeinflussen".

Ein engerer Ansatz charakterisiert nur das biologische Subsystem als ein System mit grundsätzlich homöostatischen Eigenschaften, die mittels System Dynamics-Elementen formuliert werden können

(BERG, 1979, S. 311ff). Aber auch diese Vorgehensweise hat in der konkreten Anwendung ihre Tücken.

Das Gesamtsystem verlangt vom biologischen Subsystem einen Output, der ökonomisch verwertbar ist. Damit ergeben sich zwei Möglichkeiten, diesen Output, d.h. das Fließgleichgewicht, das sich aufgrund der selbstregulierenden Eigenschaft des biologischen Subsystems einstellt, zu definieren. Entweder man beschreibt ihn als physiologischen Zustand, mit der Folge, daß mathematisch formulierbare Relationen zwischen Biologie und Ökonomie vorliegen müssen. Dies ist aber - dem Stand der Forschung bei gartenbaulichen Kulturen nach zu urteilen (vgl. KRUG und LIEBIG, 1979, S. 145) - in absehbarer Zeit nicht zu erwarten. Oder man definiert den Output gleich mittels ökonomischer Kategorien (1) mit der Folge, daß, ebenfalls aus empirischen Gründen, nur eine einzige Wachstumsfunktion vorliegt, das theoretisch erdachte System Dynamics-Gleichungssystem also zu einer einzigen Gleichung zusammenschrumpft. Leitlinien für den Modellbau bilden nicht nur Theorien, sondern auch, was empirisch machbar ist. Von diesem Standpunkt gesehen ist ein systemtheoretisch-methodischer Anspruch an die Gestaltung bio-ökonomischer Modelle viel zu groß.

Zweckmäßig ist hingegen die systematische Betrachtungsweise für die S t r u k t u r i e r u n g des Modells. Subsysteme verlieren dann aber ihre systemtheoretische Bedeutung und erhalten vielmehr den Charakter von Bausteinen. Diese Bausteine kennzeichnen die Facetten des bio-ökonomischen Simulationsmodells.

---

(1) Allein dies ist schwierig genug, wenn man bedenkt, daß selbst bei Gemüsekulturen die Größe Trockengewicht als Maßstab unzureichend ist: Entscheidend ist, was vermarktungsfähig ist.

#### 4 Grundstruktur des Simulationsmodells

Das Schaubild zeigt die grundsätzliche Struktur eines Simulationsmodells, das den unter Abschnitt 2 erläuterten Anforderungen Rechnung trägt. Den Kern der Simulation bilden vier Bausteine, die die technischen, biologischen und arbeitswirtschaftlichen Aspekte der Ablaufplanung charakterisieren: die Berechnung a) des Klimas im Gewächshaus (Innenklima), b) des Heizmaterialeinsatzes, c) des Pflanzenwachstums und d) der Arbeitsstunden. Zu diesen Bausteinen im einzelnen:

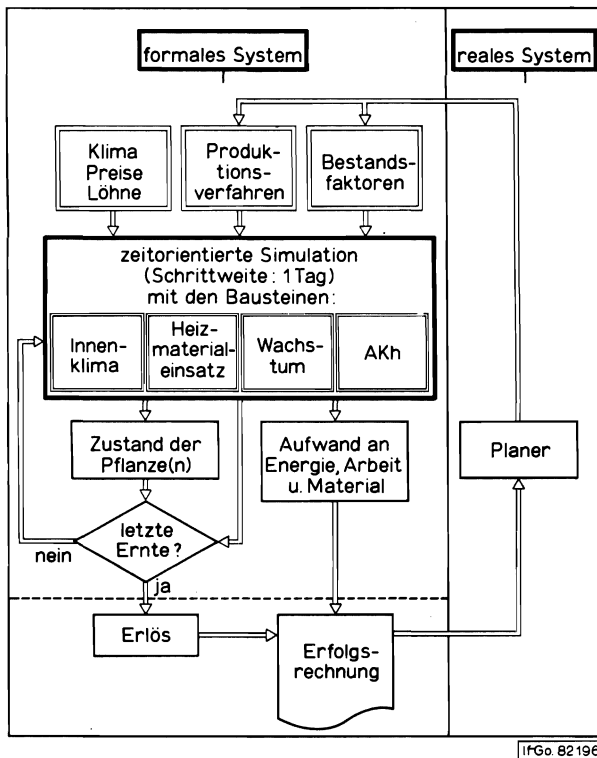


Schaubild: Grundstruktur des Simulationsmodells



Zu a) Innenklima:

Witterungsbedingungen und Temperaturführung für die jeweilige Kultur bestimmen zusammen mit den Gewächshaus- und Heizungseigenschaften (Gewächshausgröße, Bedachungsmaterial, Heizsystem usw.) das Klima im Gewächshaus. Zwar liegen Modelle zur Klimaberechnung vor, jedoch werden aus pragmatischen Gründen derzeit noch experimentell gemessene Daten verwendet (2)

Zu b) Heizmaterialeinsatz:

Die bestimmenden Faktoren für die Ermittlung des Heizmaterialeinsatzes entsprechen den unter a) genannten. Für die Simulation werden Daten verwendet, die auf Modellrechnungen von BOESE (1981) basieren und die in der geforderten Differenziertheit die Einflußgrößen berücksichtigen.

Zu c) Wachstum:

Die Mehrstufigkeit des Entscheidungsprozesses verlangt dynamische Wachstumsfunktionen, also Funktionen, die eine Änderung des Produktionsverfahrens (insbesondere der Temperaturführung) während des Produktionsprozesses zulassen. Veröffentlichte, ökonomisch verwendbare Wachstumsmodelle (z.B. von KRUG und LIEBIG, 1979) sind weitgehend statisch, da sie lediglich die Kulturdauer bei konstanten Temperaturführungen ermitteln können. Für die Simulation wurde daher eine eigene Wachstumsfunktion konstruiert, die aus einer regressionsanalytischen Verrechnung experimenteller Daten entstanden ist.

---

(2) Klimadaten sowie Wachstumsdaten von Radies sind freundlicherweise vom Institut für Gemüsebau der Universität Hannover bereitgestellt.

Zu d) Arbeitsstunden:

Der AK-Anspruch einer Kultur richtet sich nicht nur nach der Losgröße und den Abmessungen des Gewächshauses, sondern auch nach der Art des gewählten Arbeitsverfahrens. Gerade in den hauptsächlich interessierenden Engpaßsituationen (Aussaat, Pflanzung, Ernte) existiert in der Praxis eine Vielfalt unterschiedlicher Verfahren, deren wichtigsten bei der Planung zu berücksichtigen sind. Für diesen Simulationsteil werden Daten verwendet, die von STOFFERT und ROHLFING (1982) gemessen und verrechnet worden sind.

Diese vier Bausteine werden während der tagweisen Simulation durch Input-Größen aktiviert, die in unkontrollierbare Variablen eingeteilt sind. Zur ersten Gruppe zählen vor allem die Witterungsbedingungen und die Preise. Es ist hierbei anzumerken, daß diese Variablen nicht als Störgröße - etwa im regelungstechnischen Sinne gelegentlich auftretender Ereignisse - aufzufassen sind, da eine Abweichung von vorher vorgegebenen Standardbedingungen (z.B. langjähriges Mittel) die Regel, nicht die Ausnahme darstellt.

Zur zweiten Gruppe gehören die betrieblichen Bestandsfaktoren (Gewächshausparameter usw.) und andererseits das vorgegebene Produktionsverfahren. Das Produktionsverfahren ist definiert durch Zeitpunkt und Dauer einer Maßnahme, wobei auch der Zustand der Pflanze(n) diese Maßnahme bewirken kann. Hierdurch wird es möglich, die im Rahmen der Produktionssteuerung erforderlichen Reaktionen im Modell zu berücksichtigen.

Der Simulationslauf wird beendet, wenn der Zustand der Pflanzen bzw. das Produktionsverfahren den letzten Erntetag signalisiert. Aus Erlös und den einzelnen Aufwendungen lassen sich dann Erfolgsrechnungen durchführen, die z.B. in Form einer Deckungsbeitragsrechnung ausgedruckt werden. Wenn ihm die Lösung nicht zusagt, kann der Planer weitere Varianten simulativ überprüfen.

## 5 Stand der Entwicklung

Derzeit existiert ein Produktionsplanungsmodell für Radieschen. Es ist auf einem 32 kB Mikrocomputer Commodore 8032 in BASIC-4 programmiert und erlaubt somit einen benutzerfreundlichen Dialogverkehr. Allerdings ist die Kultursteuerung bei Radieschen relativ einfach strukturiert. In anderen Fällen bestehen die Produktionsverfahren aus einem komplizierten Bündel von Maßnahmen, die sich untereinander wechselseitig beeinflussen. Dieses berührt vor allem den biologischen und arbeitswirtschaftlichen Bereich. Planungsmodelle diesen Typs sollen interdisziplinär im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 110 erarbeitet werden.

Ein weiterer wichtiger Teil der zukünftigen Arbeit besteht darin, den Unsicherheitsaspekt bei der Planung zu behandeln. Hier ist zu untersuchen, wie sich die Schwankungen der unkontrollierbaren Input-Größen auf Heizkosten und Erträge auswirken.

Der dritte noch zu klärende Aspekt bezieht sich auf die anfangs angesprochene Produktionssteuerung. Wie unter Abschnitt 2 angedeutet ist grundsätzlich die Vorgehensweise klar: Zwei formale Systeme werden parallel simuliert, das eine durch Standard-Input (z.B. langjähriges Klimamittel), das andere durch aktualisierten Input aktiviert; Abweichungen geben dem Planer Informationen, ob er seinen ursprüngliche Plan revidieren muß. Diese schrittweise Aktualisierung erfordert aber, daß die Bausteine Innenklima und Heizmaterialeinsatz wesentlich flexibler zu behandeln sind als es derzeit geschieht. Wahrscheinlich wird es nicht ausreichend sein, die gewünschten Größen wie Parameter von Dateien abzurufen, sondern die Bausteine als eigenständige Untersimulationsmodelle zu behandeln. Die Frage, ob solche Produktionssteuerungsmodelle noch mit Mikrocomputern machbar sind, bleibt offen. Vielleicht wird man einige ideale Vorstellungen einschränken müssen, um die Vorteile dieser Rechner nutzen zu können.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

1. BERG, E. (1979): Ablaufplanung in spezialisierten Betrieben. In: H. Seuster und E. Wöhlken (Hrsg.): Konzentration und Spezialisierung im Agrarbereich, Münster-Hiltrup, S. 305 - 324.
2. BOESE, A. (1981) : Zur rechnerischen Heizkostenermittlung im Gartenbau. In: AID (Hrsg.): Die Planung von Kulturprogrammen im Gartenbau bei gestiegenen Energiekosten. Bonn.
3. FRANKEN, R. u. H. FUCHS (1974): Grundbegriffe zur Allgemeinen Systemtheorie. In: Systemtheorie und Betrieb, Opladen, S. 23 - 49.
4. KRUG, H. u. H.-P. LIEBIG (1979): Analyse, Kontrolle und Programmierung der Pflanzenproduktion in Gewächshäusern mit Hilfe beschreibender Modelle. Gartenbauwissenschaft, 44, (4), S. 145 - 154, 44 (5), S. 202 - 213.
5. QUINCKHARDT, M. (1981): Unternehmensplanung mit dynamischen Systemsimulationsmodellen. In: A. Mangstl und L. Reiner (Hrsg.): Datensammlungen, Auskunftssysteme und Computeranwendungen in der Landwirtschaft, Stuttgart, S. 311 - 317.
6. STEFFEN, G. u. H. WÜSTEN (1981): Bioökonomische Systemmodelle als Hilfsmittel zur Verbesserung des Betriebsmitteleinsatzes. Arbeitspapier aus dem Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, Bonn.
7. STOFFERT, G. u. H.-R. ROHLFING (1982): Die betriebsspezifische Berechnung von Produktionsverfahren im Gemüsebau. Dargestellt an der Erzeugung von Radies im Gewächshaus. Forschungsberichte zur Ökonomie im Gartenbau (im Druck).