

Die Ermittlung der optimalen technischen Ausstattung von Ackerbaubetrieben mit Hilfe der linearen Optimierung

Von **Klaus W. Hell**, Braunschweig-Völkenrode

Mitteilung aus dem Institut für Betriebstechnik der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Die wirtschaftlich sinnvolle Einordnung des Produktionsfaktors „Technik“ in das biologisch-technisch-organisatorische Gefüge der landwirtschaftlichen Produktion ist das Hauptanliegen der Betriebstechnik. Im Rahmen dieses Beitrages, der methodisch die Ermittlung des Optimums hinsichtlich der Ausstattung von Ackerbaubetrieben mit Antriebs- und Arbeitsmaschinen zum Inhalt hat, wird an einem Beispiel die wissenschaftliche Durchleuchtung einer aktuellen Fragestellung abgehandelt. Die Grundlage aller betriebs-technischen Arbeiten bildet die Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Landwirt.

Einleitung

Neben der Ausschöpfung des biologisch-technischen Fortschritts kommt dem wirtschaftlichen Einsatz technischer Produktionsmittel im Rahmen des Anpassungsprozesses in der Landwirtschaft besondere Bedeutung zu. Die Optimierung des Einsatzes technischer Hilfsmittel wird künftig auf der Basis gesicherter Grunddaten, vornehmlich mit Hilfe mathematischer Modelle erfolgen [8]. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt die Ermittlung der betriebspezifischen optimalen Ausstattung mit Antriebs- und Arbeitsmaschinen mit Hilfe der „linearen Optimierung“. Im Gegensatz zur Produktivitätsanalyse, die als „ex-post“ Berechnung lediglich eine numerische Bestimmung der partiellen und/oder globalen Effizienzsteigerung zuläßt, ermöglicht die Benutzung von Ansätzen auf der Basis der linearen Optimierung eine simultane exakte Quantifizierung des Effekts von Substitutionsvorgängen unter Einbeziehung des technischen Fortschritts, und zwar sowohl hinsichtlich der Wirkung auf die Betriebsorganisation und den Betriebserfolg als auch bezüglich der Grenzwerte der Produktionsfaktoren und Substitutionsraten zwischen Arbeit und Kapital [12; 13].

Vorteile der Methode

Neben dem Vorteil der simultanen Optimierung der drei Ebenen der Produktion, nämlich

- der „speziellen Intensität“ (Faktor/Produkt-Beziehung),
- der „Zusammensetzung des Aufwandes“ (Faktor/Faktor-Beziehung) und
- der „Produktionsrichtung“ (Produkt/Produkt-Beziehung),

liegen die besonderen Möglichkeiten der linearen Optimierung außerdem in der Einbeziehung technischen Fortschritts und der scharfen Trennung zwischen technischen und monetären Daten [12; 13].

Problemstellung

Die angestrebte Lösung einer derartigen Fragestellung besteht in der Maximierung einer Zielfunktion unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen. Die Zielfunktion ist durch positive und negative monetäre Beträge (Gewinnbeiträge und planungsabhängige Verfahrenskosten) gekennzeichnet. Dabei werden konkurrierende Prozeßalternativen zur Realisierung eines Anbauprogramms (Aktivitäten) durch ihre naturalen Ansprüche und/oder Leistungen in einer Koeffizientenmatrix formuliert.

Fragestellung: Für welche Betriebsgröße ist welche Kombination von Antriebs- und Arbeitsmaschine optimal?

Dr. agr. Klaus W. Hell ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebstechnik (Direktor: Prof. Dr. agr. Sylvester Rosegger) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

Alternativen:

zwei 35-PS-Schlepper/Betrieb
35- und 60-PS-Schlepper/Betrieb
zwei 60-PS-Schlepper/Betrieb

Prämissen

Standort:

sandiger Lehm, maritimer Klimabereich

Fruchtfolge:

Zuckerrüben, Weizen, Raps, Wintergerste

Preisniveau:

konstante Preise für Produkte und Produktionsmittel

Intensität:

gleichbleibende spezielle Intensität und konstante Naturalerträge

Arbeitskapazität:

2 Arbeitskräfte/Betrieb

Planungssituation:

mittelfristig, Neuplanung

Datengrundlage

Der Aussagewert jedes Planungsvorgehens, besonders die Ausschöpfung der methodischen Vorteile der linearen Optimierung, hängt weitgehend von der Exaktheit der Grunddaten ab. Außer den in den Prämissen fixierten Nebenbedingungen ist es notwendig, die maschinen- und verfahrensspezifischen Kenn- daten zu erarbeiten [1; 6].

Zuordnung von Antriebs- und Arbeitsmaschine

Das Leistungsvermögen eines Schleppers hängt von den technischen Kenn- daten des Schleppers selbst, den Einsatzbedingungen und der Dimensionierung der zugeordneten Arbeitsmaschine ab. Für jede Leistungsklasse der Schlepper läßt sich unter Berücksichtigung von Arbeitstiefe-, -breite, -geschwindigkeit, Durchsatz und dergleichen die optimal dimensionierte Arbeitsmaschine bzw. die maximale technische Leistung bei Zuordnung einer Arbeitsmaschine zu einer bestimmten Schlepperleistungsklasse ermitteln. Die Erarbeitung dieser biologisch-technischen und mechanisch-technischen standort-, frucht- und maschinenspezifischen Grunddaten fällt als Schwerpunkt den Forschungsbereich der Ingenieure aus. Als Basis für diese Berechnungen der technischen Zuordnung und Leistung wurden die Ergebnisse einer Reihe vorliegender Arbeiten herangezogen [2; 4; 7; 9; 11].

Arbeitsbedarf

Der erforderliche Arbeitsbedarf je Flächen- oder Mengeneinheit ergibt sich aus den Koeffizienten der technischen Leistung spezifischer Kombinationen von Antriebs- und Arbeitsmaschinen unter Berücksichtigung der Rüst-, Stör-, Wege- und Nebenzeiten. Die Erarbeitung der maschinen- und verfahren- abhängigen arbeitswirtschaftlichen Koeffizienten erfolgt zu gleichen Teilen durch Ingenieure und Landwirte. Zur Berechnung des Arbeitsbedarfs wurden eigene Messungen und Zeitelemente vorliegender Arbeiten [7; 14; 15; 16] zugrunde gelegt.

Kosten

Im Rahmen von Optimierungsproblemen sind stets nur die Kosten als planungsabhängig in den Rechenansatz einzubeziehen, die aus dem Einsatz von solchen Produktionsfaktoren abzuleiten sind, deren Austausch im Laufe des fixierten Planungszeitraumes notwendig wird.

Im vorliegenden Fall wird davon ausgegangen, daß die diskutierten Betriebe mit Fläche und Gebäuden ausgestattet sind, ohne daß diese beiden Produktionsfaktoren im Verlauf der in Betracht gezogenen Planungsperiode vermehrt oder veräußert werden können. Da für den vorliegenden Fall eine mittelfristige Betrachtung (Zeitraum, in dem alle im Betrieb vorhandenen

Maschinen und Geräte durch neue ersetzt werden müssen) unterstellt wird, haben die aus dem Einsatz von Ackerfläche und Gebäuden abzuleitenden Kosten Fixkostencharakter und gehen nicht in den Rechenansatz ein. Die aus dem Einsatz der Antriebs- und Arbeitsmaschinen abzuleitenden Kosten hingegen sind in voller Höhe in Ansatz zu bringen.

Diese werden unter Berücksichtigung des einsatzspezifischen Kraftstoffverbrauchs, der Schmiermittel, der monetären Aufwendungen für Instandhaltung unter Einbeziehung von Abschreibungsbeträgen und einem Zinsanspruch von 6 v.H. errechnet. Da Vergleichsrechnungen zur Ermittlung von Schwellen der ökonomisch sinnvollen Einführung leistungsfähigerer Maschinenkombinationen die Feststellung des verfahrensspezifischen Kostenniveaus notwendig machen, sind alle konkurrierenden Verfahren im Hinblick auf das aus deren jährlichem Einsatz resultierenden Kostenniveau zu analysieren.

Die Einführung leistungsfähigerer Verfahren anstelle weniger leistungsfähiger in Betriebe mit begrenzter Flächenausstattung hat in der Regel zur Folge, daß das Kostenniveau infolge geringerer jährlicher Auslastung der größeren Maschinen steigt. Ersetzt man z. B. aus bestimmten betrieblichen Überlegungen einen 25-PS-Schlepper, der bisher 1000 h im Jahr eingesetzt wurde, durch einen größeren Schlepper, so sinkt der Auslastungsgrad einer größeren Maschine mit der durch sie ermöglichten Arbeitszeiterparnis. Die das spezifische Kostenniveau entscheidend beeinflussenden Kriterien zeigt **Bild 1** am Beispiel des Schleppereinsatzes. Die Kostenkurven für die einzelnen Schlepperleistungsklassen zeigen die bekannte Kostendegression (DM/Schlepperstunde) mit steigender jährlicher Auslastung.

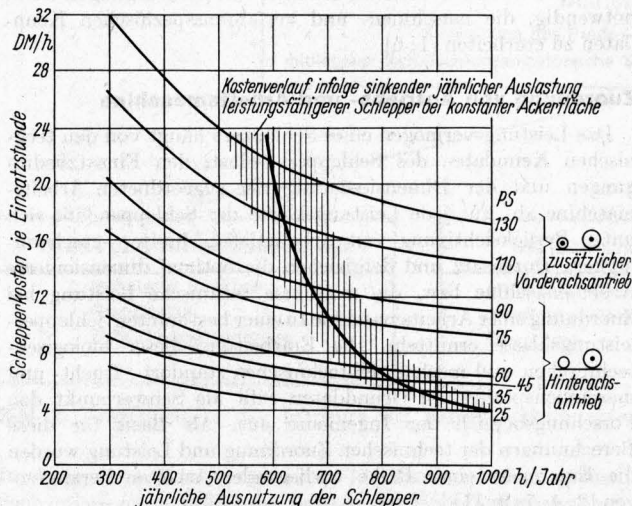


Bild 1. Schlepperkosten je Stunde in Abhängigkeit von der jährlichen Auslastung unter Berücksichtigung des Ersatzes leistungsschwacher durch stärkere Schlepper bei konstanter Ackerfläche.

Die Schlepperkosten beinhalten Abschreibung, Treibstoff, Reparaturen und Zinsanspruch.

Der Anstieg der Kurve des Kostenverlaufs infolge sinkender Auslastung leistungsfähigerer Schlepper bei konstanter Betriebsfläche hängt vom Grad der Zuordnung optimal dimensionierter Arbeitsmaschinen zur jeweiligen Leistungsklasse ab. Je besser die Abstimmung zwischen Schlepper und Arbeitsmaschine ist, desto flacher verläuft die Kurve, d. h., desto höher steigen die Kosten je Einsatzstunde im Vergleich zur nächst kleineren Leistungsklasse. Um diesem Sachverhalt Ausdruck zu geben, wurde der Kurve steigender Kosten infolge abnehmender jährlicher Auslastung mit steigender Schlepperleistung ein Streubereich zugeordnet. Dieser Sachverhalt kennzeichnet jedoch lediglich das Kostenniveau als Grundlage für Rechenoperationen, über die Wirtschaftlichkeit der Einführung eines leistungsfähigeren Schleppers anstelle eines leistungsschwachen kann eine solche Analyse keine Aussage machen. Dazu bedarf es der simultanen Betrachtung von Kosten und Leistungen (z. B. Arbeitszeiterparnis) unterschiedlicher Schlepper-Maschinenkombinationen im Rahmen eines Betriebsmodells.

Vorauswahl

Die Optimierung des Einkommens für Ackerbaubetriebe von 30 bis 90 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche und einer Arbeitskapazität von 2 Arbeitskräften/Betrieb läßt unter derzeitigen Preis-Kostenrelationen eine starke Reduzierung der konkurrierenden Alternativen zu. Da die verfügbare Arbeitszeit in den einzelnen Zeitspannen mit zunehmender Betriebsgröße immer knapper wird, können die Alternativprozesse (unterschiedliche Schlepperleistungsklassen und zugeordnete Maschinendimension) auf eine Auswahl aus den Möglichkeiten des neuesten technischen Entwicklungsstandes eingengt werden. (Eine Vielzahl durchgeführter Alternativrechnungen ergab, daß im Bereich der diskutierten Betriebsgrößenklassen mit 2 Arbeitskräften/Betrieb der Grenznutzen je eingesparte Arbeitsstunde so hoch ist, daß für den Fall der Ersatzinvestition stets die Einführung von Regelhydraulik, Anbaugeräten, gezogenem Mährescher und Bunkerköpfröder ökonomisch sinnvoll ist.) Diese Vorauswahl unter Berücksichtigung der Standortbedingungen und der Koeffizienten unterschiedlicher Mechanisierungsmöglichkeiten vermindert den Umfang des Problems und verkürzt den Formulierungs- und Rechenaufwand [5].

Das betriebstechnische Vorgehen zur Lösung des Problems wurde bereits dargestellt¹⁾. Auf der Basis der standort- und maschinenspezifischen Grunddaten kann unter Einbeziehung der Faktorpreise (Kapitalbedarf und Kosten für Maschinen und Gebäude) eine Vorklärung der Vor- und Nachteile konkurrierender Alternativen mit dem Ziel der Reduzierung der in Frage kommenden Prozesse erfolgen [3]. Eine solche Vorauswahl (Wahlschema) hat sich an den relevanten Nebenbedingungen (z. B. Arbeitskapazität, Betriebsfläche, Kapitalverfügbarkeit) zu orientieren.

Die Ermittlung des Verfahrensoptimums erfolgt anschließend unter Einbeziehung der betriebsindividuellen Beschränkungen und der Produktpreise.

Beschreibung des Modellansatzes

Bild 2 zeigt eine vereinfachte Koeffizientenmatrix des zu lösenden Optimierungsproblems mit Hilfe der linearen Programmierung. Dabei beschränkt sich die Darstellung auf die Formulierung in der verkürzten Matrix auf lediglich zwei Schlepperleistungsklassen und drei Zeitspannen. Die zur Wahl stehenden technischen Verfahren repräsentieren eine Mechanisierungsstufe (Regelhydraulik, Anbaugeräte, gezogener Mährescher, Bunkerköpfröder), wobei den Antriebsmaschinen stärkerer Leistung Arbeitsmaschinen mit größerer Arbeitsbreite zugeordnet wurden. Dadurch unterscheiden sich die konkurrierenden Alternativen in ihren arbeitswirtschaftlichen Koeffizienten und hinsichtlich des Betrages in der Zielfunktion.

Die Spaltenvektoren (Aktivitäten) 100 bis 121 als Hauptvariable des Modellansatzes sind mit ihren Koeffizienten (natürlicher und technischer Art) an die Beschränkungszeilen 01 bis 018 gekoppelt. Die planungsabhängigen Kosten und Gewinnbeiträge der Spaltenvektoren gehen in die Zeile der Zielfunktion (100) als positive oder negative Deckungsbeiträge ein (+... - K). Die Aktivitäten 100 bis 103 stellen das mögliche Anbauprogramm dar. Die einzelnen Früchte stellen Ansprüche an das Ackerland, an die Fruchtfolgebeschränkungen und die technische Realisierungsmöglichkeiten (Aktivitäten 104 bis 121) innerhalb der einzelnen Zeitspannen. Die Aktivitäten 104 bis 117 liefern die Möglichkeit zur Realisierung des Anbauprogramms im Rahmen der durch die verfügbare Fläche und die Fruchtfolge gegebenen Beschränkungen (Kapazitäten B, Zeile 01 bis 04). Die Aktivitäten 118 bis 121 geben die Möglichkeit zur Auswahl der optimalen Schlepperleistungsklasse, wobei formulierungstechnisch dem Kostencharakter der Abschreibungsbeträge beim Einsatz unterhalb und oberhalb der Abschreibungsschwelle Rechnung getragen wird. Die Realisierung des Anbauprogramms mit Hilfe unterschiedlich leistungsfähiger technischer Aktivitäten, orientiert an knappen Faktoren, führt bei Einsatz der linearen Optimierung simultan zum betriebspezifischen Optimum sowohl hinsichtlich der Arbeitsverfahren als auch der Betriebsorganisation.

¹⁾ siehe Rosegger [8] Bild 1.

sationsoptimum vorliegt [1; 12]. Modellbetrachtungen dieser Art zeigen, daß die Bereiche der Mechanisierungsoptima relativ stabil sind, wobei in den Bereichen gleicher technischer Ausstattung mit steigender Betriebsfläche, also zunehmend knapper werdender Arbeitskapazität, eine tiefgreifende Umorganisation des Anbauprogramms im Rahmen der Fruchtfolge, und zwar in Richtung einer abnehmenden Organisationsintensität (weniger Zuckerrüben, weniger Raps, mehr Getreide, bis an die durch die Fruchtfolgebeschränkungen gesteckte Grenze), vorzunehmen ist.

Da das vorliegende Ergebnis von der Situation einer mittelfristigen Planung ausgeht, ist der Betrag für Abschreibung in der Zielfunktion enthalten. Ferner ist ein Zinsanspruch des Maschinenkapitals von 6 v.H. gesichert.

Geht es um die Ermittlung des kurzfristigen Optimums, sind die Alternativen der vorhandenen Ausstattung lediglich mit den Kosten für Betriebsstoffe und Reparaturen in der Zielfunktion zu belasten, die konkurrierenden neu in Betracht zu ziehenden Varianten hingegen zusätzliche mit Zinsanspruch und Abschreibungsbeträgen.

Zusammenfassung

Anhand eines Beispiels wurde aufgezeigt, daß unter der Voraussetzung einer gezielten Zusammenarbeit von Ingenieuren und Landwirten, die zu einer der verfeinerten Rechentechnik angepaßten Quantifizierung der naturalen, technischen und monetären Koeffizienten führen muß, die wirtschaftliche Einordnung des Produktionsfaktors „Technik“ möglich ist. Die sachgemäße Durchführung der Datenaufbereitung und Formulierungstechnik ermöglicht heute mit Hilfe der „linearen Optimierung“ die Auffindung der Mechanisierungsoptima für den Einzelbetrieb und für Gruppen von Betrieben definierter Produktionsstandorte bei gleichzeitiger Ermittlung der optimalen Betriebsorganisation. Auf der gleichen rechentechnischen Basis können künftig interessante technische Lösungen näherungsweise eingeschätzt werden. Diese Methode wissenschaftlicher Beleuchtung landtechnischer Probleme vermag nicht nur dem Landwirt, sondern auch der Industrie bestimmte Entscheidungen zu erleichtern.

Schrifttum

- [1] Brandes, W.: Wie plane ich meinen Betrieb? Eine Einführung in die lineare Programmierung und in einfache Kalkulationsmethoden. Hamburg/Berlin: Verl. P. Parey 1966.
- [2] Feldmann, F.: Zahlenmäßige Festlegung von Schleppergrößenklassen. Landtechn. Forsch. **11** (1961) H. 5, S. 122/26.
- [3] Hell, K. W.: Eine Methode zur Ermittlung der optimalen Schlepperleistungs-kategorie. Vortrag in der CSSR, Mai 1968.
- [4] Heyde, H.: Zur Leistungsbilanz eines Ackerschleppers. Wiss. Z. d. Humboldt-Universität Berlin II (1952/53). Math.-nat. R. Nr. 5, S. 75/83.
- [5] Riebe, K.: Verfahrensforschung im landwirtschaftlichen Betrieb. Agrarwirtschaft **17** (1968) H. 3, S. 78/83.
- [6] Riebe, K., und U. Peters: Kritische Betrachtung zur Planungsmethodik im Rahmen der Wirtschaftsberatung. Ber. üb. Landwirtsch. **45** (1967) H. 4, S. 587/608.
- [7] Rosegger, S., und K. Hell: Einsatz von Anbaupflügen und Schleppern mit Regelhydraulik aus betriebstechnischer Sicht. Grndl. Landtechn. **17** (1967) Nr. 4, S. 125/31.
- [8] Rosegger, S.: Landwirtschaftliche Betriebstechnik. Aufgabenstellung und Arbeitsweise. Grndl. Landtechn. **19** (1969) Nr. 1, S. 1/4.
- [9] Sass, H.: Der Leistungsbedarf der wichtigsten Landmaschinen u. B. des Zapfwellenantriebes. Diss. Univ. Kiel 1957.
- [10] Schaefer-Kehnert, W.: Die Kosten des Landmaschineneinsatzes. Ber. üb. Landtechn. H. 74. Wolfratshausen 1963.
- [11] Sonnen, F. J.: Ein Überblick über Ergebnisse von Feldversuchen mit Triebtradreifen von Ackerschleppern. Landtechn. Forsch. **11** (1961) H. 5, S. 117/22.
- [12] Weinschenck, G.: Die optimale Organisation des landwirtschaftlichen Betriebes. Hamburg/Berlin: Verl. P. Parey 1964.
- [13] Willer, H.: Technischer Fortschritt und Landwirtschaft. Hamburg, Berlin: P. Parey 1967.
- [14] KTL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Band I. Wolfratshausen: Neureuter Verl. 1964.
- [15] Datensammlung für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. Staatl. Beratungs-Institut, Donaueschingen 1967.
- [16] Betriebswirtschaftliche und landtechnische Datensammlung für die Landwirtschaftsberatung in Bayern. Hrsrg.: Bayr. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München. Band 1, 1967, und Band 3, 1968.

KURZAUSZÜGE AUS DEM SCHRIFTTUM

Hydrostatische Fahrzeugantriebe

Bowers, E. H.: Applying systems to vehicles. Fluid Power International **32** (1967) H. 380, S. 30/33. DK 631.372-58:631.372-82

Es werden zahlreiche Gesichtspunkte diskutiert, die bei der Projektierung hydrostatischer Fahrtriebe zu berücksichtigen sind. Dabei stellt sich heraus, daß die Forderungen an den Wandler je nach der Art des Fahrzeuges sehr verschieden zu stellen sind. Während z. B. für die Fortbewegung bzw. den Vorschub einer Straßenasphaltiermaschine ein Wandler mit großer Geschwindigkeitsverstellung, jedoch ohne besondere Anforderungen an Belastbarkeit und Wirkungsgradverhalten ausreicht, wird für viele Baumaschinen, z. B. Schaufellader, die Möglichkeit großer Zug- und Schiebekräfte bei verhältnismäßig kleinen Geschwindigkeiten gefordert.

Neben allgemein bekannten Vorteilen hydrostatischer Fahrtriebe wird für die Anwendung in Erdbewegungsmaschinen die Einsparung der herkömmlichen Anfahrkupplung als besonderer Vorzug herausgestellt, da die Reibungskupplungen wegen ihres Verschleißes die Betriebssicherheit (Überholen notwendig) einschränken. Die Firma International Harvester mißt diesem Gesichtspunkt so große Bedeutung bei, daß sie für ihren Schaufellader BH-25 B („Payload“) ein hydrostatisches Stufengetriebe (3 „Gänge“) entwickelt hat, bei dem ein Hydroventil die Aufgabe der sonst vorhandenen Anfahrkupplung übernimmt. Das Getriebe besteht aus einer zweiflutigen Flügelzellenpumpe und einem Flügelzellenmotor, beides Konstantstrom-Aggregate der Firma Vickers. Die drei Geschwindigkeitsstufen werden durch die drei verschiedenen Beaufschlagungsmöglichkeiten der Pumpe erreicht:

1. Gang: Kleine Pumpenkammer fördert,
2. Gang: Große Pumpenkammer fördert,
3. Gang: Beide Kammern fördern in Parallelschaltung.

Ähnlich harten Bedingungen wie die Getriebe der Erdbewegungsmaschinen sind auch die Ackerschleppergetriebe ausgesetzt. Hier ist jedoch der Geschwindigkeitsbereich, in dem das Getriebe einer Vollaustandbeanspruchung standhalten muß, viel größer.

Die weitere Entwicklung hydrostatischer Getriebe für Fahrzeuge und Fahrtriebe wird nach Ansicht des Verfassers stark dadurch gebremst, daß zahlreiche Getriebehersteller aus fertigungstechnisch-wirtschaftlichen Gründen (hohe Investitionen für spezielle Einrichtungen der Stufengetriebeherstellung) an herkömmlichen Bauarten festhalten. GL 174

Braunschweig

K. Th. Renius

Schattierung von Gewächshäusern

● Simon, József: Schattierung von Gewächshäusern mit besonderer Berücksichtigung der pflanzenphysiologischen Grundlagen, klimatischen Gegebenheiten und technischen Möglichkeiten. Diss. TH Hannover 1967 (Renard, Stange, Dammann). [KTL-Ber. üb. Landtechn. Nr. 116. 136 S. 56 B. Wolfratshausen: H. Neureuter-Verl. 1968.] DK 631.23

In der vorliegenden Arbeit werden langjährige Untersuchungen am Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft der TH Hannover über das Problem der Schattierung von Gewächshäusern beschrieben. Dieses schwierige Thema, das sehr komplexer Natur ist, wird eingehend sowohl vom pflanzenphysiologischen Standpunkt aus als auch unter klimatischen und technischen Aspekten behandelt. Ein ausführlicher, technischer Teil der Schrift befaßt sich mit den Schattiermaterialien, Schattiersystemen, deren Eigenschaften, Strahlungsdurchlässigkeit und mit den in Versuchen gewonnenen Ergebnissen, zu denen auch Kulturversuche zählen. Im Rahmen dieser Untersuchungen werden die ermittelten Temperatur- und Strahlungskurven für verschiedene Schattiersysteme dargestellt. GL 175