

Betriebswirtschaftliche Methoden zur Beurteilung von technischen Neuerungen

Von Erwin Reisch, Stuttgart-Hohenheim*)

DK 631.1:631.17

Ingenieure und Betriebswirte beurteilen technische Entwicklungen von verschiedenen Standpunkten und kommen daher nicht selten zu unterschiedlichen Schlüssen. Zwar sind sie sich einig im Streben, eine Aufgabe "möglichst gut" bzw. "besser" zu lösen, aber die Maßstäbe sind verschieden. Dieser Beitrag soll dazu dienen, Zielsetzung, Maßstäbe und Methoden der betriebswirtschaftlichen Beurteilung technischer Neuerungen darzustellen¹⁾. Dies erscheint sinnvoll, weil permanent ein umfangreicher technischer Forschungs- und Entwicklungsprozeß im Gange ist, der einer solchen Beurteilung bedarf. Ferner ist bekannt, daß weniger als 20 v.H. der Maschinenkäufe reine Ersatzbeschaffungen sind.

1. Zielsetzung und Maßstäbe der betriebswirtschaftlichen Beurteilung

Betriebswirtschaftliche Beurteilungen basieren auf dem Prinzip des Wirtschaftens. Ihm wird dann entsprochen, wenn entweder mit gegebenen Mitteln — unter Beachtung der jeweiligen Begrenzungen und Nebenbedingungen — ein Maximum an Erfolg erreicht (Erwerbprinzip) oder eine gestellte Aufgabe mit den geringstmöglichen Kosten (Sparprinzip) erledigt wird. Diese Zielsetzung gilt für Gesamtbetriebe ebenso wie für Teilbereiche und einzelne technische Verfahren. Rechnerisch sind stets zwei Größenpaare im Spiel: Die physikalischen Größen Faktorkapazität und Kapazitätsansprüche, sowie die monetären Größen, Kosten und Leistungen.

¹⁾ Dem Tagungsrahmen entsprechend bleiben dabei die produktionstechnischen Neuerungen außerhalb der Betrachtung, die wir als "biologisch-technische Fortschritte" bezeichnen, z.B. Verbesserung der Düngung, Schädlingsbekämpfung, Pflanzen- und Tierzüchtung usw.

Vorgetragen auf der Jahrestagung der VDI-Fachgruppe <Landtechnik> am 24. Okt. 1975 in Braunschweig.

*) Prof. Dr. Dr. h.c. Erwin Reisch, Inhaber des Lehrstuhls für angewandte landwirtschaftliche Betriebslehre am Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim.

Die eben genannte Zielsetzung klingt sehr einfach, aber in Bezug auf technische Neuerungen ergeben sich bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen zwei wesentliche Schwierigkeiten:

1. Die vollständige quantitative Erfassung der direkten und indirekten Wirkung derselben im physikalischen Bereich der Kapazitäten und Ansprüche und
2. die richtige monetäre Bewertung der Auswirkungen im Kosten/Leistungsbereich.

Viele Auswirkungen haben keinen Marktpreis (z.B. Arbeitserleichterung, Risikominderung, Freizeit) oder ihre Bewertung hängt von der betrieblichen und wirtschaftlichen Situation ab, d.h. es muß eine Bewertung nach dem Knappheitsgrad und betrieblichen Nutzungswert erfolgen. Soweit es sich um subjektive Größen handelt, können sie nur im Sinne von Präferenzen berücksichtigt werden; die Erfassung der Nutzungskosten²⁾ setzt die Anwendung simultaner Optimierungsmodelle voraus, auf die später näher eingegangen wird.

In den meisten Fällen begnügt man sich (mehr oder weniger stark vereinfachend) bei der ökonomischen Beurteilung technischer Neuerungen mit der Verarbeitung der eindeutig und direkt erfaßbaren Wirkungen auf

1. die Faktoransprüche (z.B. Arbeits- und Energiebedarf),
2. die Kosten und ggf.
3. die Erträge

und gelangt zu isolierten Verfahrensvergleichen, die eine Auswahl nach Arbeitsbedarfs-, Kosten- und/oder Leistungskriterien zulassen. Dies kann aber nicht voll befriedigen, denn insbesondere müssen die kapazitätserweiternde Wirkung vieler technischer Neuerungen³⁾ und die Auswirkungen auf die Knappheitsgrade der verschiedenen Faktoren in den verschiedenen Einsatzperioden in einem geeigneten Modellansatz erfaßt und bewertet werden. Schließlich sind etwaige Nebenbedingungen biologischer, technischer oder wirtschaftlicher Art zu berücksichtigen.

²⁾ Nutzungskosten sind der Nutzungswert oder Gewinnbeitrag der letzten Einheit eines in fixierter Menge verfügbaren Produktionsfaktors; die Nutzungskosten eines im Überschuß vorhandenen Produktionsfaktors sind Null, mit wachsendem Knappheitsgrad steigen c.p. die Nutzungskosten in Abhängigkeit von der Faktorproduktivität an.

³⁾ Man spricht hier von mutativer Kapazitätserweiterung, im Gegensatz zur multiplikativen Kapazitätserweiterung bei konstanter Technik.

Die Fragestellung bei der betriebswirtschaftlichen Beurteilung technischer Neuerungen ist somit wie folgt zu konkretisieren:

1. Welche direkte Wirkung hat die Einführung einer bestimmten technischen Neuerung auf wichtige Kennwerte des Produktionsprozesses bzw. Betriebes: Leistungen (Haupt- und Neben-Leistungen), Kosten (fixe und variable Kosten), Kapitaleinsatz (Höhe und Dauer der Bindung), Arbeitseinsatz (Umfang, Verteilung, Schwere) sonstige wichtige Parameter (Risiko, Wartung, Bedienungsschwierigkeiten)?
2. Welche indirekte Wirkung hat die Einführung einer technischen Neuerung, infolge
 - a) der "Kettenstruktur" vieler Prozeßabläufe (schwächstes Glied, Engpaß),
 - b) des technischen Verbundes der mehrseitigen Betriebsmittelverwendung (Mehrweckmaschinen),
 - c) des biologischen Verbundes der Folgemaßnahmen und
 - d) des ökonomischen Verbundes des Wettbewerbs der Produktionszweige um knappe Produktionskapazitäten, der zur Bewertung nach dem Grenznutzen zwingt?
3. Unter welchen Bedingungen ist die Einführung einer technischen Neuerung wirtschaftlich sinnvoll (Einführungsschwelle)?

Diese Fragestellungen sind für den Eingang technischer Neuerungen in die landwirtschaftliche Praxis bedeutsam. Sie können aber auch dem Verfahrenstechniker und Entwicklungsingenieur Informationen über die Bereiche der größten Verbesserungsmöglichkeit und -notwendigkeit geben.

2. Methodische Ansätze zur Behandlung der betriebswirtschaftlichen Fragestellungen

Die betriebswirtschaftliche Beurteilung wird sich in der Praxis nicht nur auf kalkulierbare Größen beschränken, jedoch sind diese das Fundament und Gerüst derselben. Die Kalkulation der ökonomischen Wirkungen, d.h. der Veränderung der Leistungen und/oder Kosten und damit des Wirtschaftserfolges ist daher der Ausgangspunkt und das Ziel aller Bewertungsverfahren.

2.1 Vergleichende Kalkulationsmethoden

Am häufigsten werden technische Verfahren mit vergleichenden Methoden analysiert, um das in Bezug auf ein bestimmtes Auswahlkriterium günstigste Verfahren herauszufinden. Der methodische Ansatz für solche Kalkulationen ist üblicherweise der Verfahrenvergleich auf der Basis der Gesamt- und /oder Durchschnittskostenrechnung. Er wird meist nach dem System der Vollkostenrechnung angestellt, wobei der betreffende Produktions- oder Prozeßbereich aus dem Gesamtbetrieb herausgelöst und isoliert betrachtet wird. Durch den Ausbau zu Nomogrammen kann dieser Verfahrenvergleich zu einer sehr informativen Beurteilungsgrundlage entwickelt werden, Bild 1.

Gegen diesen Verfahrenvergleich auf der Basis isolierter Kostenrechnungen bestehen von betriebswirtschaftlicher Seite keine Bedenken, sofern man sich bei deren Durchführung und Auswertung folgender Unterstellungen bewußt bleibt und deren Gültigkeit überprüft hat:

- a) die übrigen Kosten des Produktionsbereiches bleiben unbeeinflusst; Folgemaßnahmen fallen nicht an;
- b) alle Auswirkungen auf die Kosten sind zu Marktpreisen bewertbar und den Kostenstellen zumeßbar. Für die variablen Kosten der technischen Neuerungen ist dies stets in vollem Umfang gegeben, doch die fixen Kosten werfen das Problem ihrer Verteilung auf, wenn eine Maschine oder Anlage in mehreren Produktionsbereichen verwendet wird;
- c) die technische Neuerung ist ertragsneutral, d.h. die Leistungsseite wird über die Dauer des Einsatzes der techni-

schen Neuerung von dieser nicht direkt beeinflusst; es ergeben sich auch keine indirekten Leistungsauswirkungen durch Zeitverschiebungen z.B. in der Ernte; ferner sind keine Zusatzmaßnahmen notwendig, um das bisherige Leistungsniveau zu erhalten.

Problematisch wird diese Form der Verfahrensbeurteilung jedoch, wenn ein wichtiger Faktor (Arbeit, Kapital) knapp ist und verschiedene Investitionen um diese Faktoren konkurrieren. Hier ist der Faktorpreis (Tariflohn, Kapitalzins) keine ausreichende Bewertung mehr. Besonders trifft dies für den Stundenlohn bei knappen Arbeitskapazitäten zu. Der Grenzwert einer Arbeitsstunde kann in Spitzenbedarfszeiten ein Mehrfaches der Tariflöhne betragen, wenn ein beliebiger "Zukauf" von Zusatzkräften nicht möglich ist; andererseits kann er für eine eingesparte Arbeitsstunde bis zum Grenzwert Null absinken, wenn sie in der betreffenden Zeitspanne nur die freie Zeit vermehrt.

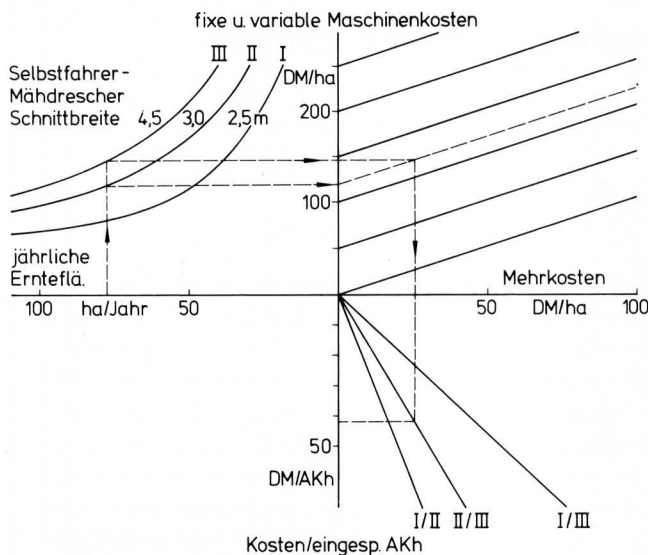


Bild 1. Verfahrensvergleich auf Kostenbasis.

Hier wird geprüft, unter welchen Bedingungen die Wahl eines Selbstfahrer-Mähreschers mit 4,50 m Schnittbreite einem solchen mit 3,0 m Schnittbreite vorzuziehen ist; nämlich wenn der Nutzungswert der Arbeit die Kosten je eingesparte AKh in Höhe von rd. 42 DM deckt.

I : fixe Kosten DM 4035	var. Kosten	I : 2,6 h/ha; I /II 0,4 h/ha
II : DM 6995		II : 2,1 h/ha; II/III 0,6 h/ha
III: DM 9010	26,25 DM/ha	III: 1,5 h/ha; I /III 1,1 h/ha

Wer 25 Jahre zurückdenken kann, wird leicht ein Dutzend Beispiele finden, in denen vergleichende Kostenkalkulationen zwischen Handarbeits- und mechanisierten Verfahren bei Verwendung von Tariflohn-Ansätzen eine eindeutige Unwirtschaftlichkeit der betreffenden Neuerung ergaben (erwähnt seien nur die Umstellung von Pferden auf Schlepper, die Einführung des Mähreschers, der Melkmaschinen, der Ladegeräte bis zum Ladewagen). Trotzdem haben sie sich durchgesetzt, weil die Landwirte sich nicht nach den durchschnittlichen Kosten richteten, sondern betriebswirtschaftlich richtiger dachten: Nach Grenzkosten und Grenznutzen. Für sie war eine mechanisierungsbedingte Kapazitätserweiterung in einer Arbeitsspitze u.U. gleichbedeutend mit der entsprechenden Ausdehnung einer leistungsfähigen Kultur oder umgekehrt, dank technischer Neuerungen konnte oft ein lohnender Produktionszweig trotz Weggang einer Arbeitskraft oder ähnlichem beibehalten werden.

Der Grenznutzen hieraus überstieg die Tariflöhne erheblich. Dieses Denken an der Grenze war bei den intelligenten Praktikern als Grundprinzip schon vorhanden, bevor es die Betriebswirtschaftswissenschaft – nun allerdings wohl formuliert und als Lehrgebäude ausgebaut – in den letzten 20 Jahren zum "Kern" ihrer Wissenschaft gemacht hat.

Während das Kapitalbewertungsproblem nur selten aktuelle Bedeutung erlangt, wird mit dem Problem der Arbeitszeitbewertung ein neuralgischer Punkt der meisten Verfahrensvergleiche berührt. Will man der genannten Schwierigkeit entgehen, dann kann man auf zwei verschiedenen Wegen vorgehen:

- a) Man verzichtet auf eine Bewertung der Arbeitszeit und gibt als Kennwerte der Verfahren lediglich die variablen Kosten und die vom Anschaffungspreis abgeleiteten fixen Kosten an und fügt diesen "Kosten der Technik" weitere nichtmonetäre Kennwerte hinzu, insbesondere eine mit der Neuerung ggf. verbundene Differenz im Arbeitseinsatz; diese Rechnung läßt sich dann weiterführen bis zur Feststellung, mit welchem Preis man die Einsparung einer AK-Stunde zu bezahlen hat, vgl. Bild 1.
- b) Man ermittelt die Kostenverläufe mit unterschiedlichen, sinnvoll geschätzten Bewertungsstufen der Arbeit (oder anderer Faktoren) und zieht daraus seine Schlüsse.

Handelt es sich um einfachere Zusammenhänge, insbesondere um solche mit wenig seitlichen Einflüssen und Beziehungen, dann können auch Simulationsrechnungen nach dem Prinzip der Voranschlagsrechnung einer betriebswirtschaftlichen Beurteilung dienen. So kann man z.B. die Auswirkungen der Anschaffung eines um 15 oder 25 kW stärkeren Schleppers in den verschiedensten Variationen durchspielen und jeweils die Veränderung des

Arbeitsbedarfs bei den Arbeitsgängen, Zeitspannen etc. und der laufenden und fixen Kosten sowie die Kapazitätsreserven ermitteln. Werden alle sinnvollen Möglichkeiten durchgespielt, wäre auf diese Weise sogar ein gemäß einer gewählten Zielsetzung optimales Verfahren zu ermitteln (Kostenminimierung o.ä.).

Komplexe Produktionszusammenhänge, in denen eine bestimmte technische Neuerung nur einen Teil des Verfahrens betrifft und in denen sich eine Vielzahl von technischen Alternativen ergibt, lassen häufig eine sinnvolle Anwendung stark isolierender Ansätze nicht zu. Für sie bietet sich die Netzplantechnik in Form von CPM oder auch von PERT zur Zeit-, Mengen- und Kostenplanung an. Mit ihnen kann man ein sehr detailliertes vergleichendes Verfahren durchführen und zu Informationen über die relative Vorzüglichkeit und Wettbewerbskraft einzelner Verfahrenswege gelangen. Jedoch haftet auch diesen Planungs- und Beurteilungsmethoden der Mangel an, daß sie zwar erforderliche Kapazitäten aber keine Grenzkosten für betrieblich knappe Produktionsfaktoren ermitteln können.

In Bild 2 wird als Beispiel ein einfacher Entscheidungsnetzplan dargestellt, der zur Berechnung des "kürzesten Wegs", in diesem Falle des kostengünstigsten Weges, dienen kann, indem man die natürlichen Größen der Kanten (z.B. AKh-Bedarf) mit Faktorpreisen multipliziert und zu den Gesamtkosten addiert. Die so bewerteten Verfahrenswege lassen dann eine Beurteilung und Entscheidung zu.

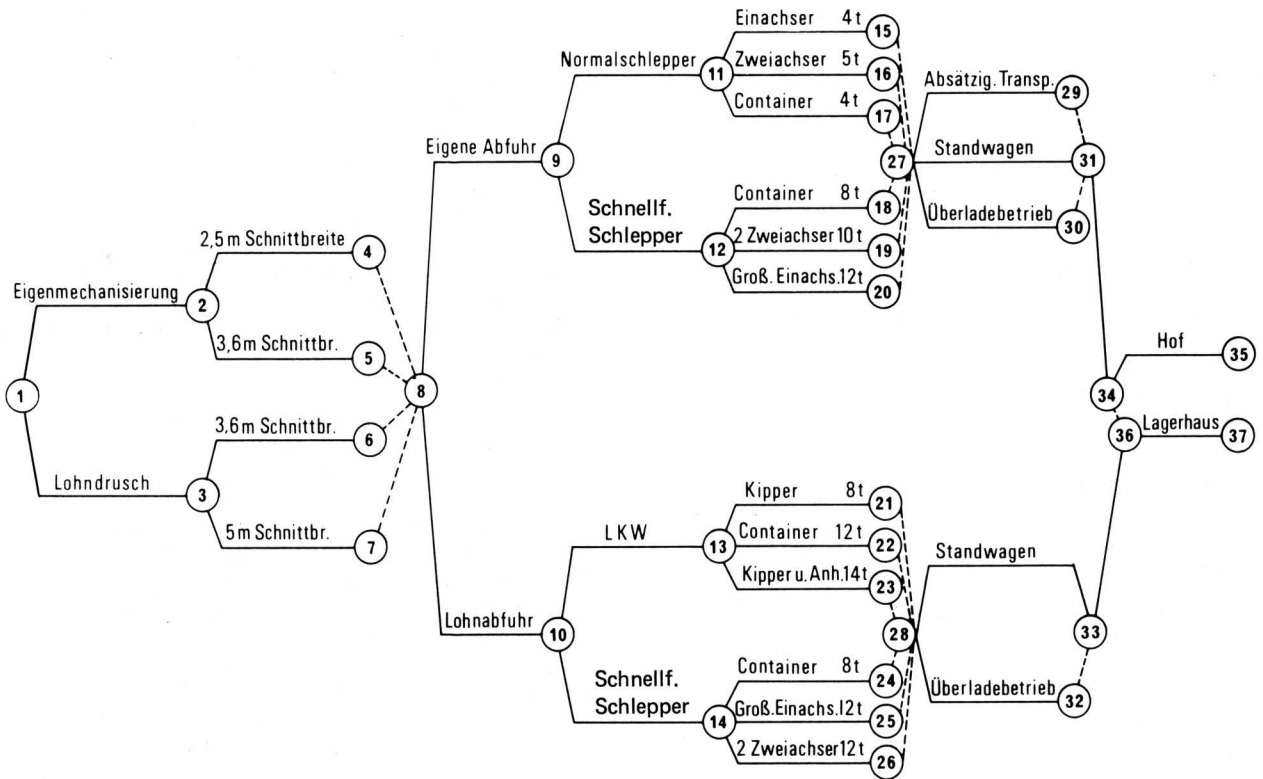


Bild 2. Entscheidungsnetz für Körnerfruchternte und -bergung.

2.2 Optimierende Kalkulationsmethoden

Wo Probleme der Faktorbewertung bei Knappheits- und Überschusssituationen und bei alternativen Verwendungsmöglichkeiten auftreten, werden heute allgemein die optimierenden Kalkulationsmethoden nach dem Grundmodell der linearen Optimierung angewandt. Sie erlauben, technische Neuerungen unter einer oder beliebig vielen verschiedenen Betriebssituationen auf ihre Auswirkungen hin zu überprüfen in Bezug auf die Beanspruchung (Kapazitätsausnutzung), die Grenzwerte der Produktionsfaktoren und auf das finanzielle Ergebnis.

Bei der Prüfung verfahrenstechnischer Fragen sind hierzu allerdings stark disaggregierte Modellansätze zu wählen, um wenigstens die

wichtigsten Verfahrensalternativen einbeziehen zu können. Dadurch werden die Kalkulationsmodelle sehr groß und aufwendig und anspruchsvoll hinsichtlich der Kapazität der Elektronenrechner. Ferner muß die Ganzzahligkeitsbedingung für die Auswahl der technischen Aggregate eingebaut werden und u.U. noch einige stochastische Werte für Zeit- und Kostengrößen. Dadurch sind diese Methoden nicht mehr geeignet für den "täglichen Gebrauch".

In unserer Disziplin setzte sich die Auffassung durch, daß die Anwendungsgebiete der optimierenden Kalkulationsmethoden hier vor allem im wissenschaftlichen Bereich liegen und sie nur in komplexen Beurteilungssituationen von Bedeutung sind, wo ihr Vorzug der endogenen Faktorbewertung nach dem Grenzwertprinzip

zum Tragen kommt und simultan die indirekten Auswirkungen auf das Produktionsprogramm ermittelt werden. Wenn z.B. eine technische Neuerung in einer kritischen Zeitspanne Arbeitsabläufe beschleunigt oder Arbeitskräfte freisetzt, dann kann dies weite Auswirkungen haben. Ein klassisches Beispiel hierfür ist der Nutzen, den die Mechanisierung bestimmter Ernte- und Bestelungsarbeiten im Mehrfach-Reisanbau trotz eines Überhangs an Arbeitskräften bringt. Soll in einem Jahr nach Winterweizen noch zweimal Reis gebaut werden, stehen für die Ernte, Bodenbearbeitung und Pflanzung jeweils nur wenige Tage zur Verfügung. Jede Kapazitätserweiterung bei diesen Arbeiten führt direkt zur Erweiterung der Mehrfacherbaufläche, deren Wert sich an der spezialkostenfreien Ertragsleistung bemisst. Ähnliche Verhältnisse findet man auch, wo der Faktor Zeit als "timeliness" in die Produktionsfunktion eingeht. Erweiterte Optimierungs-Modelle lassen solche Problemstellungen unschwer erfassen; sie lassen vor allem Sensitivitäts- und Stabilitätsanalysen in Bezug auf nur unzureichend abschätzbare Parameter oder variierte Preis- und Betriebsbedingungen zu.

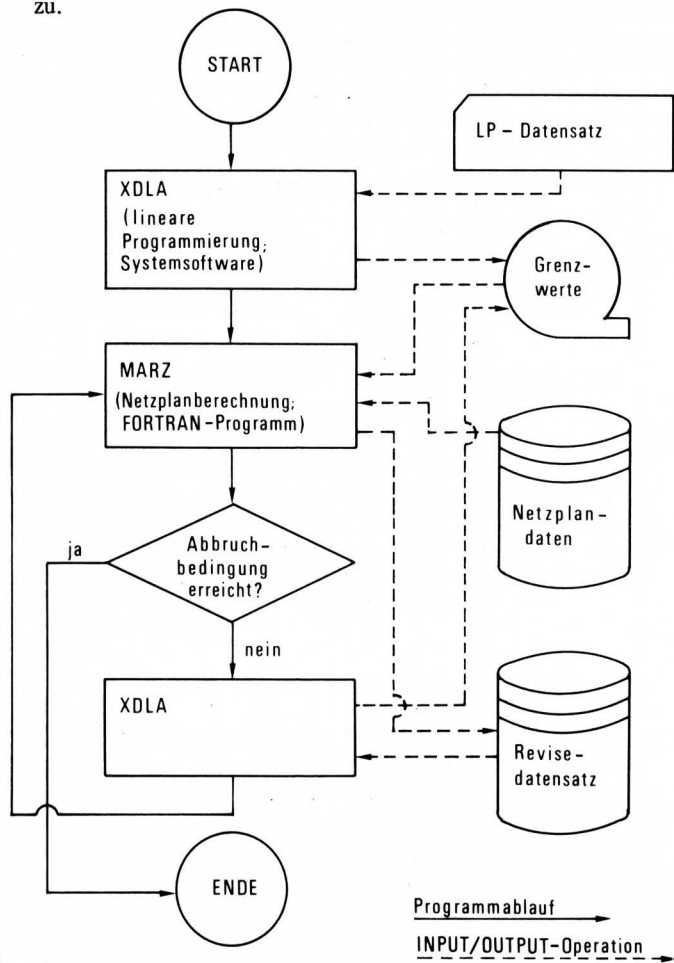


Bild 3. Ablaufskizze für eine Kombination aus Netzplan und Linearer Programmierung (n. F. Litzka u. N. Keller).

Ihr Mangel, daß sie infolge der technisch bedingten Ganzzahligkeitsbedingungen rasch sehr umfangreich und umständlich werden, wurde bereits erwähnt. Dies trifft vor allem dann zu, wenn technische Neuerungen sehr breite Auswirkungen haben und in die verschiedensten Produktionsbereiche hinein ausstrahlen. In der Regel werden dadurch nicht nur andere Verfahrenstechniken berührt, sondern zugleich organisatorische Fragen aufgeworfen, z.B. die Übertragung von Arbeitsgängen an Lohnunternehmen und die Ausdehnung bzw. Einschränkung von Betriebszweigen.

Da, wie gezeigt, die produktionstechnischen Zusammenhänge und Alternativen in den Methoden der Netzplantechnik ihre angemessene Behandlung finden, bietet sich als Ausweg in solchen Situa-

tionen eine Kombination von Netzplantechnik und Optimuskalkulation an. In einem iterativen Verfahren kann dann für die verschiedensten Betriebs- und Wirtschaftsbedingungen ein simultanes Optimum sowohl für die Wahl der Produktionstechnik als auch für das Produktionsprogramm ermittelt werden, Bild 3. Eine Testrechnung für einen rd. 80 ha großen Marktfrüchte anbauenden Betrieb ergab, daß trotz zahlreicher Ganzzahligkeitsbedingungen und großer verfahrenstechnischer Variationsbreite das kombinierte Kalkulationsverfahren mit viel kürzerer Computerzeit ein besseres Ergebnis erbrachte als ein reines Optimierungsmodell.

Methodisch läuft die Kalkulation so ab⁴⁾, daß zunächst in eine LP-Matrix eine beliebige Variante aus den zu beurteilenden alternativen Verfahren eingesetzt und damit für die Betriebsbedingungen ein Optimum errechnet wird. Mit den hierbei anfallenden Grenzwerten der knappen Faktoren werden dann die Kosten der alternativen Wege durch den Netzplan ermittelt und der "kürzeste Weg" ausgesucht. Mit einem Revise-Datensatz wird dieses optimale Verfahren an die Stelle des anfangs gewählten beliebigen Verfahrens gesetzt und die Optimumsrechnung wiederholt. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis keine Verfahrensänderung mehr erfolgt.

Nur am Rande sei noch erwähnt, daß man stochastische Größen oder schlechthin ungewisse Größen, die im technischen Bereich durchaus eine Rolle spielen, insbesondere mit Monte-Carlo-Techniken, d.h. mit dem Einbau von Zufallszahlengeneratoren bearbeiten kann. Diese Methoden sind aber sehr zeitaufwendig, vor allem bei der Formulierung als "Optimierung mit Zufallsbeschränkungen". Eher scheint sich die Monte-Carlo-Technik in Verbindung mit Simulationsrechnungen vom Aufwand und Ergebnis her rechtfertigen zu lassen.

2.3 Wirtschaftlichkeitsrechnungen und Einführungszeitpunkt

So leistungsfähig die genannten optimierenden Kalkulationsmethoden auch sein mögen, sie geben keine Antwort darauf, wann die Einführung einer technischen Neuerung wirtschaftlich sinnvoll ist, und zwar gleichgültig, ob es sich um ein ganz neues Verfahren handelt oder ob der Produktionsprozeß bereits im Gange ist und die Frage des Übergangs zu einem verbesserten Verfahren interessiert.

Grundsätzlich gilt, wenn entschieden werden soll, ob eine neue Anlage einzuführen oder eine vorhandene durch eine verbesserte Anlage zu ersetzen ist, daß dies nur sinnvoll ist, wenn die Vorteile (zusätzliche Leistungen) aus der Neuerung die Nachteile (zusätzliche Kosten) übersteigen oder bei konstanter Leistung eine Kostensenkung eintritt. Diese Schwelle (Einführungszeitpunkt) hat keine konstante Höhe, sondern hängt einerseits von der wirtschaftlichen Überlegenheit der Neuerung (vom Ausmaß der positiven ökonomischen Wirkung) und zum anderen vom Verlauf der Kurve des Wiederveräußerungswertes und der Kurve des Betriebswertes der neuen und der vorhandenen technischen Anlage ab. Diese umschließen infolge des degressiven Absinkens des Wiederveräußerungswertes und der progressiven Abnahme des am Nutzungswert gemessenen Betriebswertes eine fischleibförmige Fläche, Bild 4, die anzeigt, welche Wertdifferenz von der technischen Neuerung ausgeglichen werden muß, damit sie zum Zuge kommt, wobei jedoch die jährlich anfallenden Reparaturkosten, die zur Erhaltung des relativ hohen Betriebswertes notwendig sind, in Abzug zu bringen wären; sie spielen bei der Ermittlung der wirtschaftlich optimalen Nutzungsdauer bzw. des Ersatzzeitpunktes ebenso eine Rolle wie der technische Fortschritt. Diese Beziehungen sind in Bild 4 dargestellt.

Die theoretischen Zusammenhänge ergeben bereits, daß die Einführungs geschwindigkeit einer technischen Neuerung (Anteil der Betriebe, die in einer bestimmten Zeitspanne von ihr ökonomisch sinnvollen Gebrauch machen können) umso höher liegt, je kurzlebiger und reparaturintensiver die vorhandene Anlage, je größer der betriebliche Nutzen der Neuerung und je geringer der Anspruch

⁴⁾ Die Ausarbeitung und Programmierung dieser kombinierten Kalkulationsmethode erfolgte durch F. Litzka, Hohenheim.

der letztgenannten an die Kapitalbeschaffung (Finanzierung), geistige Leistungsfähigkeit und fachliche Kenntnisse ist. Umgekehrt können technische Neuerungen nur sehr langsam dort Eingang finden, wo wenig technische Verbesserungen erfolgen, die wirtschaftliche Nutzungsdauer durch Teilreparaturen über Jahrzehnte ausgedehnt werden kann und überdies die jährliche Einsatzzeit evtl. nur gering ist.

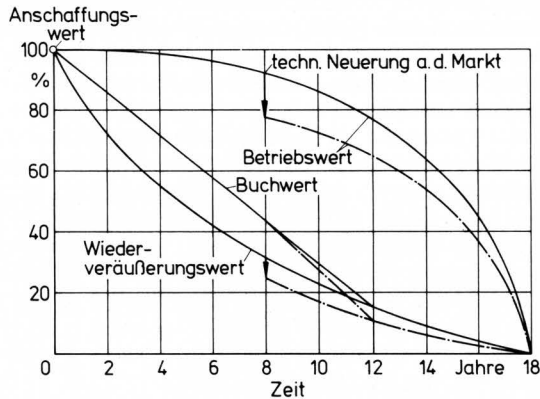


Bild 4. Verlauf von Maschinenwerten.

Will man diese Zusammenhänge kalkulatorisch erfassen und neben der Wirtschaftlichkeit der Einführung einer technischen Neuerung den optimalen Einsatzzeitpunkt oder die Einführungsschwelle ermitteln, dann kann man von zwei verschiedenen Annahmen ausgehen:

Einmal kann man von einer gegebenen Leistung ausgehen, für die die relative Vorzüglichkeit eines neuen gegenüber einem alten Verfahren zu prüfen ist. Unter dieser Bedingung kann man durch Ermittlung der Kostenverläufe mit den bekannten Rechenmethoden die Schwelle ermitteln, bei der der Einsatz oder Eintausch eines neuen Verfahrens vorteilhaft wird. Das kostenminimale Verfahren ist hier das optimale Verfahren; denn sobald die neue Technik im Durchschnitt eine gegebene Leistung billiger erbringt als die alte, ist deren wirtschaftliche Nutzungsdauer beendet; d.h. wenn ihre Grenzkosten höher liegen als die Durchschnittskosten der neuen Technik.

Es liegt auf der Hand, daß in einer solchen Berechnung alle Probleme auftreten, die bereits früher bei den vergleichenden Verfahren genannt wurden, insbesondere wiederum die Schwierigkeit, knappe Faktoren wie die Arbeitszeit in bestimmten Zeitspannen betriebsgerecht zu bewerten. Ferner ist es geradezu ein Merkmal vieler technischer Neuerungen, daß sie Rückwirkungen auf das Produktionsprogramm haben, was hier nicht berücksichtigt wird. Dies trifft auch zu, wenn man mit den Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung von Investitionen wie der Kapitalwert-, Annuitäts- oder Pay-off-Methode die Rentabilität technischer Neuerungen untersucht. Ferner hat man es immer mit ungewissen Erwartungswerten in einer sich wandelnden wirtschaftlichen und technischen Umwelt zu tun.

Diesen Mängeln kann zumindest teilweise wiederum durch die Verwendung von Optimierungsmethoden, nun allerdings mit mehrperiodischem Modellansatz, begegnet werden. Da aber durch die Berücksichtigung der Zeit als Variable der Kalkulationsumfang stark ansteigt, liegt es nahe, mit einem iterativen oder sequentiellen Kalkulationsverfahren die optimale Investitionspolitik in Bezug auf die Einführung technischer Neuerungen zu untersuchen.

3. Zusammenfassung

Zur betriebswirtschaftlichen Bewertung technischer Neuerungen stehen als einfachstes Hilfsmittel vergleichende Verfahren auf der Basis von Kostenkalkulationen zur Verfügung. Sie werden am häufigsten verwendet und ergeben bei sachgemäßer Anwendung und unter Berücksichtigung der darin enthaltenen Angaben wertvolle Beurteilungsmaßstäbe. Sie können als Entscheidungsgrundlage jedoch irreführend sein wie alle Kostenrechnungen. Ihre Unzulänglichkeit liegt in der externen Bewertung der nur betriebsintern korrekt zu bewertenden knappen Produktionsfaktoren, vor allem des Arbeitseinsatzes.

Für die betriebsinterne Faktorbewertung werden Optimierungsmethoden benötigt. Ihre Schwäche liegt in der Unterstellung der Linearität und beliebigen Teilbarkeit der Produktionsprozesse. Um diese zu überwinden, werden sehr umfangreiche Kalkulationsmodelle benötigt, so daß in Verbindung mit der großen Anzahl technischer Alternativen rasch die Grenzen der sinnvollen Anwendung überschritten werden. Hier verspricht die Kombination von Simulations- und/oder Netzplantechnik mit Optimierungsmodellen eine brauchbare Lösung zu werden.

Mehrkomponentenmeßeinrichtung zur direkten Messung von Druck- und Schubbelastungen an Silos

Von Dipl.-Ing. Th. Hesse und Dipl.-Ing. J. Paul, Braunschweig*)

DK 531.787:531.223:621.642.3.04

Zum Messen von Belastungen an Schüttgut-Silos können zwei Verfahren eingesetzt werden: die Kompensationsmessung und die direkte Messung.

Durch eine systematische Untersuchung konnte nachgewiesen werden, daß die direkte Belastungsmessung besonders geeignet ist, gleichzeitig drei orthogonal an einer Meßfläche wirkende Kräfte, eine Druckkraft und zwei

an derselben Fläche angreifende, senkrecht zueinanderstehende Schubkräfte, zu messen.

Durch Einbau dieser 3-Komponenten-Meßeinrichtungen können die beim Silobetrieb maximal auftretenden Belastungen an Wand und Boden kontinuierlich ermittelt werden.

1. Einleitung

Für die Berechnung von Silos steht heute die DIN 1055 Blatt 6 [1] zur Verfügung, die 1964 auf der Basis praktischer Erfahrungen auf dem Gebiet des Silobaus und einer Reihe von in Modellversuchen – ausgehend von Janssen [2] – gewonnenen experimentellen Erkenntnissen erarbeitet worden ist [3]. Die Verfasser

*) Dipl.-Ing. Th. Hesse ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies) der TU Braunschweig, Dipl.-Ing. J. Paul war wissenschaftlicher Assistent an diesem Institut und ist jetzt Entwicklungsleiter der Firma HAKO-Werke, Bad Oldesloe.