

An der Projektierung der Pflegestation sind beteiligt:

Verantwortlich für die Projekt-Grundlösung	KfL „Vogtland“ Oelsnitz-Untermärzgrün
Verantwortlich für das Angebotsprojekt	Kreisentwurfsgruppe Klötze
Bautechnischer Teil	Kreisentwurfsgruppe Klötze, Spezialwerk Thost'scher Feuerungsanlagen KG Zwickau (Sa.)
Technologischer betriebswirtschaftlicher Teil	Ing.-Büro für Rationalisierung beim Bezirkskomitee für Landtechnik Magdeburg
Elektrotechnischer Teil	VEB Landtechnischer Anlagenbau Karl-Marx-Stadt

Das Projekt ist im Mai 1970 vor einem Fachgremium des Staatlichen Komitees für Landtechnik Berlin verteidigt und anerkannt worden. Es kann über den Kreisbetrieb für Landtechnik „Vogtland“ zu nachfolgenden Anwendungsgebühren einzeln bzw. in Verbindung mit der Lieferung von Pflegestationen bezogen werden:

Bautechnischer Teil	3 880 M
Technologischer Teil	963 M
Betriebswirtschaftlicher Teil	720 M
Elektrotechnischer Teil I	280 M
Teil II	345 M
Teil III	120 M
Teil V	30 M

Das Projekt wird 5fach vergeben. Die anfallenden Vielfältigungskosten gehen zu Lasten der Anwender.

A 8138

## Nomographisch dargestellte Arbeitszeitfunktion — ein Weg zur rationelleren Leistungsnormung

Dr. E. FLEISCHER\*

Über die wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten und Aufgaben von Arbeitszeitfunktionen haben wir in dieser Zeitschrift bereits an anderer Stelle berichten können. Wiederholend seien hier nochmals die Themenkreise genannt:

1. Nutzbarmachung von Arbeitszeitfunktionen für die weitere Entwicklung und Vervollkommnung der analytisch-kalkulatorischen Methode der Leistungsnormung [1],
2. Anwendung von Arbeitszeitfunktionen auf die Arbeits- und Verfahrensgestaltung (Bestimmung des Einflusses veränderlicher Arbeitsbedingungen auf Normzeit  $T_{06}$  [2] sowie zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten  $T_{44}$  [3]) und
3. die Anwendung von Arbeitszeitfunktionen auf bestimmte Fragen des Verfahrensvergleichs und der Entscheidungsvorbereitung [4] [5].

Das nächstliegende Aufgabengebiet fällt ohne Zweifel mit dem erstgenannten Themenkreis zusammen: Arbeitszeitfunktionen dienen der Bestimmung des Arbeitszeitbedarfs bzw. der Normzeit oder ihrer Teilsommen. Sie berühren damit wesentliche Fragen der Normung und Vergütung der Arbeit, darüber hinaus aber auch einige Aspekte der Arbeitsdisposition und Maschineneinsatzplanung.

Wissenschaft und Praxis fordern von der Zeitvorgabe vor allem zweierlei: Soll eine Leistungsnorm ihre die Werkstätigen stimulierende, auf die Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen Fortschrittes gerichtete Funktion voll erfüllen, so muß sie

- erstens technisch begründet sein, d. h., sie muß der jeweils gegebenen verfahrenstechnischen Situation so genau als möglich Rechnung tragen;
- zweitens muß die Leistungsnorm den Werkstätigen rechtzeitig vor Inangriffnahme ihres Arbeitsauftrages mitgeteilt werden, d. h., die Ermittlung der Zeitvorgabe selbst darf nicht allzuviel Zeit beanspruchen und muß darum methodisch möglichst einfach zu handhaben sein.

Dieser Widerspruch zwischen den Ansprüchen an die Genauigkeit der Normung einerseits und den Anforderungen an ihre schnelle, einfache Handhabung andererseits macht notwendig, einen Weg zur rationelleren Leistungsnormung zu suchen. Wir sehen eine Möglichkeit darin, Normzeitfunktionen und die analytischen Ausdrücke einer Reihe von Normativen nomographisch darzustellen. Dadurch wird möglich, die den Arbeitszeitfunktionen innewohnende große Genauigkeit mit vereinfachter, zeitsparender Handhabung zu verbinden

und Rechenarbeit einzusparen. Im Zeitbedarf für das Ablesen der gesuchten Werte keineswegs aufwendiger als die bekannten Normenkataloge, haben Nomogramme darüber hinaus den Vorteil, den funktionalen Zusammenhang zwischen Leistungsnorm und veränderlichen Arbeitsbedingungen sinnfällig zu veranschaulichen.

Von den Forderungen und der Problematik der Zeitvorgabe und den Möglichkeiten der Nomographie ausgehend, ist deshalb das Ziel dieses Aufsatzes, die wichtigsten Grundsätze für die Konstruktion von Nomogrammen im allgemeinen sowie einige Beispiele für die nomographische Darstellung von Arbeitszeitfunktionen im besonderen vorzuführen.

### Was ist und was will die Nomographie?

Frei übersetzt, bedeutet das Wort Nomogramm soviel wie die graphische Abbildung eines gesetzmäßigen Zusammenhanges. Das einfachste Nomogramm ist die graphische (ebene) Darstellung von drei Veränderlichen  $y = f(x; p)$ . Es stehen dazu grundsätzlich zwei Wege offen: Entweder wird für drei Veränderliche nach drei Punkten auf einer Geraden oder nach drei Kurven durch einen Punkt gesucht. Dem ersten Weg der Darstellung entsprechen die Leitertafeln, dem zweiten die Netztafeln [6] [7] [8].

Verfolgt man mit der nomographischen Darstellung einer Funktion neben dem Ablesen der Funktionswerte auch die graphische Analyse des funktionalen Zusammenhanges, sind Netztafeln zu bevorzugen. In einer Netztafel wird der analytische Ausdruck sozusagen abgebildet, d. h. durch ganz bestimmte, seine charakteristischen Merkmale aufzeigenden Kurvenzüge dargestellt, die außerdem die zahlenmäßige Abhängigkeit der miteinander verbundenen Größen zu verfolgen erlauben. Eine Leitertafel vermittelt diese Merkmale weniger eindrucksvoll; sie stellt in erster Linie ein in handwerklicher Weise zu bedienendes Recheninstrument dar [6]. Wir werden im folgenden nur mit Netztafeln arbeiten. Während die geometrische Darstellung dreier Veränderlicher  $y = f(x; p)$  im räumlichen Koordinatensystem eine im Raume verlaufende Kurvenfläche ergibt, besteht das Wesentliche bei ihrer nomographischen Darstellung durch eine Netztafel darin, diese Fläche parallel zur  $p$ -Achse auf die  $xy$ -Ebene zu projizieren, sich also die Ausdehnung der Funktionsfläche in die dritte Dimension durch „Höhenlinien“ oder „Schichtlinien“ ersetzt zu denken, die in der Ebene als Parameterschar der Variablen  $p$  dargestellt werden.

\* WZ für Landtechnik Schlieben, Bereich Forschung, Außenstelle Halle

Ein Beispiel für die nomographische Darstellung der Funktion  $y = f(x; p)$  in einer sogenannten einfachen Netztafel zeigt Bild 1. Es handelt sich hierbei um das Nomogramm zur Bestimmung der Arbeitsnorm  $n$  [ha/Schicht] aus

- der Stückzeit  $T_{05}$  in min/ha,
- der Normzeit  $T_{06}$  in min/Schicht<sup>1</sup> sowie
- der Vorbereitungs-, Abschluß- und Wegezeit  $T_6$  in min/Schicht.

$$n \text{ [ha/Schicht]} = \frac{T_{06} \text{ [min/Schicht]} - T_6 \text{ [min/Schicht]}}{T_{05} \text{ [min/ha]}} \quad (1)$$

Um ihn auf drei Veränderliche zu beschränken, drücken wir den Zähler des analytischen Ausdrucks (1) — die um die Vorbereitungs-, Abschluß- und Wegezeit  $T_6$  verminderte Normzeit  $T_{06}$  — sogleich durch die Differenz  $T_{05}$  in min/Schicht, also durch jenen Teil der Schichtzeit aus, der unmittelbar für die Feldarbeit zur Verfügung steht (Stückzeitfonds). Es ist dann

$$n \text{ [ha/Schicht]} = \frac{T_{05} \text{ [min/Schicht]}}{T_{05} \text{ [min/ha]}} \quad (2)$$

In dieser auf den allgemeinen Typ  $y = f(x; p)$  reduzierten Form läßt sich die Beziehung (1) nunmehr unschwer in einer einfachen Netztafel darstellen. Man läßt hierzu eine der beiden unabhängigen Veränderlichen als Parameter variieren, d. h. bildet sie durch eine Kurvenschar ab. In dem logarithmisch geteilten Netz von Bild 1 betrifft dies die Zeitsumme  $T_{05}$  [min/Schicht], die — in Schritten von je 50 min zwischen  $100 \leq T_{05} \text{ [min/Schicht]} \leq 600$  variierend — dort durch elf Kurvenzüge dargestellt wird, während der Stückzeitbedarf  $T_{05}$  [min/ha] an der senkrechten Skala links im Nomogramm abgetragen wird. Dem eingezeichneten Ableseschema folgend, ist die zugeordnete Arbeitsnorm  $n$  [ha/Schicht] sodann auf der horizontalen Skala des Nomogramms abzulesen.

Häufig treten in einem funktionalen Zusammenhang mehr als drei Veränderliche auf. Hinreichende Zerlegbarkeit<sup>2</sup> des analytischen Ausdruckes vorausgesetzt, ist in diesem Fall seine nomographische Darstellung durch Anfügen weiterer Netztafeln auf folgende Weise möglich: Jede Teilfunktion wird zunächst in einer gesonderten Netztafel dargestellt; sodann sind die Netztafeln so aneinanderzufügen, daß jeweils zwei Tafeln durch die Kurvenschar jener Hilfsgröße verbunden werden, die den entsprechenden zwei Teilfunktionen

gemeinsam ist. Man bezeichnet diese gemeinsame Kurvenschar auch als Zapfenschar.

Was dies im einzelnen für die Anwendung der Nomographie auf die Leistungsnormung bedeutet und wie einfache oder zusammengesetzte Netztafeln zu konstruieren sind, sei in dem nun folgenden Abschnitt dargestellt.

### Konstruktion und Handhabung von Arbeitszeitnomogrammen

Unter den Funktionen von mehr als zwei unabhängigen Veränderlichen lassen sich vor allem jene vergleichsweise leicht nomographisch darstellen, deren analytische Ausdrücke aus einer beschränkten Anzahl von Multiplikations- und Divisionsaufgaben bestehen. Ein Beispiel aus dem Bereich der Leistungsnormung bildet die Formel zur Bestimmung der Wendezeit  $T_{21}$  [min/ha].

Bekanntlich genügt diese Teilzeit der Beziehung

$$T_{21} = \frac{B_S \cdot t}{F \cdot B_A} \text{ [min/ha]}. \quad (3)$$

Darin bedeuten:

- $B_S$  größte Schlagbreite quer zur Arbeitsrichtung in m,
- $F$  Schlaggröße in ha,
- $t$  erforderliche Hilfszeit je Wendung in min und
- $B_A$  Arbeitsbreite der Maschinen oder Geräte in m.

Um die Wendezeitfunktion (3) in einer zusammengesetzten Netztafel darstellen zu können, müssen wir sie in simultane Teilfunktionen der allgemeinen Form  $y = f(x; p)$  zergliedern. Wir wählen hierbei folgende Aufteilung:

$$B_{ha} = \frac{B_S}{F} \quad (\cong \text{mittlere ha-Breite}) \quad (3.1)$$

$$Z = \frac{B_{ha}}{B_A} \quad (\cong \text{Anzahl der Wendungen je ha}) \quad (3.2)$$

$$T_{21} = Z \cdot t \quad (\cong \text{Wendezeit je ha}). \quad (3.3)$$

Hierbei stellen  $B_{ha}$  und  $Z$  Zwischengrößen dar, die zwar aus konstruktiven Gründen (als Zapfenschar) notwendig sind, jedoch nicht in die Lösung eingehen.

Bei der Konstruktion einer nomographischen Darstellung der Wendezeitfunktion (3) ist nun wesentlich, die drei den Teilfunktionen (3.1 bis 3.3) zugeordneten Netztafeln richtig zusammenzulegen. Richtig sind die Netztafeln dann aneinandergefügt, wenn jene Achsen zusammenfallen (d. h. Zapfenschar bilden), denen jeweils eine Variable gemein-

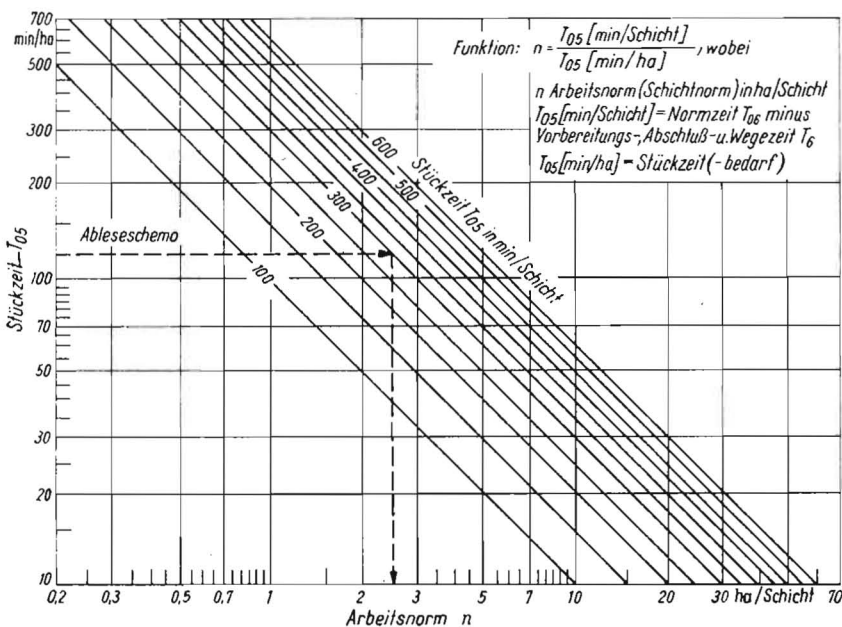


Bild 1  
Nomogramm zur Bestimmung der Arbeitsnorm

<sup>1</sup> Unter der Annahme  $T_7$  (Verlustzeiten sonstiger Art) = 0 hier vereinfachend mit der Schichtzeit  $T_{07}$  gleichgesetzt

<sup>2</sup> Die Funktion muß derart in simultane Teilfunktionen der allgemeinen Form  $y = f(x; p)$  zerlegbar sein, daß sich nach Elimination der eingeführten Hilfsgrößen wieder die Ausgangsbeziehung ergibt. Ein Nomogramm läßt sich also nur konstruieren, wenn für die Funktion ein analytischer Ausdruck vorliegt. Aufgrund begrenzter Zerlegbarkeit ist jedoch nicht jeder analytische Ausdruck nomographisch darstellbar! Wie die Zerlegbarkeit zu verstehen ist, verdeutlichen die folgenden Beispiele.

Bild 2  
Nomogramm zur Bestimmung der Wendezeit  $T_{21}$   
(äquidistante Teilung)

1. Netztafel:  $B_{ha} = \frac{B_S}{F}$

sam ist. Wie das zu geschehen hat, zeigt das auf ein äquidistant geteiltes Netz aufgetragene Nomogramm im Bild 2. In diesem Nomogramm bringt

- die 1. Netztafel den Zusammenhang zwischen Schlagbreite  $B_S$ , Schlaggröße  $F$  und mittlerer Hektarbreite  $B_{ha}$ ,
- die 2. Netztafel den Zusammenhang zwischen mittlerer ha-Breite  $B_{ha}$ , Arbeitsbreite  $B_A$  und der Anzahl  $Z$  je ha notwendiger Wendungen und
- die 3. Netztafel schließlich den Zusammenhang zwischen der Zahl  $Z$  der Wendungen, der je Wendung notwendigen Zeit  $t$  und der Wendezeit  $T_{21}$  in min/ha

zum Ausdruck. Deutlich wird hierbei die Rolle, die die Hilfsgrößen  $B_{ha}$  und  $Z$  als Zapfenschar spielen,  $B_{ha}$  als Zapfenschar zwischen 1. und 2. Netztafel,  $Z$  als Zapfenschar zwischen 2. und 3. Netztafel.

Das vorgeführte Beispiel lehrt noch ein zweites: es hilft, eine Regel dafür aufzustellen, wieviel Leiter- oder Netztafeln beim Vorliegen eines funktionalen Zusammenhangs zwischen  $n$  Veränderlichen anzuwenden sind:

Die einzelne Netztafel umfaßt drei Kurvenscharen. Bei  $m$  Tafeln sind also  $3m$  Kurvenscharen gegeben. Je zwei Tafeln müssen durch die gleiche Kurvenschar als Zapfenschar verbunden werden. Man muß also, um eine Tafel mit  $m-1$  anderen Tafeln verbinden zu können,  $m-1$  Zapfenscharen haben. Es werden dazu, da die Zapfenscharen in je zwei Tafeln auftreten müssen,  $2(m-1)$  Kurvenscharen benötigt. Mit  $m$  Tafeln kann man deshalb

$$n = 3m - 2(m - 1)$$

oder

$$\bar{n} = m + 2$$

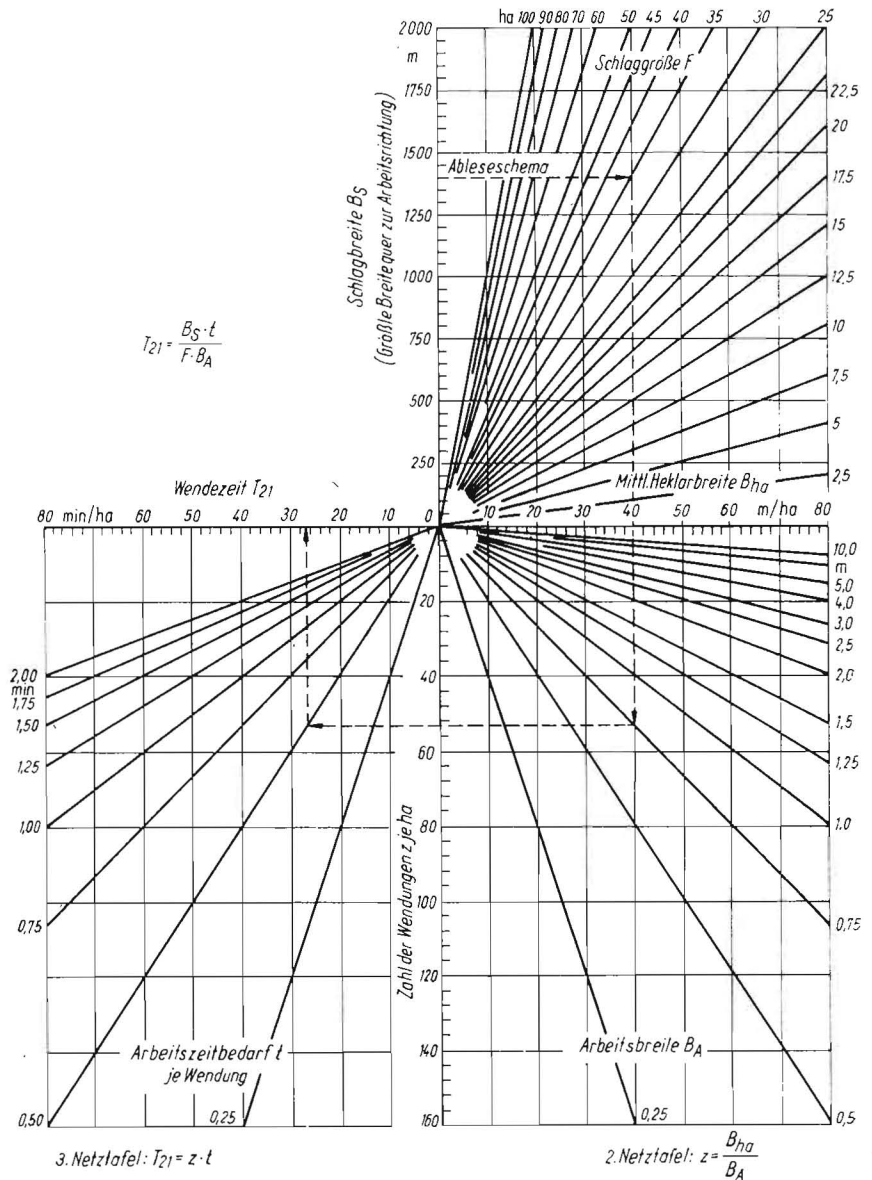
Veränderliche behandeln. Umgekehrt braucht man zur Behandlung von  $n$  Veränderlichen  $m = n - 2$  Tafeln [7].

Auch die praktische Handhabung will erlernt sein und verlangt etwas Einübung. Das Nomogramm im Bild 2 wird entsprechend der Anordnung seiner Netztafeln im Uhrzeigersinn abgelesen.

Anders strukturierte analytische Ausdrücke können zu ihrer nomographischen Darstellung indessen auch andersgeartete Ablesevorschriften erforderlich machen. Darum ist in jedes Nomogramm ein Ableseschema einzuzeichnen. Zum Ablesen selbst verwendet man am besten ein Lineal aus Plexiglas. In unserem Beispiel ist es viermal anzulegen, also gerade sovielmals, wie die Funktion unabhängige Veränderliche zählt. Wer einmal selbst Normzeitnomogramme konstruieren will, denke bei der Gestaltung ihrer äußeren Form vor allem an folgende vier Dinge:

1. Jede nomographische Darstellung einer Funktion setzt voraus, die Veränderlichkeit der Variablen auf ein bestimmtes Intervall zu beschränken. Dieses ist im allgemeinen um so enger zu wählen, je höhere Anforderungen an die Genauigkeit des Nomogramms zu stellen sind.
2. Die Ablesegenauigkeit wächst mit zunehmendem Format des Nomogramms. Andererseits setzt die Forderung nach

$$T_{21} = \frac{B_S \cdot t}{F \cdot B_A}$$



Handlichkeit der Netztafel der Vergrößerung bestimmte Grenzen. Aus der Sicht der Genauigkeitsansprüche dürfte für arbeitswirtschaftlich-technologische Nomogramme ein Format von max. A 3 im allgemeinen ausreichend sein.

3. Um sowohl das Verständnis des nomographisch dargestellten Zusammenhangs als auch die praktische Handhabung des Nomogramms zu erleichtern, ist auf übersichtliche Darstellung und ausreichende Beschriftung zu achten. Ferner sollten
4. in jedem Falle der den einzelnen Tafeln des Nomogramms zugrunde liegende analytische Ausdruck und dessen Teilfunktionen angegeben werden. Die Kenntnis des abgebildeten analytischen Ausdrucks ist insbesondere notwendig, um Interpolationsfehler gegebenenfalls berichtigen oder außerhalb des Nomogramms liegende extreme Funktionswerte berechnen zu können.

Welche Netzteilung zu wählen ist, hängt vor allem von den Forderungen, die an die Übersichtlichkeit und zeichnerische Genauigkeit des Nomogramms zu stellen sind, ferner auch vom jeweiligen Funktionstyp ab. Beispielsweise lassen sich durch bestimmte ungleichförmige Skalenteilungen Kurvenzüge zu geraden Linien strecken, etwa Hyperbeln zu Gera-

den, wenn anstatt der äquidistanten eine reziproke<sup>3</sup> Teilung verwendet wird. Für die praktische Konstruktion bedeutet dies eine große Erleichterung.

Vergleichsweise häufig wird das logarithmisch geteilte Netz benutzt. Diese von den üblichen Rechenschiebern her bekannte Teilung ist vor allem dann von Vorteil, wenn Aufgaben mit Hilfe von Logarithmen berechnet werden sollen. Ein logarithmisch geteiltes Netz ist jedoch nicht immer brauchbar, so etwa dann nicht, wenn in dem nomographisch darzustellenden Ausdruck neben Multiplikationen oder Divisionen auch Rechenoperationen niedriger Ordnung (Addition, Subtraktion) vorkommen. Ein Beispiel für diesen Fall bildet die Stückzeitfunktion für die vollmechanisierte Stallungsausbringung mit Lader T 172 und Mehrzweckanhänger T 087 oder einem ähnlichen Maschinensystem. Sie lautet

$$T_{05} = 126 \frac{E}{v} + 1,05 N \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right) + 1,32 \text{ [min/St.]} \quad (4)$$

wobei  $E$  Feldentfernung in km/St.

$v$  mittlere Fahrgeschwindigkeit von Last- und Leerfahrt in km/h  $T_1$

$N$  Nutzlast der eingesetzten Transporteinheiten in dt/St.

$l_1$  Beladeleistung in dt/min  $T_1$  und

$l_2$  Entladeleistung in dt/min  $T_1$  sind.

Zunächst stößt bei diesem Ausdruck eine den nomographischen Konstruktionsmöglichkeiten gerecht werdende Zerlegung in simultane Teilfunktionen der allgemeinen Form  $y = f(x; p)$  auf gewisse Schwierigkeiten, die man nur dadurch umgehen kann, daß entweder die Beladeleistung  $l_1$  oder die Entladeleistung  $l_2$  bei einem bestimmten Wert festgehalten wird.

Wir wollen hier die Beladeleistung als Veränderliche behandeln und die Entladeleistung mit  $l_2 = 6$  dt/min konstant

<sup>3</sup> Für die reziproke oder hyperbolische Teilung ist charakteristisch, daß sie im Gegensatz zur gewohnten Weise nicht von links nach rechts bzw. von unten nach oben, sondern in Richtung auf den Koordinatenursprung fortschreitet und daß sich die metrischen Werte beim Fortschreiten der Skala außerordentlich rasch verkürzen. Die geometrische Konstruktion der hyperbolischen Leiter beruht auf dem Strahlensatz.

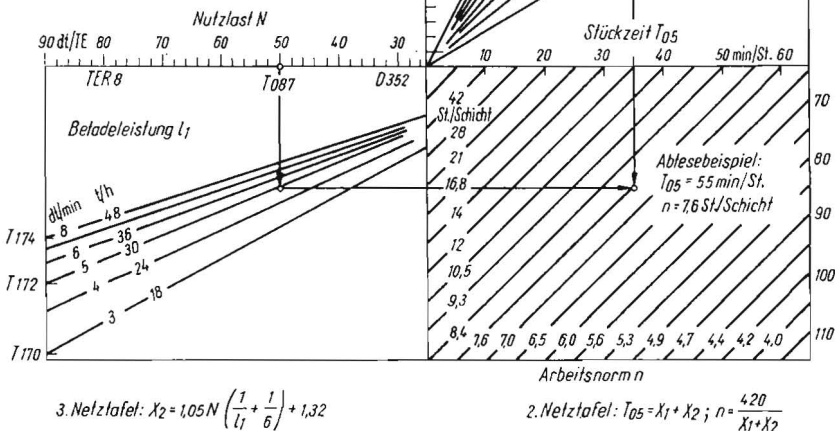
Stückzeit:

$$T_{05} = 126 \frac{E}{v} + 1,05 N \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right) + 1,32 \text{ [min/St.]}$$

Arbeitsnorm:

$$n \text{ [St./Schicht]} = \frac{(T_{06} - T_6) \text{ [min/Schicht]}}{T_{05} \text{ [min/St.]}}$$

wobei: Entladeleistung  $l_2 = 6$  dt/min  
 Normzeit  $T_{06} = 480$  min/Schicht  
 Vorbereitungs-, Abschluß- und  
 Wegezeit  $T_6 = 60$  min/Schicht



halten. Unter dieser Einschränkung läßt sich Beziehung (4) in folgende drei Teilfunktionen zerlegen

$$x_1 = 126 \frac{E}{v} \quad (4.1)$$

$$x_2 = 1,05 N \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{6} \right) + 1,32 \quad (4.2)$$

$$T_{05} = x_1 + x_2 \quad (4.3)$$

Die Veränderlichen  $x_1$  und  $x_2$  stellen wiederum Hilfsgrößen dar, und zwar entspricht  $x_1$  der Fahrtzeit,  $x_2$  der Be- und Entladezeit zuzüglich der je Umlauf eines Stallungstreuers erforderlichen Wartungszeit. In der Teilfunktion (4.3) müssen — um zur Stückzeit  $T_{05}$  zu gelangen — beide Hilfsgrößen addiert werden. Eine logarithmische Netzteilung muß darum ausscheiden.

Wie ist nun bei der nomographischen Darstellung einer solchen Funktion zweckmäßig vorzugehen? Wir schlagen den in Bild 3 gewählten Weg vor. Den Teilfunktionen der Stückzeitfunktion (4) entsprechend, besteht dieses Nomogramm aus drei Netztafeln, das eingetragene Ableseschema verdeutlicht die Handhabung.

### Schlußfolgerungen

Unsere bisherigen Ausführungen haben hinreichend deutlich gemacht, daß Nomogramme in ihrer Eigenschaft als Rechenhilfsmittel und als Wertespeicher von Funktionswerten die praktische Zeitvorgabe wirksam zu rationalisieren vermögen. Dies drückt sich darin aus, daß bei Verwendung von Arbeitszeitfunktionen anstelle der andernfalls notwendigen laufenden Rechenarbeit die einmalige Berechnung des Nomogramms und dessen anschließende Zeichnung treten. Von der Frage ausgehend, für welche Arbeiten bzw. Teilarbeiten die nomographische Darstellung des Arbeitszeitbedarfs besonders angebracht sei, folgt hieraus, daß vorrangig häufig wiederkehrende Arbeiten für die nomographische Leistungsnormung zu erschließen sind. Insbesondere sollten ständig gebrauchte Normative — soweit sie funktional von dritten Größen abhängen — nomographisch dargestellt werden. Für die Zeitvorgabe weniger häufig wiederkehrender Arbeiten kann man sich dagegen mit den herkömmlichen, den bekanntesten Normenkatalogen entnommenen Normzeiten begnügen oder — sofern möglich und vorhanden — auf die analytischen

Ausdrücke der entsprechenden Arbeitszeitfunktionen zurückgreifen und die Normzeit damit von Fall zu Fall neu berechnen.

Darüber hinaus helfen Arbeitszeitnomogramme nicht nur, durch Einsparung von Rechenzeit die Leistungsnormung zu rationalisieren, sondern lassen sich auch zur graphischen Analyse arbeitsökonomisch-technologischer Zusammenhänge einsetzen, schaffen also auch Ansatzpunkte für die Rationalisierung der den Leistungsnormen zugrunde liegenden Arbeitsverfahren selbst. Wir haben eine solche nomographische Verfahrensanalyse bereits an anderer Stelle [5] am Beispiel der Gülleausbringung mit Tankwagen abgehandelt. Generell sei abschließend zu dieser Art von graphischer Analyse nochmals betont, daß Nomogramme den spezifischen Einfluß einzelner arbeitszeitbeeinflussender Größen auf den

(Schluß auf Seite 88)

Bild 3  
 Stückzeit und Arbeitsnorm für die vollmechanisierte Stallungsausbringung mit Lader T 172 und Mehrzweckanhänger T 087 oder einem ähnlichen Maschinensystem

Die Nutzung der Prozeßoptimierung als Entscheidungshilfe für die operative Leitungstätigkeit läßt erwarten, daß in Zukunft LPG, VEG und ihre Kooperationsgemeinschaften selbst Teilprobleme des Produktionsprozesses optimieren. Bis zum Zeitpunkt der massenweisen Anwendung von technologisch-ökonomischen Modellen in der Planungspraxis erscheint es jedoch angebracht, den Praktikern vorbereitete Entscheidungen für ein genügend dichtes Netz von Varianten in Katalogform in die Hand zu geben.

Der von uns erarbeitete Katalog „Optimale Mähdruschkomplexe“ ist als Entscheidungshilfe für die richtige Disposition des Arbeitskräfte- und Maschineneinsatzes transportverbundener Fließarbeitsverfahren konzipiert, für die er unter Berücksichtigung des Optimalitätskriteriums „minimale Verlustzeitkosten ( $T_{44}$ -Kosten)“ konkrete Angaben über die optimale Zuordnung von Transportmitteln und Arbeitskräften zu einer vorgegebenen Anzahl von Mähdreschern E 512 zur Verfügung stellt, vgl. auch [1] [2] [3]!

## 1. Die Bedeutung der Komplexoptimierung für die Arbeitsdisposition

Die von den 1820 Variantenoptima des Katalogs „Optimale Mähdruschkomplexe“ ausgewiesenen zahlenmäßigen Zuordnungen von Mähdreschern (Schlüsselmaschinen), Transportmitteln und Arbeitskräften bei vorgegebener MD-Anzahl und gegebenen sonstigen Bedingungen stellen die jeweils optimale Arbeitsdisposition dar. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie organisatorische Verlustzeiten  $T_{72}$  ausschließt und die Kosten der zyklischen verfahrensbedingten Verlustzeiten  $T_{44}$  so klein wie möglich hält.

Entspricht die von den Einsatzleitern getroffene Arbeitsdisposition nicht den im Katalog angegebenen optimalen Zuordnungen arbeitsteilig eingesetzter Arbeitskräfte und Arbeitsmittel, wird die Fließarbeit also „falsch“ disponiert, so treten zusätzlich zu den unvermeidlichen technologischen Verlustzeiten  $T_{44}$  noch in mehr oder weniger großem Umfang die genannten organisatorischen Verlustzeiten der Kategorie  $T_{72}$  auf, vgl. auch [4]!

Die volle Bedeutung der optimierten Komplexvarianten läßt sich mithin erst ermessen, wenn man sie mit Situ-

ationen vergleicht, wo die empirisch gewählte Disposition von der berechneten abweicht und deshalb in unterschiedlicher Höhe die Verlustzeit  $T_{72}$  und die mit ihr verknüpften Kosten in Erscheinung treten [2]. Derartige Dispositionsfehler äußern sich bei vorgegebener Mähdrescheranzahl  $m$  einerseits darin, daß die Anzahl tatsächlich eingesetzter Transporteinheiten TE von der optimalen Anzahl  $n$  mehr oder weniger abweicht. Im günstigsten (und zugleich wohl häufigsten) Falle wird es sich hierbei um  $n \pm 1$  TE handeln. Andererseits ist u. U. mit der Möglichkeit zu rechnen, daß zwar die Anzahl  $n$  insgesamt notwendiger TE richtig bemessen ist, aber ihre Aufteilung in die Arbeitszyklen „Ausbunkerung-Feldfahrt-Ladungskontrolle“ und „Lastfahrt-Entladung-Leerfahrt“ nicht im Sinne des Optimierungsergebnisses erfolgt, also beispielsweise nicht genügend „Feld-TE“ zur Ausbunkerung der MD bereitstehen oder nicht ausreichend „Fahrt-TE“ zum Abfahren der Körner vorhanden sind.

Welche Auswirkungen derartige Dispositionsfehler auf Verlustzeiten, Verfahrenskosten u. a. Größen haben, sei an einigen Beispielen demonstriert (Tafel 1 und Tafel 2).

Im einzelnen soll bei der Diskussion von Tafel 1 — an die Kennwerte zweier richtig disponierter, generell durch die Zuordnung  $m$  MD und  $n$  TE charakterisierter Maschinenkomplexe des Katalogs [3] anknüpfend — die Auswirkungen der beiden Fehldispositionen

$$m \text{ MD} + (n + 1) \text{ TE und}$$

$$m \text{ MD} + (n - 1) \text{ TE}$$

einander gegenübergestellt werden. Tafel 2 vergleicht die Zuordnung

$$m \text{ MD} + (n - 1) \text{ TE}$$

wobei einmal eine Fahrt-TE und ein anderes Mal eine Feld-TE zu wenig vorgesehen wurden.

Schließlich ist für eine möglichst rationelle Disposition der Arbeit wichtig zu wissen, unter welchen Bedingungen eine Verringerung (oder Vergrößerung) des MD-Komplexes um jeweils eine Einheit, also Einsatz von  $m \pm 1$  MD anstelle der ursprünglich geplanten  $m$  MD, keine Veränderung der Anzahl  $n$  notwendiger Transporteinheiten erforderlich ist, bei welchen Komplexgrößen also ein vergleichsweise hohes Maß technologischer Variabilität und Zuverlässigkeit des Verfahrensablaufs zu beobachten sind.

Eine Übersicht mit Beispielen von unterschiedlich großen MD-Komplexen aber gleicher TE-Anzahl gibt Tafel 3. Diese Tafel informiert über jene vorteilhaften MD-Komplexe, die beim Auftreten funktioneller oder technischer Standzeiten  $T_{41}$  bzw.  $T_{42}$  bei einem der beteiligten Mähdrescher keine technologisch bedingten Standzeiten  $T_{43}$  auf Seiten der eingesetzten Transporteinheiten verursachen.

Ausgehend von diesem knappen Abriß des Verhältnisses von Verfahrensoptimierungsergebnissen zur Arbeitsdisposition transportverbundener Fließarbeitsverfahren [2] werden folgende Fragenkreise zu behandeln sein:

1.1 richtige Arbeitsdisposition ( $n$  TE)

1.2 falsche Arbeitsdisposition ( $n \pm 1$  TE)

1.3 falsches Verhältnis zwischen Fahrt-TE und Feld-TE

1.4 Beziehungen zwischen Komplexgröße und technologischer Zuverlässigkeit des Verfahrensablaufs ( $m \pm 1$  MD)

### 1.1. Richtige Arbeitsdisposition ( $n$ TE)

Über die optimale Zuordnung von Transporteinheiten zu einem 5er-MD-Komplex bei 4 und 32 km Entfernung sowie gegebenen sonstigen Bedingungen informiert Tafel 1, Z. 1 und 2, Sp. 3 und 6!

\* WTZ für Landtechnik Schlieben (Direktor: Dipl.-Ing. K. ALGENSTAEDT, Bereich Forschung, Außenstelle Halle/S.

(Schluß von Seite 87)

Arbeitszeitbedarf eines Verfahrens nur näherungsweise zu bestimmen vermögen. Exaktere Aufschlüsse hierüber erhält man durch partielle Differentiation der betreffenden Arbeitszeitfunktionen [2].

## Literatur

- [1] FLEISCHER, E.: Arbeitszeitfunktionen — eine weiterentwickelte Methode analytisch-kalkulatorischer Leistungsnormung (I u. II). Deutsche Agrartechnik (1969) H. 9, S. 432 bis 435 und (1969) H. 10, S. 484 bis 485
- [2] FLEISCHER, E.: Zur Bestimmung des Gewichtes veränderlicher Einflußgrößen. Deutsche Agrartechnik (1968) H. 12, S. 562 bis 565
- [3] FLEISCHER, E.: Zyklische verfahrensbedingte Verlustzeiten transportverbundener Fließarbeitsverfahren und Möglichkeiten ihrer Senkung. Deutsche Agrartechnik (1969) H. 1, S. 36 bis 40
- [4] FLEISCHER, E.: Bringt Zwischenlagerung des Stalldunges am Feldrande arbeitsökonomische Vorteile? Deutsche Agrartechnik (1969) H. 4, S. 169 bis 173
- [5] FLEISCHER, E.: Ökonomische Parameter zur Gülleausbringung mit Tankfahrzeugen unterschiedlicher Nutzmasse. Deutsche Agrartechnik (1969) H. 7, S. 324 bis 328
- [6] KURWIN, H.: Graphisches Rechnen. Leipzig 1949
- [7] MULLER, A.: Nomographie für die technische Praxis. Leipzig 1952
- [8] PENTKOWSKI, M. W.: Nomographie. Berlin 1953 A 7829