

PROBLEME IN DER MESSUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT VON INDUSTRIEFORSCHUNGEN

Von

J. KLÁR

(Eingegangen am 14. Januar, 1965)

Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind in der sozialistischen Wirtschaft und Industrie allgemein und überall üblich. Häufig haftet ihnen indes der Fehler an, daß sie — ohne Verschulden der Personen, die sie durchführen — bald ungenau, bald unvollständig sind, weil sie nur irgendein Teilproblem erfassen. Dies ist ihnen als größter Fehler anzurechnen, weil es den Wert und Zweck der ganzen Berechnungen in Frage stellt, weil es »rechnerisch« untermauert, was gar nicht berechnet wurde.

Auf einen der Gründe für die Ungenauigkeit dieser Berechnungen und auf deren unterschiedliche Unbestimmtheiten verweist ROMÁN*, der die Quellen der in Wirtschaftlichkeitsberechnungen unvermeidlich auftretenden Unbestimmtheiten in folgenden Punkten zusammenfaßt:

1. Die in den Ist-Zahlen und in den Berechnungen enthaltenen Ungenauigkeiten.

2. Die Bedingtheit der äußeren Parameter (wie Preise, Lohntarife, Abschreibungsnormen, Zinsfuß, Devisenkurse u. dgl. m.).

3. Die Bedingtheit der »Voraussicht« in die Zukunft.

Erhöht wird die Unbestimmtheit — nach Román — gegebenenfalls auch dadurch, daß die Absteckung des »Zwischenzieles«, dessen Erreichung auf wirtschaftlichem Wege jeweils gesucht ist — auf das Endziel bezogen —, den Wirtschaftlichkeitsanforderungen möglicherweise nicht entsprochen hat.

Schließlich ist als äußerst wesentliche und ziemlich allgemeine Quelle der Unbestimmtheiten die Tatsache anzusehen, daß das »Modell« der Berechnungen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle von einer Reihe vereinfachender Annahmen und Vernachlässigungen ausgeht. (So werden beispielsweise nur einzelne Ergebnisse oder Aufwendungen geprüft, weiterhin die Auswirkungen der Entscheidung nur auf die nahe Zukunft bezogen oder nur in ihrer Beziehung zum unmittelbar tangierten »System« bzw. zum Produkt, Unternehmen, Industriezweig usw. analysiert.)

* Z. Román: Die Unbestimmtheiten in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Industriegewirtschaftslehre 10, 9 (1964).

Die allgemeinen Schwierigkeiten der Wirtschaftlichkeitsberechnungen, wie sie sich aus diesen Unbestimmtheiten ergeben, sind auch in der Praxis hinlänglich bekannt. Da sie zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht eben leicht und auch nicht rasch genug eliminiert werden können, bleibt nur die eine Möglichkeit, sich der Lösung der Aufgabe trotz aller ihrer Schwierigkeiten dennoch zu unterziehen und zu trachten, das Gewicht dieser Schwierigkeiten tunlichst herabzumindern.

Ganz gleich liegen die Dinge dem Wesen nach auch bei den Berechnungen über die Wirtschaftlichkeit eines guten Teiles der industriellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Von der Notwendigkeit solcher Berechnungen hat sich nun auch schon der überwiegende Teil der zuständigen Stellen überzeugt.

Derartige Berechnungen werden denn auch — wo es sich als nötig erweist — tatsächlich schon durchgeführt, doch zeigt die Erfahrung, daß die weiter oben erwähnten Unbestimmtheitsfaktoren auch hier ernste Schwierigkeiten bereiten.

Unter anderem ist es auch auf diesem Sektor vor allem das Fehlen vieler wichtiger Ausgangsdaten, welches die Berechnungen erschwert. Selbst bei großen Forschungsanstalten kommt es vor, daß die Buchführung einzelne für die Prüfung der Wirtschaftlichkeit von Forschungen unerläßliche Ausgangsdaten nicht zur Verfügung stellen kann.

Schwierigkeiten ergeben sich bei der Ermittlung der äußeren Parameter vor allem aus der Veranschlagung der Inlands- und der Weltmarktpreise sowie aus der Bestimmung der Devisenkurse.

Die größte Unbestimmtheit geht in diese Berechnungen natürlich mit den verschiedenen Schätzungen ein, die wegen des zwangsläufigen Vorausblicks in die Zukunft nicht zu vermeiden sind.

In seinem erwähnten Artikel weist Román darauf hin, daß selbst jene Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die sich ganz exakt durchführen ließen, regelmäßig »frisiert« werden, bloß um diese oder jene Investition in den Augen der zuständigen Aufsichtsbehörde günstiger aufscheinen zu lassen, als sie tatsächlich ist.

Zu den Unbestimmtheitsfaktoren gehört ferner die Tatsache, daß sich die Wirtschaftlichkeit von Grundlagenforschungen fast nie, jene der Forschungen auf dem Gebiet der angewandten Wissenschaften gleichfalls nur selten messen läßt.

Ja selbst über den Begriff der Wirtschaftlichkeit von Forschungen herrscht häufig Unklarheit, und dies selbst dort, wo deren Prüfung an sich möglich ist, d. h. auch auf dem Gebiet einzelner angewandter Forschungen, vornehmlich aber auf dem der Entwicklungsforschung.

Die Begriffsverwirrung hat ihre Ursache darin, daß die Prüfung der Wirtschaftlichkeit einer konkreten Forschungsarbeit — d. h. der Forschungs-

wirtschaftlichkeit im engeren Sinne — nicht genügend klar von den Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit der Verwirklichung eines Forschungsergebnisses — d. h. von der Forschungswirtschaftlichkeit im weiteren Sinne — getrennt wird.

Jene, d. h. die Untersuchung der Forschungswirtschaftlichkeit im engeren Sinne, macht eine Reihe prinzipieller, zum Teil qualitativer Prüfungen erforderlich, wie etwa die Klärung der Fragen, welchen Gegenstand die Forschung haben soll, wer forschen soll, wie und wo geforscht werden soll usw., oder mit anderen Worten, welche Forschungsarbeiten wir selbst verrichten und welche wir durch andere verrichten lassen sollen (z. B. unter Ausnützung der durch die sozialistische Arbeitsteilung gebotenen Möglichkeiten) oder wann wir fertige Dokumentationen übernehmen sollen und gegebenenfalls welche.

Diese, d. h. die Untersuchung der Forschungswirtschaftlichkeit im weiteren Sinne, erfordert in der Regel investitions- bzw. produktionswirtschaftliche, d. h. quantitative Ermittlungen, die die voraussichtlichen wirtschaftlichen Resultate einer Forschungsarbeit mit den zu ihrer Verwirklichung benötigten Aufwendungen vergleichen.

Auf die verschiedenen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit den investitions- bzw. produktionswirtschaftlichen Untersuchungen weisen auch die Studien über die Forschungswirtschaftlichkeit konsequent und ständig hin. Um indes der richtigen Diagnose auch eine geeignete Therapie folgen lassen zu können, wird man eine Reihe von Fragen beantworten müssen, die außerhalb des eigentlichen Gebietes der Forschungswirtschaftlichkeit liegen. Unter diesen Fragen figurieren in der ersten Reihe die Probleme der Preise und der Devisenumrechnungskurse sowie die Fragen der Exportwirtschaftlichkeit, der Grundmittelbewertung usw. usf.

Die oben gegebene Definition der Forschungswirtschaftlichkeitsuntersuchungen im engeren und im weiteren Sinne dient nicht der theoretischen Präzisierung der Begriffe und ihrer Abgrenzung allein, sie verfolgt vielmehr auch praktische Ziele.

Ein klares Bild über die Forschungswirtschaftlichkeit wird man nämlich nur nach Durchführung beider Untersuchungen gewinnen können.

Am meisten kranken indes die Berechnungen über die Wirtschaftlichkeit der industriellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an der heute noch vorhandenen Unzulänglichkeit, daß eine ihrer wichtigsten Voraussetzungen, nämlich die planmäßige Zusammenarbeit vom Beginn der Forschung bis zur industriellen Verwertung ihrer Ergebnisse, noch immer nicht institutionell gesichert ist.

Ohne diese Zusammenarbeit lassen sich jedoch die als geschlossenes Ganzes aufzufassenden Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit industrieller Forschungen nur mit großen Schwierigkeiten zum Erfolg führen.

Im weiteren wollen wir nun auf die Erörterung des Schemas eines zu-

sammenhängenden, einheitlichen Systems für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit industrieller Forschungen eingehen. Es soll hierbei nicht auf jede Einzelheit mit der gleichen Gründlichkeit und dem gleichen Nachdruck eingegangen, vielmehr gezeigt werden, was alles zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit einer industriellen Forschungs- oder Entwicklungsarbeit vorweg überdacht werden muß. Auch wird aus diesen Überlegungen hervorgehen, daß es einer vollständigen Durchrechnung nur in bestimmten Fällen bedarf.

Die hier folgenden dreierlei Forschungswirtschaftlichkeitsuntersuchungen bilden mithin ein zusammenhängendes Ganzes ebenso wie die Gesamtheit der Aufgaben, die von der Anordnung zur Aufnahme der Forschungsarbeit bzw. von der Planerstellung bis zur industriellen Verwertung ihrer Ergebnisse anfallen.

Der Zeit- und eventuell auch der Kostenaufwand jenes Systems miteinander zusammenhängender Maßnahmen, deren Wirtschaftlichkeit untersucht werden soll, läßt sich in das sogenannte PERT-Netz-Diagramm auftragen. Diese mathematische Methode hat den großen Vorzug, stets Aufschluß darüber zu geben, aus welchen Teilproblemen sich eine kompliziertere Aufgabe zusammensetzt, wie hoch sich der Zeit- (bzw. Kosten-) Bedarf der einzelnen Teilaufgaben stellt und welchen Verlauf der sogenannte »kritische Weg« der Gesamtaufgabe, d. h. die Zeit- (bzw. Kosten-) Abschätzung nimmt.

Um diese Berechnung für eine vollständige Forschungs- und Entwicklungsarbeit — von deren Beginn bis zur industriellen Verwertung ihrer Ergebnisse — durchführen zu können (ein Erfordernis, ohne dessen Befriedigung die Berechnungen über die Wirtschaftlichkeit derartiger Aufgaben eine unzulässig hohe Zahl von Unbestimmtheiten enthielte), bedarf es einer neuen Organisationsform.

Das Schema der aus drei Teilen bestehenden einheitlichen Untersuchung zeigt folgendes Bild:

I. *Risikenprüfung*

Sie hat festzustellen, ob zum gegenständlichen Thema sämtliche der folgenden Voraussetzungen gegeben sind:

1. sachliche (z. B. Importrohstoffe, Instrumentierung),
2. personelle (z. B. ausreichende Besetzung mit erfahrenen Forschern),
3. zeitliche (z. B. Zeitpunkt, zu dem mit einem wirtschaftlichen Veralten der Ergebnisse gerechnet werden muß),
4. organisatorische Voraussetzungen (z. B. sich überschneidende oder parallel verlaufende Forschungen).

Schließlich wird sie klarzustellen haben,

5. welches Ergebnis die vorangegangene Marktforschung gezeitigt hat.

Die Außerachtlassung der Bedingung unter 5. kann fallweise zur Herstellung von »Gütern ohne Markt« führen, d. h. im gegebenen Fall wird auf

Grund eines beachtlichen wissenschaftlichen Forschungsaufwandes etwas erzeugt, wonach weder auf dem sozialistischen noch auf dem kapitalistischen Markt eine größere Nachfrage besteht.

II. *Die Forschungswirtschaftlichkeitsuntersuchung im engeren Sinn*, mit anderen Worten die Prüfung der Wirtschaftlichkeit der Forschungsarbeit selbst.

Diese Untersuchung hat darüber zu entscheiden:

1. wer die Forschungsarbeit zu leiten und durchzuführen hat,
2. wo die Forschungsarbeit durchzuführen ist, d. h. welche Forschungsstelle die optimalen Bedingungen für die geplante Arbeit bietet,
3. wie die Forschungsarbeit durchzuführen ist:
 - a) ob sie durch uns selbst durchgeführt oder die sozialistische Arbeitsteilung in Anspruch genommen werden soll (genaue Begründung erwünscht),
 - b) ob fertige Forschungsergebnisse (Patente) übernommen werden sollen (auch hier mit genauer Begründung),
 - c) ob Dokumentationen zur Adaptierung oder ganz fertig übernommen werden sollen (wieder mit genauer Begründung).

Diese Untersuchung bewahrt uns vor den sogenannten »Neuerfindungen«, d. h. von der neuerlichen Erarbeitung bereits bekannter Resultate oder von überflüssigen Forschungen.

In den Bereich der Frage »wie« (Punkt 3) gehört auch ein komplettes Organisationsschema für die Forschungsarbeit, welches die Forschungs- bzw. Entwicklungsarbeit selbst, die eventuell erforderliche Planung und schließlich auch die Erprobung im Versuchsbetrieb zu umfassen hat.

4. Die Untersuchung hat auch den Zeitplan und den Kostenvoranschlag der eigentlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeit (ohne industrielle Verwertung) aufzustellen, und hierbei auf folgende wichtigeren Einzelheiten einzugehen:

- a) Investitionskosten,
- b) Betriebskosten,
- c) voraussichtlicher Zeitbedarf.

Es ist klar, daß sich die Risiken- und die Forschungswirtschaftlichkeitsuntersuchung im engeren Sinne, in bestimmten Beziehungen, so etwa bei den sachlichen und personellen Bedingungen sowie bei Untersuchung des Zeitfaktors innerhalb der Risikenprüfung überlappen. Diese Überlappung wirkt sich indes zeit- und arbeitsparend aus, denn fallen die Antworten auf die einfachen, übersichtlichen, gewissermaßen nur mit einem Ja oder Nein zu entscheidenden Fragen der Risikenprüfung nicht positiv aus, ist es in der Regel schon schade um jeden Zeit- und Geldaufwand für weitere Untersuchungen.

Die Tatsache, daß der Messung der Forschungswirtschaftlichkeit die entsprechende Lösung einer ganzen Reihe — außerhalb ihres eigentlichen Gebietes stehender — wirtschaftswissenschaftlicher bzw. Industrielenkungsprobleme vorangehen muß, macht die Fortentwicklung sowohl der im engeren

als auch der im weiteren Sinne zu verstehenden Forschungswirtschaftlichkeitsuntersuchungen keineswegs überflüssig.

III. *Die Forschungswirtschaftlichkeitsuntersuchung im weiteren Sinne*, d. h. die Prüfung der Wirtschaftlichkeit der industriellen Verwertung eines Forschungsergebnisses.

Diese Untersuchung wird folgende Fragen zu beantworten haben:

1. Zeitplan und Kostenvoranschlag der Verwirklichung, d. h. der Bedarf

- a) an Investitionen,
- b) an Betriebskosten (für die Herstellung des Produktes)
- c) an Zeit.

2. Die wirtschaftliche Bewertung des Fertigproduktes anhand der Inlands- und der internationalen Preise.

Bekanntlich stößt die unter 2 genannte Untersuchung auf die größten Schwierigkeiten, dennoch müssen beide Untersuchungen durchgeführt werden, weil sie im Verein mit einem Vergleich der In- und Auslandspreise unerlässlich wichtige Informationen liefern.

Bekannt sind auch die Schwierigkeiten, die sich bei sämtlichen Berechnungen dieser Art vornehmlich aus dem inländischen Preissystem, aber auch aus der Ausbildung der Devisenumrechnungsschlüssel ergeben.

Nicht minder bekannt ist unter den einschlägigen Facharbeitern ferner die Tatsache, daß die kalkulativen Bewertungen, die man zur mehr oder weniger erfolgreichen Eliminierung der geschilderten Schwierigkeiten zu benutzen pflegt (wie z. B. die Realselbstkostenrechnung, die Weltmarktpreisberechnung u. dgl. m.), gleichfalls mehrfache Unbestimmtheiten enthalten.

Da nun aber all diese Berechnungen nicht zu umgehen sind, muß danach gestrebt werden, die Fehlergrenzen — soweit nur möglich — eng zu halten.

Schließlich versteht es sich von selbst, daß nur eine der oben angegebenen Teiluntersuchungen durchzuführen sein wird, sofern im Zuge der Forschungs- und Entwicklungsarbeit aus irgendeinem Grunde tatsächlich nur ein Teil derselben geprüft werden muß (etwa weil eine Prüfung der Gesamtarbeit unmöglich oder unnötig ist).

Zur Messung der Forschungswirtschaftlichkeit gibt es bei uns ziemlich verbreitete Meßzahlen. Sie bilden eine wertvolle Unterstützung in der Fortentwicklung des Problems, doch tragen sie freilich auch die Merkmale der oben erwähnten Schwierigkeiten an sich.

Die Kennziffern werden zum Messen des *Wirksamkeitskoeffizienten*, als Meßzahl für die Umschlagsperiode im Prozeß von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Exportes angewandt.

Der sogenannte *Wirksamkeitskoeffizient* geht vom Produkt aus dem Jahresausstoß der produzierbaren Erzeugnisse mit dem Weltmarktpreis aus,

von dem die nach der Anlaufzeit gültigen Produktionskosten abgezogen werden. Die Differenz wird mit der Differenz aus der geschätzten Dauer der Verwertbarkeit und der Anlaufzeit multipliziert. Der so ermittelte Zähler wird schließlich durch die Kosten der Forschung und Entwicklung sowie der Einführung dividiert.

Anhand dieser Faktoren wird die wirtschaftliche Bedeutung des Themas geprüft.

Es fehlt allerdings in dieser Berechnung noch ein unerläßlicher Wahrscheinlichkeitskoeffizient, der die geschätzten Erfolgsaussichten zum Ausdruck bringt.

Die Schwierigkeiten beim Gebrauch dieser Kennziffer ergeben sich aus ihrer »gemischten« Natur.

Die Formel liefert nämlich das Ergebnis zu Weltmarktpreisen, während sich die Aufwendungen im günstigeren Falle zu gemischten, d. h. teils zu Inlands-, teils zu Weltmarktpreisen oder auch nur zu Inlandspreisen errechnen.

Zu Weltmarktpreisen läßt sich der Wert der importierten Rohstoffe ohne weitere Schwierigkeiten bestimmen, ebenso kann eventuell auch der Weltmarktwert der reinen Kosten für die inländischen Rohstoffe geschätzt werden, wogegen diese Möglichkeit bei den Lohn- und anderen Kosten nicht mehr besteht.

Die Kennziffer der Umschlagsperiode setzt im Grunde genommen die Kosten der Forschungs- und Entwicklungsarbeit zum Ergebnis ins Verhältnis und ermittelt so die Dauer des Umschlages.

Obwohl es sich auch hier um eine »gemischte« Kennziffer handelt, kommt diesem Umstand eine etwas geringere Bedeutung zu, da es sich um die Berechnung der Umschlagsdauer handelt.

Schließlich werden in der *Exportwirtschaftlichkeitskennziffer* die unmittelbaren inländischen Aufwendungen (ohne Rohstoffkosten) den reinen Kosten der inländischen Rohstoffe und den um die Kosten der Importrohstoffe gekürzten Einnahmen zu Weltmarktpreisen gegenübergestellt.

Auch bei dieser Meßzahl handelt es sich insofern um eine gemischte Kennziffer, als im Zähler der betreffenden Beziehung die inländischen Aufwendungen in Inlandswährung, im Nenner hingegen die reinen Kosten der inländischen Rohstoffe und die um die Kosten der Importrohstoffe gekürzten Einnahmen — diese beiden letzteren zu Weltmarktpreisen —, d. h. auch Größen in Auslandswährung stehen. (Die Kosten der inländischen Rohstoffe müssen auch hier auf Grund der Weltmarktpreise umgerechnet werden.)

Im Hinblick auf die in gewissem Grade vorhandene Einseitigkeit der soeben besprochenen Kennziffern wird man sich der *mathematischen Methoden* zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Forschungsarbeiten mittels mathematischer Programmierung bedienen,

— wenn man seine Wahl aus vielfältigen Tätigkeitsbereichen, d. h. aus einer Vielzahl komplizierter und nach den bisherigen Methoden nicht bewertbarer Themenpläne zu treffen bzw. eine Dringlichkeitsabstufung festzulegen hat, ferner

— wenn die Verwirklichung der einzelnen Tätigkeitsbereiche (Themenpläne) von mehreren einschränkenden Bedingungen abhängt, die sich nur schwer überblicken lassen,

— wenn man sich nicht auf genaue Unterlagen stützen kann, so daß man sich mehrerer bloß geschätzter, also unbestimmter Unterlagen bedienen muß, bzw.

— wenn die Optimalisierung der einzelnen untersuchten Tätigkeitsbereiche (Themenpläne) unterschiedlichen Zwecken dienen soll (wenn also verschiedene Zielfunktionen aufgestellt und geprüft werden müssen, und schließlich

— wenn durch Festlegung der »kritischen Wege« einer Reihe komplizierter und zeitempfindlicher Tätigkeiten bzw. Ereignisse Terminpläne erstellt werden müssen und deren Einhaltung zu kontrollieren ist.

Für diesen Zweck kommen verschiedene mathematische Methoden, wie etwa die Linearplanung (linear programming), die dynamische Programmierung, das C.P.M. (Critical Path Methode) — und das PERT (Program Evaluation and Review Technique) — Verfahren usw. in Frage.

Derartig komplizierte und vielfältige Aufgaben lassen sich anhand je einer der oben besprochenen oder anhand ähnlicher Kennziffern offenbar nicht lösen.

Im Zusammenhang mit der Anwendung der *mathematischen Methoden* in der Wirtschaftswissenschaft sind einige Probleme *allgemeiner Natur* noch ebenso ungelöst wie einige Probleme der Anwendung jener *konkreten* mathematischen Methoden, die speziell für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Forschungsarbeiten in Frage kommen.

Daß die Anwendung mathematischer Methoden in der Wirtschaftswissenschaft heute noch Probleme aufwirft, erklärt sich aus der Tatsache, daß sie sich in diesem Wissenschaftszweig erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit zu verbreiten begonnen haben, daß sie also noch nicht völlig ausgereift sind, daß vielmehr ihre Anwendung in mancher Hinsicht noch im Versuchsstadium steht.

Die Notwendigkeit der Einführung mathematischer Methoden folgt aus der Tatsache, daß die wirtschaftlichen Entscheidungen zunehmend komplizierter werden. Dies wieder hat mehrere Gründe, so u. a. die technisch-wirtschaftlichen Probleme, die sich aus der Produktionsdynamik sowie aus der Dynamik der wissenschaftlichen Arbeit ergeben, die aus der Verknüpfung zwischen Wissenschaft und Produktion erwachsenden Probleme, die unterschiedlichen, durch die Notwendigkeit einer perspektivischen Planung beding-

ten Entscheidungen, die Lösung komplizierter Transport- und Verkehrsaufgaben, die Durchführung der durch die Intensivierung der internationalen Arbeitsteilung notwendig gewordenen Berechnungen usw. usf.

Das Auftauchen all dieser neuartigen, weitverzweigten und unübersichtlichen Aufgaben in der Wirtschaftswissenschaft hat die Einführung neuer Methoden erforderlich gemacht.

Die Entwicklungsrichtung in der Anwendung mathematischer Methoden im Kapitalismus ist derjenigen in den sozialistischen Ländern diametral entgegengesetzt. Während nämlich in diesen vielversprechende Versuche in erster Linie auf dem Gebiet der volkswirtschaftlichen und der Industriezweigplanung im Gange sind, die auch beachtenswerte Resultate gezeitigt haben, kann in den kapitalistischen Ländern weder von volkswirtschaftlichen noch von Planungen auf Industriezweigelebene die Rede sein, weshalb sich denn auch der mathematischen Methoden dort vornehmlich Großbetriebe und Großunternehmen bedienen.

Aus der gegensätzlichen Entwicklung folgt, daß die Anwendung der mathematischen Methoden in der sozialistischen Planwirtschaft eine weit kompliziertere Arbeit erfordert, u. zw. in erster Linie deshalb, weil sie sich nicht auf je ein Unternehmen oder auf das geschlossene Gebiet eines Betriebes, sondern auf je einen Industriezweig oder auf die Volkswirtschaft als Ganzes erstreckt, was natürlich weit verzweigtere und verwickeltere Aufgaben stellt.

Eine Diskussion ist auch über die Frage denkbar, welche der bekannten mathematischen Methoden den unterschiedlichen wirtschaftlichen Zielsetzungen am besten dient.

Diese Frage läßt sich — auf Grund der bisherigen Erfahrungen — zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur mit einigen Empfehlungen ganz allgemeiner Natur beantworten.

Am häufigsten ergeben sich heute folgende drei Fälle:

a) *Ein bestimmtes Ziel* läßt sich in mehreren Varianten realisieren. Die Aufgabe besteht in der *Ermittlung der optimalen Variante*.

b) Aus einer Vielzahl von Plänen ist der optimale Plan auszuwählen bzw. *die optimale Reihenfolge der Pläne* zu bestimmen.

c) Im Zuge der Abwicklung einer komplizierten, aus mehreren miteinander zusammenhängenden Teilen bestehenden Forschungs- oder Entwicklungsaufgabe, bei der die Realisierung der einen Teilaufgabe die Voraussetzung für die Verwirklichung der folgenden bildet, wird sich in erster Linie die *Bestimmung der Dauer dieser Forschungsarbeit* als wichtig erweisen. Die Bestimmung der Kosten ist in diesem Falle von untergeordneter Bedeutung.

Die beiden ersten Aufgaben werden in der Regel mit den Mitteln der Linearplanung, anhand diskreter oder dynamischer Programme zu lösen sein. Zur Lösung der Aufgabe unter 3 wird sich demgegenüber die C.P.M. — bzw. die PERT-Methode als geeignet erweisen.

Die Auftragung eines PERT-Diagrammes erfordert einerseits das logische Überdenken des Problems (und liefert schon damit allein ein wichtiges Ergebnis), andererseits deckt sie — sofern sich als Folge von Zeitverschiebungen Fehler ergeben — die Stellen der Fehlerquellen leicht und rasch auf.

Das PERT-Diagramm soll zweckmäßig immer bis zum letzten Stadium der industriellen Verwertung ausgearbeitet werden, weil es in diesem Falle auch den Weg der bei uns noch weitgehend fehlenden, aber unerläßlichen Kooperation absteckt.

Die PERT-Technik als mathematische Methode braucht nur dort angewendet zu werden, wo es sich um eine Aufgabe handelt, die wegen ihrer Kompliziertheit bei Anwendung einfacherer Verfahren unübersichtlich würde, wo ferner den dreierlei Zeitschätzungen ein realer Wert zukommt, und schließlich überall dort, wo es sich als nötig erweist und auch verlohnt, den *voraussichtlichen Wert* und die *Varianz* zu errechnen, weil die Zeit auf andere Weise nur überaus umständlich oder überhaupt nicht geschätzt werden könnte.

Die Anwendung der PERT-Technik als logischer Denkweise und als eines Verfahrens zur sinnvollen Erfassung von Organisationsaufgaben ist auch dann erforderlich und zweckdienlich, wenn eine Berechnung der voraussichtlichen Werte und Varianzen nicht erfolgt, weil sie sich wegen der relativen Einfachheit und Übersichtlichkeit der Aufgabe erübrigt.

Menschen oder Institutionen, die sich mit der Lösung von Organisationsaufgaben befaßten, haben ohne Zweifel die Gedankengänge der PERT-Technik auch dann schon verfolgt, als diese in ihrer heutigen Form noch unbekannt war.

Auch damals schon wurde jede der Lösung harrende Aufgabe in Teilaufgaben zergliedert, ihr Zeitbedarf und schließlich am Schluß eines logischen Gedankenganges auch jener »kritische Weg« für die Lösung abgesteckt, der die für das ganze Vorhaben entscheidend bedeutsamen Zeitschätzungen aufzeigte, jener Weg also, an dem entlang es sogenannte »Zeitreserven« überhaupt nicht oder nur in ganz minimalem Ausmaß gab.

Auch damals schon wurden offenbar das ganze logische System der erforderlichen Organisation aufgebaut und jene Voraussetzungen festgelegt, die zur termingerechten Abwicklung eines termingebundenen Programms unbedingt geschaffen werden mußten.

Die mathematische PERT-Methode ist offenbar auf diese nüchterne und einfache logische Denkweise aufgebaut. Man wird sich also davor hüten müssen, das Verfahren zu einem Allheilmittel zu machen und auch dann sämtliche rechnerische Operationen durchzuführen, wenn diese auch durch einfachere Lösungen ersetzt werden können. So wird man sich des logischen Gedankenganges dieser Methode beispielsweise auch dann bedienen können, wenn man bei Auswertung der einzelnen Aufgaben das einfache Liniendiagramm der ganzen Organisationsweise auf Grund einfacher empirischer

Unterlagen aufträgt und hierbei auf die Hilfe eines elektronischen Rechenautomaten verzichtet.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet erschließt sich den PERT-Karten, wenn es sich beispielsweise darum handelt, in einer Forschungsanstalt die Zeitaufteilung der durch die einzelnen Forschungsaufgaben verursachten Belastungen zu ermitteln.

Aus den Karten geht nämlich hervor, ob bei Durchführung einer Forschungsaufgabe nicht einzelne Laboratorien überlastet sind, während andere über freie Kapazitäten verfügen. Auch lassen die Karten aus den Ermittlungen die Notwendigkeit von Um- oder Neuorganisationen erkennen.

Zeigt andererseits das PERT-Netz bei einem Ereignis einen »Bruch« (wenn z. B. Aussicht besteht, eine notwendige Anschaffung realisieren zu können), wird es wenig nützen, wenn man die weiteren Aktivitäten bzw. Ereignisse durchrechnet.

Einer der größten Vorzüge der PERT-Methode besteht darin, daß sie auf mehreren Ebenen angewendet werden kann.

So kann ein PERT-Netz für Fälle aufgetragen werden, in denen als kleinste Organisationseinheiten etwa die einzelnen Laboratorien eines großen Forschungsinstituts figurieren.

Weiterhin sind PERT-Netze denkbar, in denen die einzelnen Forschungsanstalten eines ganzen Industriezweiges die kleinste Organisationseinheit bilden.

Schließlich kommen für koordinierte Kooperationen zwischen Institutionen mehrerer Portefeuilles PERT-Netze in Frage, bei denen die Lenkung der Arbeiten organisatorisch oder vorübergehend in den Händen eines über den Portefeuilles stehenden Organs liegt.

Derartige PERT-Netze können miteinander organisch zusammengefügt werden, und bezieht sich jedes folgende Netz auf eine höhere Ebene als das vorangegangene, ergibt das Netzsystem *eine Organisation von pyramidenförmigem Aufbau*, der von seiner Sohle bis zur Spitze einen brauchbaren Überblick gewährt.

Zusammenfassend : Was die Anwendung der PERT-Technik anbelangt, ist es durchaus nicht gleichgültig, sondern im Gegenteil von entscheidender Wichtigkeit, ob z. B. insgesamt 15 Aufgaben mit etwa 30 vorangehenden Operationen (Aktivitäten und Ereignissen), insgesamt also 450 Aktivitäten bzw. Ereignisse zu lösen sind, oder ob 100 Aufgaben mit je etwa 200 Vorarbeiten oder eventuell 500 Aufgaben mit je 1000 Ereignissen zur Untersuchung stehen. Im letzteren Falle hat man es mit insgesamt 500 000 Aktivitäten zu tun.

Im ersten Fall (15 Aufgaben mit je 30 Vorarbeiten) kann es durchaus geschehen, daß es lediglich der Übernahme der logischen Denkweise des PERT-Verfahrens bedarf, um die Organisation eines aus einfachen Aufgaben auf-

gebauten Forschungszieles durch ein einfaches Liniendiagramm kennzeichnen zu können.

Im letzten Fall (500 Aufgaben mit 1000 Vorerhebungen) wird man zur Lösung der einzelnen Aufgaben — im Hinblick auf ihre Kompliziertheit und Unübersichtlichkeit — offenbar zur mathematischen Methode der PERT-Technik greifen müssen.

Ein Beispiel für den ersteren Fall lieferte eine unserer großen Forschungsanstalten, die alle ihre wichtigen Themen »pertete«, ohne daß sie einen höheren mathematischen Apparat mobilisieren oder gar die Hilfe elektronischer Rechenanlagen hätte in Anspruch nehmen müssen. Dem Wesen nach beschränkte sich ihr Verfahren darauf, von den einzelnen Labors als kleinsten Organisationseinheiten auszugehen und auf dieser Grundlage den Zeit- bzw. Organisationsplan der verschiedenen wichtigeren Forschungsthemata aufzustellen.

Prof. Dr. János KLÁR, Budapest XI., Műegyetem rkp. 3. Ungarn