

PRODUKTIONS-TRANSPORT-OPTIMIERUNG IN BEZIEHUNG ZUR TRANSPORTSYSTEMANALYSE

K.-J. RICHTER

Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« Dresden
Sektion Verkehrs- und Betriebswirtschaft

Eingegangen am 15 April 1986

Abstrakt

Nach der Diskussion über Inhalt und Umfang von Produktions-Transport-Optimierung (PTO) und Transportsystemanalyse (TSA) werden Grundzüge und Methode der TSA behandelt, wobei diejenige komplexe Vorgehensweise betont wird, die sich in einer großen Anzahl von analytischen mathematischen Modellen ausdrücken läßt. Es wird darauf hingewiesen, daß sich PTO und TSA gegenseitig durchdringen, wobei je nach Beobachtungsstandpunkt das eine oder das andere dominieren kann, wobei PTO doch ein wesentlicher Bestandteil von TSO ist.

I. Einleitung

Die Beziehungen zwischen der Produktions-Transport-optimierung (PTO) und der Transportsystemanalyse (TSA) sind vielfältig, wobei davon abgesehen wird, daß in ihre Wirkungsrichtung auf die Reduzierung des Transportaufwandes und die Gestaltung effektiver Transportprozesse hin natürlich auch eine Gemeinsamkeit liegt. Analysiert man diese Beziehungen, so ist zu berücksichtigen, daß sich unsere Auffassungen über Inhalt und Umfang sowohl von PTO als auch von TSA noch immer in Entwicklung befinden und von einem vorläufigen Stand auszugehen ist. Zur PTO sind in den letzten Jahren, auch durch gemeinsame Arbeit, weitgehend übereinstimmende Auffassungen erzielt worden, die bereits in den vorhergegangenen Vorträgen zum Ausdruck kamen. Da dieses Problem mit besonderer Intensität in der DDR bearbeitet wird, bestehen auch nur geringe Probleme hinsichtlich der Abstimmung mit der internationalen Begriffsbildung.

Hinsichtlich der TSA liegen die Dinge insofern etwas anders und auch nicht ganz so einfach, als Systemanalyse ein wissenschaftlicher Zentralbegriff auf der ganzen Welt geworden ist, der die Grenzen seines Herkunftsgebietes längst überschritten hat. Deshalb ist es erforderlich, zunächst den TSA-Begriff näher zu betrachten. Dabei lassen sich eine weitere und eine engere Interpretation erkennen, die jedoch beide eine Beziehung zwischen PTO und TSA einschließen. In den an der HfV, Sektion Verkehrs- und Betriebswirtschaft, in den vergangenen Jahren durchgeführten Arbeiten dominiert die weitere Interpretation, auf die hier etwas ausführlicher eingegangen wird. Es läßt sich aber absehen, daß künftig auch Arbeiten zur TSA im engeren Sinne erforderlich sind und in Angriff genommen werden.

2. Grundzüge und Methoden der TSA

Transportsystemanalyse stellt sich gegenwärtig als ein Gebiet wissenschaftlich-praktischer Tätigkeit vor, dessen Grenzen noch nicht fest markiert sind. Zur Begriffsbestimmung können folgende Gesichtspunkte herangezogen werden:

- a) Ihr Gegenstand sind Transportsysteme, d. h. sehr komplexe oder große Systeme mit vielfältigen Merkmalskomponenten (z. B. mit sozialen, ökonomischen, technologisch-technischen und natürlichen Merkmalen).
- b) Die Transportsystemanalyse untersucht die Transportsysteme nach system-spezifischen Gesichtspunkten, also nach der Systemstruktur, der Systemfunktion, der Systemeffektivität, weiterhin aber z. B. auch nach der Stabilität und nach der Entwicklung des Systems.
- c) Das Ziel der Transportsystemanalyse besteht darin, möglichst weitgehend begründete Entscheidungsgrundlagen für die Gestaltung und die Weiterentwicklung von Transportsystemen zu schaffen.
- d) Die Transportsystemanalyse bedient sich moderner wissenschaftlicher Verfahren und Methoden, von denen vor allem die Strukturanalyse, die Modellbildung und die Simulation sowie die Informationsverarbeitung zu nennen sind. Damit kann die Transportsystemanalyse als die Operationsforschung großer (Transport-)Systeme verstanden werden.

Die Entwicklung der Transportsystemanalyse vollzog sich national und international vor allem in den letzten Jahrzehnten als Zweig der angewandten Systemanalyse [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Es werden drei Ebenen der Verkehrssteuerung unterschieden, nämlich

- die Ebene der operativen Entscheidungen (Transport- oder Verkehrssteuerung),
- die Ebene der taktischen Entscheidungen (Transport- oder Verkehrsorganisation) und
- die Ebene der strategischen Entscheidungen (Transport- oder Transportsystemanalyse) [9].

Diese Untergliederung hat sich als eine tragfähige Arbeitshypothese erwiesen, nach der an der Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« verfahren wird.

Besonders hervorgehobene Anwendungsmöglichkeiten der Transportsystemanalyse sind die Gütertransportsysteme und die Personenverkehrssysteme.

Die praktische Transportsystemanalyse setzt eine Übereinkunft über den Begriff des Transportsystems voraus. In [10, S. 139] wird das einheitliche sozialistische Transportsystem »als die organische Verbindung aller sub-

stituierbaren oder kooperierenden Transportzweige und Transportbetriebe zu einem großen, das gesamte Land umfassenden System, zu einem einheitlichen volkswirtschaftlichen Produktionskomplex Transport, der die Gesamtheit aller Transportprozesse sowie der dazugehörigen Umschlag-, Lager- und Hilfsprozesse umfaßt und das abgestimmte Zusammenwirken mit den anderen Bereichen der gesellschaftlichen Reproduktion sichert«, definiert. In dieser Begriffsbestimmung sind kybernetisch-system-theoretische Elemente enthalten, jedoch noch nicht inreichend genutzt. Gleichzeitig kommen andere Aspekte großer Systeme, wie deren Stochastik, Zielhierarchie und Verhaltenskonkurrenz, nicht genügend zum Ausdruck. Tatsächlich existiert der Systembegriff in verschiedenen Formen. Aus der Sicht der wissenschaftlichen Arbeit ist er einerseits ein Abstraktum, das der Untersuchende benutzt, um den Untersuchungsgegenstand abgrenzen und als Ganzheit untersuchen und bewerten zu können (vgl. z. B. [11, S. 27—28]), andererseits ist die gesamte materielle Welt durch Systemhaftigkeit und universelle Wechselwirkung gekennzeichnet. Davon ausgehend, empfiehlt sich eine Unterteilung des Begriffs des Transportsystems in die beiden Formen

- a) des realen Transportsystems und
- b) des abstrakten Transportsystems.

Reale Transportsysteme können ähnlich erklärt werden, wie das unter Hinweis auf [10] hier geschehen ist, also als Gesamtheiten realer Objekte einschließlich der funktionellen Verbindungen zwischen ihnen, die zur Durchführung bestimmter Transporte in einem bestimmten Territorium eingesetzt werden. Derartige Gesamtheiten — Transportsysteme — existieren in sehr unterschiedlichen Formen und Strukturen, z. B. als

- Gütertransportsysteme, Personenverkehrssysteme und Nachrichtentransportsysteme (Unterteilung nach dem Transportobjekt),
- internationale Transportsysteme (globale und kontinentale Systeme), nationale Transportsysteme, regionale Transportsysteme und städtische Transportsysteme (Unterteilung nach der Ausdehnung und dem Wirkungsbereich) oder als
- konventionelle Gütertransportsysteme, Container-Transportsysteme und in anderen Formen (Unterteilung nach technologischen Gesichtspunkten).

Bei diesen und weiteren Klassifikationsmöglichkeiten handelt es sich nicht um alternative, sondern um simultane Untegliederungsformen für reale Transportsysteme.

Die gemeinsamen Eigenschaften aller realen Transportsysteme definieren das abstrakte Transportsystem. Durch diese Bestimmung wird das abstrakte Transportsystem eben zu jenem Begriff, der die wissenschaftliche Basis für

die Untersuchung beliebiger realer Transportsysteme zu bilden vermag. Das abstrakte Transportsystem wird wie folgt erklärt:

- Existenz eines Leistungssystems und eines Leitungssystems,
- Funktionieren als Reproduktionssystem und also Kommunikationssystem,
- Existenz einer territorialen (räumlichen) Struktur, ausgedrückt durch Quellen, Senken und die Verbindungen zwischen ihnen,
- Existenz von Strömen von Transportobjekten (Gütern, Personen, Nachrichten) und von Transporteinheiten (Fahrzeugen, Zügen) als Ausdruck der spezifischen Funktion von Transportsystemen,
- Existenz eines systemspezifischen Wirkungsgrades, mit dem jedes Transportsystem seine Funktion vollzieht.

Der strukturelle Aufbau der Transportsystemanalyse — verstanden als Analyse von Transportsystemen, die methodisch auch als Systemanalyse des Transports vorgenommen werden kann — folgt der Struktur der gemeinsamen Eigenschaften aller realen Transportsysteme. Damit ergibt sich die folgende Unterteilung (vgl. Abb. 1): Grundlegend ist die Zerlegung jedes Transportsystems in ein Leistungssystem und in ein Leitungssystem. Im Leistungssystem vollzieht sich der eigentliche Transportprozeß (die Transportproduktion), während das Leitungssystem alle damit verbundenen Aufgaben der Steuerung übernimmt. Bei der Analyse des Leistungssystems wird davon ausgegangen.

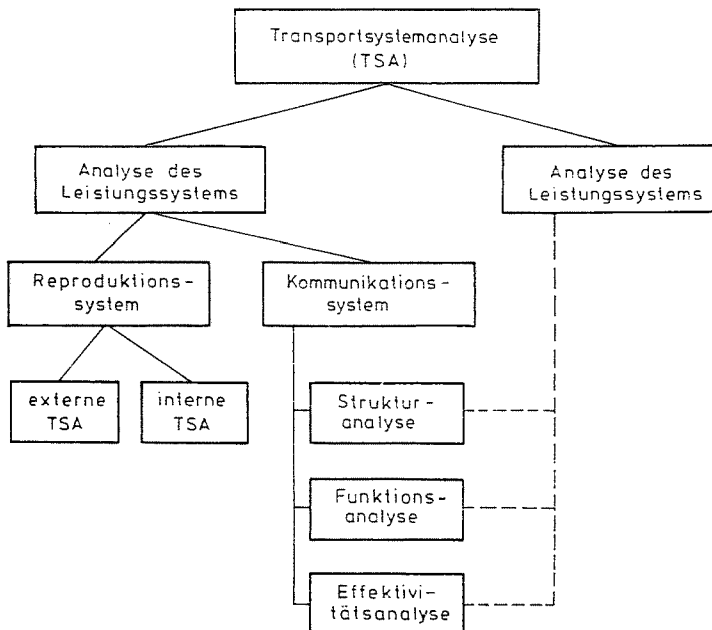


Abb. 1. Struktur der Transportsystemanalyse

daß dieses System in zwei unterschiedlichen Formen auftritt und untersucht sowie gestaltet werden kann, nämlich als Reproduktionssystem und als Kommunikationssystem. Gleichzeitig ist zu beachten, daß beide Formen in wechselseitiger Beziehung stehen, daß also die Reproduktionseigenschaften eines Transportsystems dessen Kommunikationseigenschaften beeinflussen und umgekehrt.

Analysiert man ein Transportsystem als Reproduktionssystem, so läßt sich weiter in eine externe Analyse, die die Beziehungen zwischen dem Transportsystem und den umgebenden ökonomischen Systemen betrifft, und in eine interne Analyse, die den Verwertungsprozeß der eingesetzten Mittel innerhalb des Transportsystems betrifft, unterscheiden. Auch hier stehen beide Analyseformen in Beziehung zueinander.

Die prinzipiellen Aspekte jeder Systemanalyse, nämlich der Strukturaspekt, der Funktionsaspekt und der Effektivitätsaspekt, gelten natürlich auch bei der Analyse von Transportsystemen als Reproduktionssysteme. Besondere Ausprägung und Spezifik erfahren sie jedoch bei der Analyse dieser Systeme als Kommunikationssysteme. Die Analyse der Kommunikationsfunktion von Transportsystemen erweist sich letztlich nur als eine besondere Form der Analyse von Kommunikationssystemen — das Transportsystem ist ein spezifisches Kommunikationssystem — wie sie auch außerhalb des Transports und in anderen Erscheinungsformen der Materie existieren. Es gibt weitreichende Übereinstimmungen zwischen der Analyse von Transportleistungssystemen als Kommunikationssysteme und der Analyse von Transportleitungssystemen, die grundsätzlich als informationsabgebende, -übertragende, -aufnehmende und -verarbeitende Systeme aufgefaßt werden können. In der geschilderten Weise ergibt sich eine Grundstruktur der Transportsystemanalyse, die vom Transportsystem als dem existierenden Analyseobjekt ausgeht. Die auf Modellbildung und Simulation gerichteten Vorstellungen der Systemanalyse lassen sich leicht in diese Struktur einordnen.

Transportsystemanalyse ist durch komplexe Vorgehensweise gekennzeichnet. Das bedeutet auch den komplexen Einsatz verschiedener wissenschaftlicher Analysemethoden. In Erweiterung der systemanalytischen Vorstellung, wonach vor allem Simulationsmodelle genutzt werden, sind

- statistische Erfassungs-, Auswertungs- und Modellbildungsverfahren,
 - analytische mathematische Modelle,
 - Simulationsmodelle, insbesondere die systemdynamische Modellierung und
 - die Informationsverarbeitung
- die Hauptmethoden der Transportsystemanalyse.

Statistische Verfahren besitzen in der Transportsystemanalyse einen universellen Anwendungsbereich; eine besondere Rolle spielen sie bei der Analyse der verschiedenen Formen der Transportströme [12]. Sie stellen gleichzeitig die Grundlage der Aufstellung ökonometrischer Modelle der Volks-

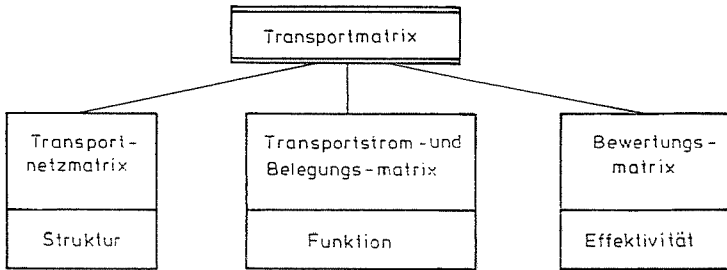


Abb. 2. Formen der Transportmatrix

wirtschaft dar, die sich zur externen Transportsystemanalyse des Reproduktionsprozesses im Transport, also zur Analyse der Beziehungen zwischen Transportsystem und umgebenden ökonomischen Systemen, eignen [13].

Es existiert bereits eine große Anzahl von analytischen mathematischen Modellen, die für die Zwecke der Transportsystemanalyse eingesetzt werden können. Besondere Hervorhebung verdienen dabei die Verflechtungsmodelle bei der Analyse von Transportsystemen als Reproduktionssysteme. Das ausstoßorientierte Verflechtungsmodell (Input-Output-Modell oder Bilanzmodell) bietet z. B., wie in [14] gezeigt wird, eine ausgezeichnete Grundlage zur Bestimmung des volkswirtschaftlichen Transportaufwands, und zwar in den verschiedensten Formen, d. h. als direkter, als voller und als indirekter Aufwand, gleichzeitig aber auch als spezifischer und als totaler sowie als externer und als interner Transportaufwand. Damit liefert dieses Modell auch ausgezeichnete Ansatzpunkte für Maßnahmen, die auf die Senkung des Transportaufwands durch PTO gerichtet sind. Gleichzeitig ist das Verflechtungsmodell für die interne Transportsystemanalyse (Transportsystem als Reproduktionssystem) geeignet, und zwar in seiner einsatzorientierten Variante [13, 15]. Die auf dieser Grundlage entwickelten spezifischen Modelle gestatten es z. B., die unterschiedlichen Effekte und Konsequenzen der extensiven und der intensiven Systementwicklung im Transport zu untersuchen. Durch Einbeziehung des Rückkopplungsprinzips ähneln diese Modelle bereits systemdynamischen Ansätzen. Selbstverständlich lassen sich für die interne Transportsystemanalyse noch weitere, teils auch einfachere Modelltypen einsetzen, darunter wegen ihres spezifischen Inhalts die verschiedenen Produktionsfunktionen.

Die Analyse von Transportsystemen als Kommunikationssysteme beruht auf dem Grundmodell der Transportmatrix. Diese Matrix existiert als

- Strukturmatrix (Netzmatrix, Relationsmatrix),
- Funktionsmatrix (Strommatrix, Belegungs-matrix),
- Bewertungsmatrix (Effektivitätsmatrix); vgl. Abb. 2.

Die Funktionsmatrix bietet der Transportsystemanalyse die umfassendsten Anwendungsmöglichkeiten. Ihre Elemente sind Belegungszahl oder -werte, die die Anzahl der Transportobjekte angeben, mit denen ein Netzelement belegt war (Analyse), belegt sein soll (Planung und Optimierung) oder belegt sein wird (Prognose). Somit kann die Funktionsmatrix für folgende Operationen herangezogen werden:

- a) Analyse oder Netzbelegung bei gleichzeitiger Bestimmung des Grades der Organisation, den das Transportsystem bei einer gegebenen Belegung besitzt [12];
- b) Vorhersage von Netzbelegungen als Prognoseaufgabe, gelöst durch Anwendung entsprechender Prognosemodelle. Solche Prognosemodelle sind bisher meist in aggregierten Formen benutzt worden, doch existieren auch desaggregierte Ansätze;
- c) Optimierung von Gütertransportströmen als Beitrag zur optimalen Transportplanung in Form der Transportoptimierung und als Grundlage der PTO.

In Hinblick auf die umfangreichen Maßnahmen zur Reduzierung insbesondere des volkswirtschaftlichen Gütertransportaufwands kommt gerade dieser Aufwendung der Transportmatrix, vor allem der Funktionsmatrix und der Bewertungsmatrix, hohe Bedeutung zu. Gegenwärtig konzentrieren sich die Untersuchungen auf die Möglichkeiten und die Anwendung der Produktions-Transport-Optimierung. Außerdem gestatten es auch die Anwendungen b) und c), eine informationstheoretische Bestimmung der Systemorganisiertheit des Transportsystems vorzunehmen.

Die einfachste Form der Bewertungsmatrix ist die Entfernungsmatrix, während höhere Bewertungsformen oft an den damit verbundenen Schwierigkeiten der Bestimmung der Elemente oder an den auftretenden Nichtlinearitäten scheitern. Eine zeilen- und eine spaltenweise Summierung der Matrixelemente liefert Bewertungszahlen der Orte, durch die deren Verkehrsgünstigkeit beurteilt werden kann. Im Zusammenhang mit der Produktions-Transport-Optimierung verdient diese Möglichkeit besondere Hervorhebung.

Generell gilt, daß durch umfangreiche und systematische Arbeiten ein Modellfundus entstanden ist, durch den die Möglichkeiten, das Transportproblem für die PTO zu nutzen, weitgehend ausgeschöpft werden. Diese Entwicklungsrichtung hat gewisse Grenzen erreicht

- a) hinsichtlich der weiteren Ausbauekeit analytischer Modelle und
- b) hinsichtlich der benötigten Eigangsinformationen, unter denen die Bewertungsgrößen eine besondere Rolle spielen.

Deshalb entstehen daraus neue Anforderungen an die TSA aus der PTO.

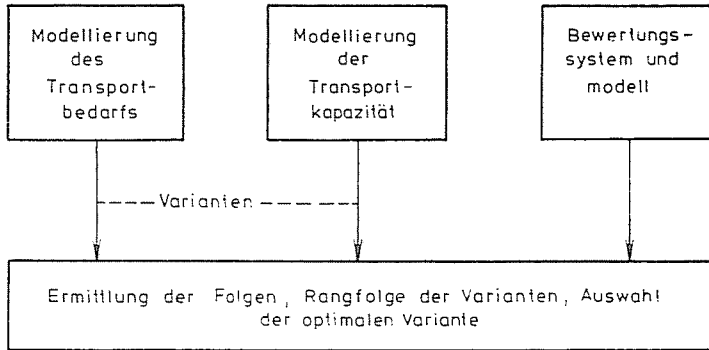


Abb. 3. Struktur eines systemdynamischen Ansatzes für die Transportsystemanalyse

Im Vergleich mit der Analyse des Leistungssystems weist diejenige des Leitungssystems in Rahmen der Transportsystemanalyse gegenüber der Analyse anderer ökonomischer Systeme keinen nennenswerten Unterschied auf. Hervorzuheben ist jedoch die weitgehende modellseitige Übereinstimmung, die sich zwischen der Analyse von Leitungssystemen der verschiedenen Art einerseits und der von Transportsystemen als Kommunikationssystemen andererseits ergibt. Ihre Ursache liegt darin begründet, daß alle Leitungssysteme natürlich in hohem Maße Kommunikationssysteme sind. Das gestattet es, Matrixmodelle und Informationsmodelle auf Leitungssysteme anzuwenden und zu deren Gestaltung einzusetzen [16]. Die vorgestellte Systematik der Transportsystemanalyse bietet noch viele Möglichkeiten der weiteren inneren Ausgestaltung und der äußeren Ergänzung. Beispielsweise spielt der Unterschied zwischen Gütertransportsystemen und Personenverkehrssystemen bei der Modellklassifikation gegenwärtig noch eine untergeordnete Rolle. Auch das neue Konzept der systemdynamischen Modellierung, das eng verbunden ist mit der Entwicklung der Systemanalyse als eigenständigem Arbeitsgebiet, ist vorläufig noch nicht eingeordnet [17].

Dieses Konzept kann als Transportsystemanalyse im engeren Sinne verstanden und als Teil des allgemeineren Konzepts, das bisher vorgestellt wurde, aufgefaßt werden. Es wird in groben Zügen in Abb. 3 dargestellt und besteht aus drei konstituierenden Elementen und einem verbindenden Element. Die konstituierenden Elemente sind

- das Modell, der Modellkomplex bzw. das Modellsystem zur Ermittlung des Transportbedarfs,
- das Modell, der Modellkomplex bzw. das Modellsystem zur Bestimmung der Transportkapazität, und
- ein System, evtl. eine Matrix von Bewertungsgrößen.

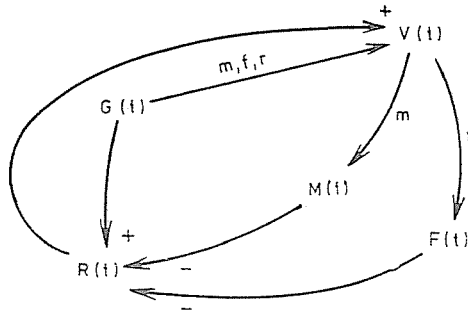


Abb. 4. Ausgangsgraph für das systemdynamische Prinzip

Der tragende Gedanke dieses Ansatzes der TSA ist der der systemdynamischen Simulation, von der bisher im Zusammenhang mit den Bemühungen um die PTO und im weiteren Sinne um die Produktions-Transport-Rationalisierung (PTR) zu wenig Gebrauch gemacht wurde. Dieser Gedanke äußert sich sowohl in der Dynamik der Betrachtungsweise, d. h. im Übergang von der Entscheidungsmodellierung zur Prozeßmodellierung, wobei erstere letztlich nur ein Sonderfall der letzteren für fixierte Zeit ist, als auch im Prinzip der Variabilität der Bedingungen (Scenario-Technik), dessen Nutzung vergleichsweise einfache mathematische Algorithmen und den Computerdialog erfordert. Ein treffendes aktuelles Beispiel liegt in einer Studie über den langfristigen Trend des Güterverkehrs über die Alpen vor, die von der ETH Zürich erarbeitet wurde [18]. Sie enthält wesentliche methodische Ansätze für unsere Arbeiten und wird auch in diesem Sinne weiter ausgewertet. Im Rahmen dieses Ansatzes der TSA gehört die PTO in den Komplex der Bedarfsmodellierung. Gleichzeitig erfolgt im konstituierenden Element (unten quer) eine Verbindung mit der Kapazitätsentwicklung und der Bewertung. Was die Modellierung der Kapazitätsentwicklung anbelangt, so kann das systemdynamische Prinzip auch darauf angewandt werden, wie in Abb. 4 unter Rückgriff auf [15] angedeutet wird. Die in der Systemdynamik beachteten Rückkopplungen (loops) sind dort deutlich zu erkennen. Die Symbole bedeuten

- $G(t)$ den im Transportsystem verfügbaren Einsatz,
- $V(t)$ den vom Transportsystem erzeugten Leistungsausstoß,
- $M(t), F(t)$ und $R(t)$ die Nutzung von $G(t)$ für Betriebsdurchführung, Verschleißersatz und Kapazitätserweiterung und
- m, f und r Proportionalitätsfaktoren.

Ausführliche Darstellungen befinden sich in [19]. Zu den ebenfalls im koordinierenden oder verbindenden Element von Abb. 3 enthaltenen Bewertungsproblemen wird nochmals auf das Problem des direkten und des vollen Transportaufwandes verwiesen [14], [20].

3. Entwicklungstendenzen

Trotz eines auch international hohen Entwicklungsstandes der PTO und spürbarer Fortschritte bei der TSA sind die Entwicklungen nicht abgeschlossen. Sie werden in gegenseitiger Beeinflussung, inhaltlich erweitert durch die Analyse und Gestaltung von Stoff-Flüssen und begleitet von der Software-Entwicklung, fortgesetzt. Dabei können folgende Aspekte besonders betont werden:

1. Vom Inhalt her zeigt sich, daß

- die Gestaltung komplexer Stoff- und Materialflußsysteme eine wesentliche Erweiterung der bisher betrachteten Gestaltung von Transportsystemen darstellt und
- daraus die neuen Anforderungen auch an die Entwicklung und Nutzung entsprechender Modellvorstellungen entstehen.

Es ist aber auch offensichtlich, daß diese komplexen Materialflußsysteme wie auch Transportsysteme nach generell den gleichen Gesichtspunkten strukturiert und entsprechend modellierbar sind. Aufgaben der Analyse führen wiederum auf entsprechende Matrixansätze nach Struktur, Funktion und Bewertung, die allerdings infolge der Mehrstufigkeit der Produktionssysteme als verkettete Matrizen gestaltet werden müssen. Auch die grundsätzlichen Ansätze hinsichtlich der Bewertung durch Verflechtungsrechnung (direkter und voller Aufwand) sowie die bisherigen Ergebnisse der Transportoptimierung finden eine wesentliche Erweiterung. Das bedeutet, daß die erforderlichen mathematischen Modelle zur Analyse, Leitung und Planung von Stoff- und Materialflußsystemen zu einem großen Teil aus der Transportsystemanalyse heraus entwickelt werden können. Dabei bleibt in diesem Beitrag unberücksichtigt, daß weitere wesentliche Methoden und Verfahren zur Beherrschung derartiger Systeme im volkswirtschaftlichen Maßstab und zu deren Bewertung entwickelt worden sind.

2. Besondere Bedeutung erlangt die Lösung des Bewertungsproblems. Hierzu müssen auf systemanalytischer Basis weitere Untersuchungen angestellt werden, die sowohl die bisher entwickelten Ansätze ausnutzen als auch neue Möglichkeiten erschließen. Parallel zur sich entwickelnden Wirtschaftsinformatik und zugleich in deren Rahmen muß die systemtheoretisch fundierte Verkehrsinformatik in ihrer ökonomisch orientierten Entwicklungslinie und bei breiter Nutzung dezentraler Rechentechnik dazu beitragen, die informationelle Basis der PTO zu festigen. Entsprechende Arbeiten werden seitens der Hochschule bereits durchgeführt.

3. Einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung der PTO vermag die angewandte Systemanalyse in der speziellen Form der TSA auf dem Gebiet der Modellbildung zu leisten, jedoch sieht auf dem Gebiet der schon äußerst verfeinerten analytischen Modelle auf der Grundlage des Transport-

problems der linearen Optimierung, sondern durch Arbeiten zur weiteren Entwicklung, Adaption und Nutzung der systemdynamischen Modellierung. In diesem Zusammenhang muß auch untersucht werden, welche Rolle sog. unscharfe Informationen für die Lösung von PTO-Problemen spielen können. Hier zeigen sich auch Beziehungen zum zweiten Zugang zur PTO, der bekanntlich von der Produktionsoptimierung ausgeht.

Es zeigt sich somit, daß sich PTO und TSA gegenseitig durchdringen und je nach Betrachtungsstandpunkt auch dominieren können. Jede gründliche PTO setzt eine entsprechende Analyse voraus. Gleichzeitig ist PTO ein wesentlicher Bestandteil der TSA. In diesem Verständnis sollte die weitere Arbeit durchgeführt werden.

Literatur

1. RICHTER, K.-J.: Zur Vielfalt und Einheitlichkeit von Transportprozessen. In: DDR-Verkehr, Berlin 8, 7 (1974).
2. RICHTER, K.-J.: Komplexe Analyse von Transportsystemen als Grundlage von mittel- und langfristigen Entscheidungen. In: DDR-Verkehr, Berlin 8, 13 (1980). Teil I, 9, Teil II und 11. Teil III.
3. WOHL, M., MARTIN, B. V.: Traffic System Analysis. Mc Graw-Hill Book Comp. 1967 (engl.) und Verlag Transport, Moskau 1981 (russ.).
4. HÜRLIMANN, W.: Transportanalyse. Sonderdruck zu »Industrielle Organisation«, Zürich 1, 41 (1972).
5. HERSHEY, D.: Transport Analysis. Plenum Press, New York—London 1973 (engl.).
6. BRAIŁOWSKI, N. O.—GRANOWSKI, B. I.: Modellierung von Transportsystemen, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1981.
7. SYDOW, A. (Hrsg.): Anwendungsaspekte der Systemanalyse. Akademie-Verlag, Berlin 1980.
8. SYDOW, A.: Systemanalyse und Simulation. In: Spectrum, Berlin 10, 11 (1980).
9. STROBEL, H.—BÖHM, D.: Zum Anliegen und zum Gegenstand der Verkehrssystemanalyse. In: SYDOW, A. (Hrsg.): Anwendungsaspekte der Systemanalyse, Akademie-Verlag, Berlin 1980.
10. GROSS, W., u.a.: Reproduktion und Verkehr, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1982.
11. RICHTER, K.-J.: Die Transportmatrix — Verkehrsökonomie III — 2., überarbeitete Auflage. Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1977/12.
12. RICHTER, K.-J.: Grundlagen der Verkehrsstatistik — Verkehrsökonomie IV — Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1978.
13. HERRNSDORF, G.: Ökonometrische Modellierung der Zusammenhänge zwischen Volkswirtschaft und dem Transportwesen. Dissertation (A). Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List«, Dresden 1984.
14. RICHTER, K.-J.: Die Bestimmung des vollen Transportaufwandes auf der Grundlage von Verflechtungsbilanzen. Teile 1 und 2. In: DDR-Verkehr, Berlin 10, 332—334, und 11, 378—380 (1981).
15. RICHTER, K.-J.: u. a.: Probleme und Ergebnisse der Modellierung von Transportsystemen als Reproduktionssysteme. In: WZ Hochschule für Verkehrswesen, Dresden 5, 27 (1980).
16. RICHTER, K.-J.—RITSCHER, M.: Rationalisierung der Aufbauorganisation durch die Anwendung mathematisch-statistischer Methoden in Betrieben und Kombinatn des städtischen Nahverkehrs. In: DDR-Verkehr, Berlin 3, 16 (1983). Teil 1 und 4, Teil 2.
17. SOECEK, Z.: Die Anwendung von systemdynamischen Modellen in der ökonomischen Praxis. In: Planungs- und Prognosemodelle. Akademie-Verlag, Berlin 1981.
18. BINIEK, Z.: Studie zur Entwicklung des transalpinen Güterverkehrs. ETH Zürich, 1985.
19. RICHTER, K.-J.—WIERZBICKI, T. (Hsg.): Transportsystemanalyse. Transpress Berlin (Manuskript eingereicht).
20. RICHTER, K.-J.: Zur Bewertung von Lösungen der Produktions-Transport-Optimierung. In: DDR-Verkehr, Berlin 10, 301—303 (1983).

Prof. Dr. Klaus-Jürgen RICHTER

DDR-8010 Dresden Friedrich List-Platz 1.