

# EINIGE ANWENDUNGSFRAGEN DER NETZPLANTECHNIK

von

K. BACHER

Lehrstuhl für Bauausführung, TU Budapest

(Eingegangen am 15. Februar 1976)

Vorgelegt von Prof. Dr. Z. VAJDA

Bei der Bauorganisation stellen sich spezifische Benutzerforderungen, wie unter anderem:

1. die Ununterbrechbarkeit der Tätigkeiten oder aber das Vorschreiben der Unterbrechbarkeit;
2. das Vorschreiben der sofortigen oder knappen Folge bestimmter Tätigkeiten;
3. einfache und rasche Herstellung von Überschneidungsbeziehungen zwischen den Tätigkeiten;
4. einfache Möglichkeit einer Änderung und Erweiterung der Abhängigkeitsverhältnisse;
5. Darstellung der räumlichen Beziehungen der Tätigkeiten;
6. Möglichkeit des Ordnen der Tätigkeiten nach durchführenden Organisationen;
7. Herausbildung eines auch im Falle von Änderungen der Zeitdauer gültigen logischen Netzwerks;
8. Bestimmung des mit der Zeitplanung verbundenen Kraftquellenbedarfs oder die Optimierung der Kapazitätsverteilung;
9. Berücksichtigung der Beschränkungen der Arbeitsleistung — z. B. durch Witterung, Wasserstand usw. In diesem Rahmen:
  - Durchsetzung von Arbeitsverboten und
  - Sicherung von Verlangsamungsbedingungen usw.

Um die Forderungen der Benutzer zu erfüllen, wurden von den Fachleuten der Netzplantechnik — im allgemeinen auf eine gewisse EDV-Anlage abgestimmte — für das Lösen einer gewissen Aufgabe bestimmte, spezielle oder für das Leiten von Organisationen geeignete komplexe Mehrzweck-Methoden entwickelt. Die komplexen und speziellen Methoden fußen auf einer mehr oder minder ausgedehnten Anwendung des allgemeinen Instrumentariums der Netzplantechnik oder auf dessen weiterer Differenzierung, und dienen zum Lösen zahlreicher, mit der Netzplantechnik nur zum Teil zusammenhängender Zeit-, Kosten-, Kraftquellen-Optimierungsaufgaben.

Diese Verfahren sind entweder selbständige Systeme (z. B. ICL-PERT,

RAMPS, SINETIK usw.) oder die schaltbaren Modulen eines integrierten Leitungssystems (z. B. die Elemente des in Ungarn entwickelten Leitungssystems, das Betriebliche Optimierungsprogramm (VOP), das ERALL und andere Verfahren).

Heute sind viele hundert — für verschiedene Rechenanlagen ausgearbeitete — Programme auf der Grundlage der Netzplantechnik bekannt.

Die allgemeinen Eigenschaften, das Zeichensystem, die knappe Ausdrucksweise der Netzplantechnik ermöglichen dem Benutzer die Anwendung eines geeigneten Satzsystems.

Das kommt zum Teil in der Netzstruktur zum Ausdruck, daher hat für den Ingenieur die Wahl der für die Lösung der betreffenden Aufgabe geeigneten Elemente, Beziehungen und der Ausdrucksweise entscheidende Wichtigkeit. Die Fehler eines schlecht aufgesetzten oder unübersichtlichen Netzplans können durch keine rechentechnische Verarbeitung, keine Optimierung wiedergutmacht werden. Die technologischen oder Organisationsbedingungen in einen Netzplan zu fassen, bleibt auch bei der modernsten Programmierung Aufgabe des Ingenieurs.

Über das Durchsetzen dieser von dem Ingenieur zu formulierenden Voraussetzungen und die erwartungsmäßigen Wirkungen möchten wir im weiteren im Spiegel der Anwendung einen Überblick geben.

### I. Ununterbrechbare oder unterbrechbare Tätigkeiten

Die Tätigkeiten einer bestimmten Aufgabe stehen mit der Zeitdauer ihrer Durchführung, mit selbständigem Kennungszeichen und Text in der Regel als weiter nicht unterteilbare Bestandteile im Netzplan.

- Wird die zeitliche Durchführung der Tätigkeit im Netzplan zusammenhängend, ohne Unterbrechung berücksichtigt, spricht man von einer ununterbrochenen Tätigkeit;
- sind zwischen Anfang und Ende der Tätigkeiten Unterbrechungen zugelassen, können also die Tätigkeiten während einer längeren Zeit als die für den kontinuierlichen Durchlauf bestimmte durchgeführt werden, so spricht man von unterbrechbaren Tätigkeiten.

Da die Anwendung von ununterbrechbaren Tätigkeiten technisch und rechentechnisch einfacher ist, ist diese die in der Praxis am häufigsten angewandte Behandlungsweise, die Ausgangsbedingung, die sich am leichtesten befriedigen läßt. Auch die bekannten Algorithmen beziehen sich auf diese Bedingung.

Die Anwendung von unterbrechbaren Tätigkeiten ermöglicht eine günstige Überschneidung zwischen verbundenen Tätigkeiten mit unterschiedlicher Dauer, somit läßt sich die volle Durchlaufzeit stark abkürzen (Aufheben der sog. paradoxen Lage).

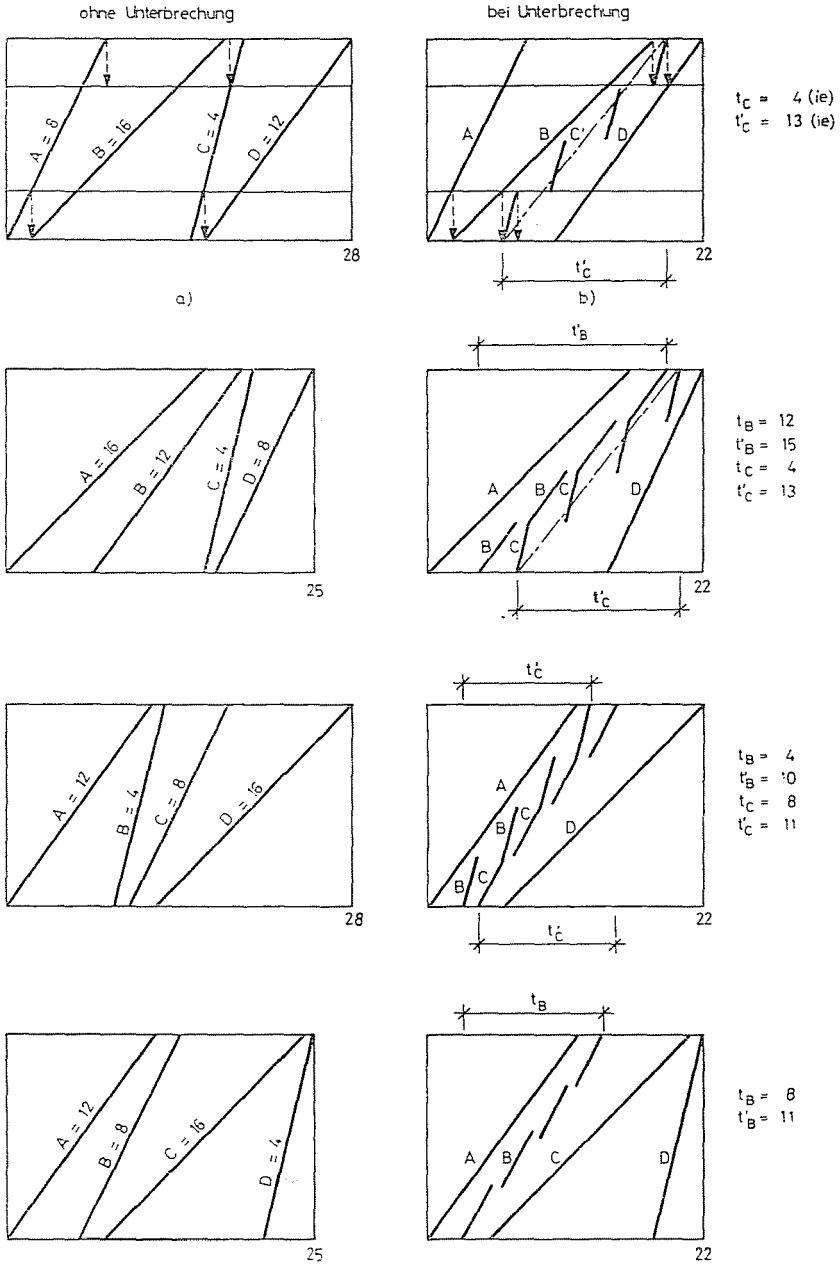


Abb. 1. Wirkung einer Unterbrechung der Tätigkeiten auf die Durchlaufzeit

Abb. 1 zeigt die Wirkung von unterbrochenen Tätigkeiten auf die Durchlaufzeit.

Die aus der Sicht des Zeitplans ungünstig raschen Tätigkeiten können verlangsamt werden durch

- Unterbrechungen, Pausen;
- Verlängerung der ursprünglichen Dauer (wenn dadurch der maßgebende Kraftquellenstand — z. B. Personalstand oder Maschinenzahl — herabgesetzt werden kann).

Die Unterbrechbarkeitsbedingung wird im Kennungskode der Tätigkeit durch ein Unterscheidungszeichen und durch ein den spezifischen Rechenbefehl bedeutendes, *doppeltes* Abhängigkeitsverhältnis der betreffenden Tätigkeiten (für Start und End)  $MSSz_1$  und  $MEEz_2$  beschrieben.

Im Kode weist M auf die Unterbrechungen hin, während

$KK_{z_1}$  die Folgebedingung zwischen den Starten mit dem Zeitintervall  $z_1$  und

$BB_{z_2}$  die Folgebedingung zwischen den Enden mit den Zeitintervallen  $z_2$

bedeuten.

Die Zeitintervalle zwischen den Starten und den Enden der betreffenden Tätigkeiten werden bestimmt — organisatorisch nach dem erforderlichen Bereitschaftsgrad  $z = f(t)$ ;

(wo  $z$  das zwischen Start und Ende der Tätigkeiten vorgeschriebene Zeitintervall,

$t$  die Zeitdauer der betreffenden Tätigkeit bedeuten);

— technologisch durch Angabe eines konstanten vorgeschriebenen oder empirischen Zeitwertes ( $z = \text{konst.}$ ).

Nur der Vollständigkeit halber sei bemerkt, daß sich der *Bereitschaftsgrad* unter Berücksichtigung von Organisationsrücksichten bei der Festlegung des Zeitintervalls zwischen den Anfängen auf die Dauer der vorangehenden Tätigkeit [ $z_1 = f(t_A)$ ], bei der Festlegung des Zeitintervalls zwischen den Enden auf die Dauer der untersuchten Tätigkeit [ $z_2 = f(t_B)$ ] bezieht.

Eine Unterbrechung, eine virtuelle Verlängerung der Durchführung von sich überschneidenden Tätigkeiten tritt im allgemeinen ein, wenn die Dauer der vorangehenden Tätigkeit länger als die der untersuchten Tätigkeit ist. Der früheste Anfang der untersuchten Tätigkeit ergibt sich zu

$$LKOK [B] = \max. (LKOK [A] + z_1 [A, B])$$

das früheste Ende zu

$$LKOB [B] = \max. \left\{ \begin{array}{l} LKOK [B] + t [B]; \\ LKOB [A] + z_2 [A, B] \end{array} \right\}.$$

Bei

$$\text{LKOB [B]} - \text{LKOK [B]} = t' [\text{B}] > t [\text{B}],$$

wird die Tätigkeit unterbrochen und die Ablaufzeit ist  $t' [\text{B}]$  (Abb. 2).

Die Signalisierung der Unterbrechung ist sowohl im Falle einer tabellarischen als auch einer graphischen (Balkendiagramm oder Zyklusdiagramm) Ausgangsinformation wichtig, weil eine in dieser Weise geplante Ablauf

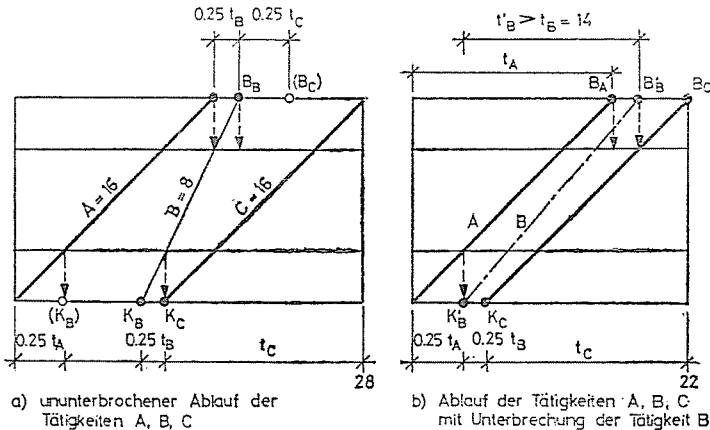


Abb. 2. Wirkung der Unterbrechung von Tätigkeiten auf die Durchlaufzeit und auf die Zeitdauer ( $t_F$ ) der betreffenden Tätigkeit (bei 0,25prozentiger Bereitschaft)

bei der Durchführung oder bei der weiteren Kraftquellenplanung besondere Maßnahmen erfordern kann.

Zwar wirkt die Unterbrechbarkeit einzelner Tätigkeit günstig auf die Durchlaufzeit, bedarf die Bewilligung derselben sowohl technisch (Arbeitsfugen, Beschädigung des Bestands usw.) als auch organisatorisch (abschnittsweiser Einsatz, Umgruppierung der Kraftquellen usw.) reiflicher Überlegung.

2. Das Vorschreiben der Bedingung der knappen oder *sofortigen Folge bestimmter Tätigkeiten*, einer zusammengefaßten, ununterbrechbaren Tätigkeitskette, kann durch mehrere bauliche Rücksichten begründet sein:

— Von konstruktivem, technologischem Gesichtspunkt aus dürfen bei gewissen Bauten zwischen Konstruktionsteilen keine Arbeitsfugen, kein Abwarten zugelassen werden. In solchen Fällen müssen die einzelnen Arbeitsgänge unmittelbar aufeinander folgen, auch keine scheinbare Reservezeit darf zwischen ihnen anfallen.

Diese Bedingung wird im Netzplan durch das gemeinsame Vorschreiben im Abhängigkeitsverhältnis ES der im Überblick beschriebenen (minimalen bzw. maximalen) Annäherungs- und Entfernungsbedingungen und durch die Angabe des Folgezeitintervalls  $z_{\max} = z_{\min} = 0$  dargestellt.

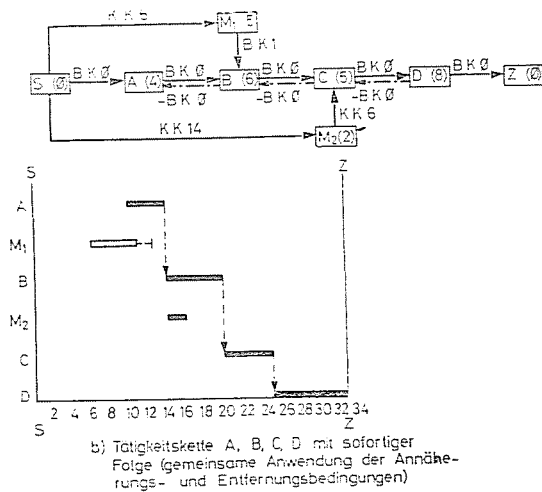
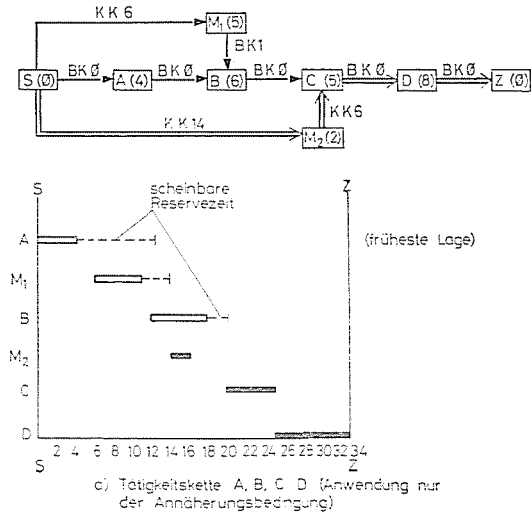


Abb. 3. Herausbildung einer (geschlossenen) Tätigkeitskette mit sofortiger Folge

Abb. 3 zeigt eine kontinuierliche Tätigkeitskette mit sofortiger Folge, durch Tätigkeitspfeil und Tätigkeitsknoten dargestellt.

Würde die Tätigkeitskette A, B, C nur durch die übliche »Näherungsbedingung« verbunden sein, würde damit lediglich die *Möglichkeit*, nicht das notwendige Eintreffen der sofortigen Folge vorgeschrieben sein.

Äußere Einwirkungen auf die Elemente der zu verbindenden Tätigkeitskette können diese voneinander zeitlich trennen und es können sich für den frühesten Start und das früheste Ende falsche Termine sowie Reservezeiten ergeben, die nicht in Anspruch genommen werden können.

Oft ist das Vorschreiben der sofortigen Folge der Tätigkeiten auch aus organisatorischen Gründen notwendig.

Ein solcher Fall ist, z. B. für gewisse Nachauftragnehmer (Erdarbeiten, Bau von Objekten usw.) auf den einzelnen Baustellen kontinuierliche Arbeitsmöglichkeit zu schaffen, da ohne Gewährleistung der hauptunternehmerischen Bedingungen diese »fremden« Organisationen auf der betreffenden Baustelle kaum Möglichkeit zur Pufferarbeit hätten.

Aus Organisationsrücksichten können auch die sofortige Aufeinanderfolge der Tätigkeiten von hauptunternehmerischen Arbeitsgruppen, mit speziellen Einsatzbereich das Schaffen einer geschlossenen Tätigkeitskette Wichtigkeit haben.

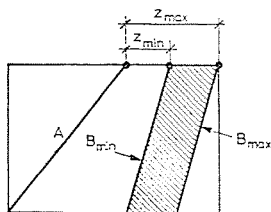
Dies kann wegen des ständigen Einsatzes hochwertiger oder hochleistungsfähiger Maschinen (z. B. Asphalt- oder Betonfertiger-Maschinenreihen) oder wegen der ununterbrochenen Beschäftigung von Arbeitsgruppen beschränkter Zahl mit Spezialkenntnissen usw. gerechtfertigt sein.

Die Bedingungen werden im Netzplan in gleicher Weise wie im vorigen Falle vorgeschrieben.

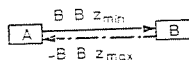
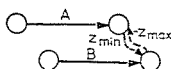
Eine sofortige oder knappe Folge der Tätigkeiten kann u.U. auch vorgeschrieben werden, um fertiggestellte Arbeitsteile, halbfertige Bauteile, zustande gebrachte Zustände zu schützen. Folgen bei der Bauausführung auf einen fertiggestellten Arbeitsteil in gegen mechanische Beschädigung oder Witterungseinflüsse empfindlichem Zustand nur nach längerer Zeit weitere Tätigkeiten, kann es vorkommen, daß die früher ausgeführte Konstruktion bereits in unbefriedigendem Zustand ist, der Ausbesserung bedarf oder sogar ersetzt werden muß.

Aus derartigen Rücksichten des Bestandschutzes ist es üblich, eine knappe Folgebedingung nach der Ausführung der empfindlichen Baukonstruktionen vorzuschreiben. Diese besteht in der Regel darin, daß die Näherungs- und Entfernungs-Zeitintervalle festgelegt werden, nach denen an der empfindlichen Baukonstruktion weitergearbeitet werden darf bzw. muß. Die Differenz der beiden Zeitpunkte (in gleichem Abhängigkeitsverhältnis) ist das für den Bestandschutz mögliche und notwendige Zeitintervall der Kontinuität (Abb. 4).

Abb. 4. Gemeinsame Anwendung zulässiger Annäherungs- und Entfernungsbedingungen [Zum Beispiel im Falle einer Relation E-E:]



die Tätigkeit B kann am frühesten um  $z_{\min}$  nach Beendigung der Tätigkeit A begonnen und muß am spätestens nach Ablauf einer Zeit  $z_{\max}$  beendet werden. (Die Beendigung der Tätigkeit B muß also im Verhältnis zu der Tätigkeit A zwischen zwei Grenzen fallen.)  $z_{\max} \geq z_{\min}$



3. Eine einfache *Erzeugung von sich überschneidenden Prozeßverbindungen* ist vor allem im Falle von umfangreichen, weitläufigen Tätigkeiten erforderlich.

Diese ist bei jedem beliebigen Abhängigkeitsverhältnis und entsprechend gewähltem Intervall möglich (vgl. Abb. 5 und 6). Überschneidungen ergeben sich nicht aus den verschiedenen bekannten Arten der Netzdarstellung, sondern sind die Mittel ihres einfachen oder umständlichen Ausdrucks, ihres Vorschreibens.

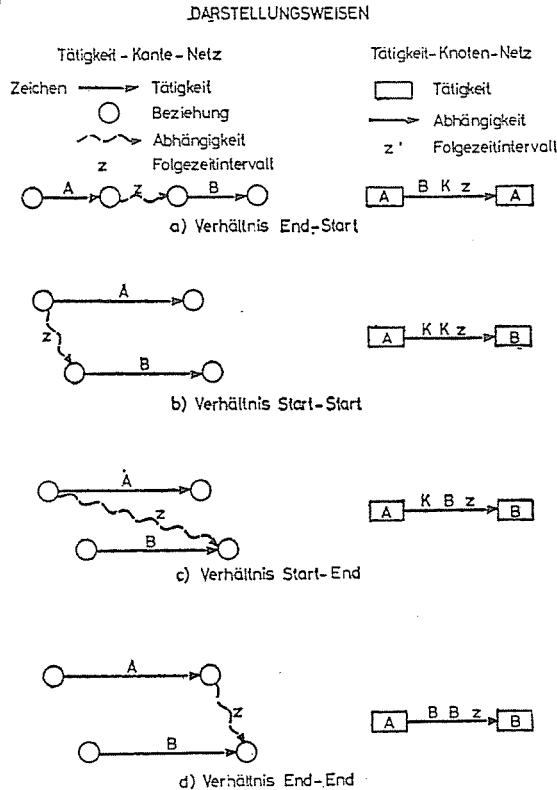


Abb. 5. Darstellung von grundlegenden Abhängigkeitsverhältnissen im Falle von tätigkeitsorientierten Netzen

Bei Herstellen von Überlappungen, Parallelitäten muß der Anwender — im Falle von einfachen Relationen — klären, ob sich Tätigkeiten, die sich überlagern, schneiden dürfen oder nicht (Abb. 7). (Die Vorbereitungsarbeiten eines Bauvorhabens können z.B. bei einem bestimmten teilweisen Bereitschaftsgrad der Baustelleneinrichtung begonnen werden.)

Ist die Überschneidung zulässig, läßt sich das zu dem Abhängigkeitsverhältnis gehörende Zeitintervall  $z$  meistens auch ohne aufeinander bezogene



Zeiträume  $t_A$ ,  $t_B$  der Tätigkeiten zu kennen bestimmen. Bei vorbereitenden Bautätigkeiten z. B. wird nur eine teilweise Baustelleneinrichtung gewünscht. Diese läßt sich durch das Zeitintervall zwischen den Startzeitpunkten bestimmen, eine Gebundenheit hinsichtlich der Enden ist nicht erforderlich.

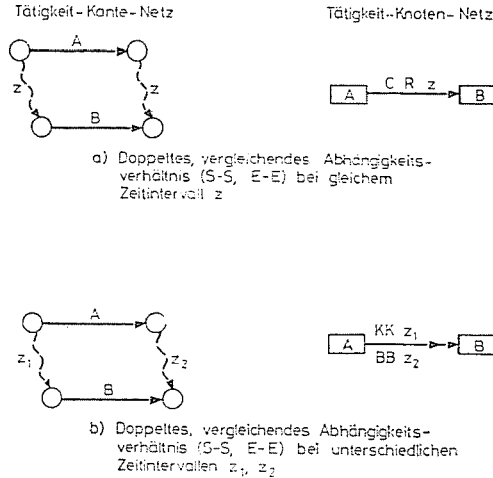


Abb. 6. Darstellung eines mehrfachen Abhängigkeitsverhältnisses im Falle von tätigkeitsorientierten Netzen

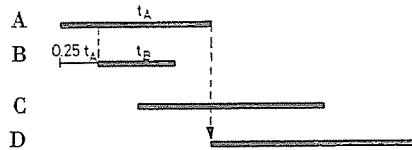


Abb. 7. Zulässiges gegenseitiges Schneiden der Tätigkeiten. A) Baustelleneinrichtung; B) Vorbereitung; C) Unterbau; D) Überbau

Die Sache liegt anders bei der Anwendung einfacher Relationen, wenn sich die überlagerten Tätigkeiten nicht schneiden können. Dann kann das zu der untersuchten Relation gehörende Zeitintervall nur in Kenntnis der konkreten Zeitverhältnisse der sich aneinander anschließenden Tätigkeiten so bestimmt werden, daß zwischen den Start- und Endterminen die aus technologischen oder Organisationsrücksichten erforderliche zeitliche Verschiebung entsteht. Durch diesen Umstand wird die logische Planungsmöglichkeit ohne Zeitangaben vermindert und die bei der Ausführung oft erforderlichen, entgegengesetzten Änderungen der Zeitdauer können mehrfache Umarbeitungen des im Netzplan beschriebenen Bedingungssystems erfordern.

4. Die Änderung des Abhängigkeitsverhältnisses läßt sich in der Regel bei Darstellungsweisen der Netzplantechnik einfach, mit wenig manueller

Arbeit durchführen, wo keine große Anzahl straffer Regeln für die Konstruktion des Netzes, die Numerierung der Tätigkeiten usw. vorhanden ist.

In dieser Hinsicht können Netzdarstellungen, Verfahren mit kodierten Abhängigkeitsverhältnissen und mit von der Pfeilrichtung unabhängiger (z. B. dezimaler) Numerierung vorteilhaft sein. (Eine Änderung der Netzplanstruktur ist im allgemeinen bei direkten Darstellungsweisen und bei in den Knoten eine in Pfeilrichtung laufend wachsende Numerierung erfordernden Arten umständlicher.)

5. Es wird oft gefordert, daß sich die Darstellungsweise für das Ordnen bzw. die *Darstellung je Ausführungsort* der zu je einer Technologie gehörenden Tätigkeiten, für die räumliche Systematisierung der Reihenfolge des Beginnens derselben eigne.

Alle Darstellungsweisen gestatten ein gewisses Ordnen, es ist aber die Darstellung der Tätigkeitsknoten, die vielleicht die oft geforderte Strukturierung am günstigsten ermöglicht. Unter Anwendung derselben läßt sich ein Netzwerk herausbilden, dessen Zeilen die Tätigkeitsgruppen, dessen Spalten räumliche Abschnitte (Sektion, Geschoß, Streckenabschnitt usw.) oder Bauwerke bezeichnen oder umgekehrt (Abb. 8).

Es ist zweckmäßig, die so herausgebildete Struktur auch bei der Numerierung der Tätigkeiten als Basis zu wählen, z. B. in der Form, daß die einzelnen Zeichen des Tätigkeitskodes auf den technologischen Prozeß bzw. dessen räumliche Lage hinweisen.

6. Es ist auch zweckmäßig, die im Netzplan dargestellten *Tätigkeiten* nach ausführenden *Organisationen* (Arbeitsplätzen, Bauleitungen usw.) zu *ordnen*. Die Darstellungsmöglichkeit ist der vorigen ähnlich, mit dem Unterschied, daß z. B. die Spalten der Struktur anstatt oder neben der Lage innerhalb des Bauwerks die ausführenden Organe verschiedener Ebenen darstellen.

Das Zugehören zu den einzelnen Organisationen kann selbstverständlich auch in den Koden der Tätigkeiten ausgedrückt werden.

7. *Die logische Konstruktion* im Netzplan soll auch im Falle von Veränderungen in der Dauer der Tätigkeiten gültig sein. Das heißt, daß eine Änderung lediglich der Zeitdauer keine Änderung der Abhängigkeitsverhältnisse und des ganzen Bedingungssystems des Netzwerks erfordern soll.

Das scheint widersprüchlich zu sein, da ja einer der Vorteile der Netzplantechnik gerade die Möglichkeit der Änderung ist. Die Mehrheit der frühen Methoden der Netzplantechnik im Baubetrieb benutzte nur das Abhängigkeitsverhältnis Ende-Start (E-S) und das Annäherungszeitintervall  $z = 0$ . Bei einem so einfachen Bedingungssystem konnte den Tätigkeiten des entsprechend ausgestalteten logischen Netzplans eine beliebig lange Zeitdauer zugeordnet werden, der Netzplan drückte auch weiterhin die grundlegenden technologischen und Organisationsbedingungen aus.

Metro-Haltestelle  
(Aktualisierung)

Objekt		Perron			Betriebs- raum	Raum der elektr. Anlagen	Auffahrt- stollen
		Rechts	Beide	Links			
Tätigkeit	Nr.	11	13	12	20	30	40

- Abbohren von der Oberfläche 38
- Gleisbeton 03
- Gleisbefestigung + 3 Schiene 05
- Kabelhalter 39
- Mauerung der Räume 37
- Luxahalter 40
- Pumpeninstallation 11
- Beleuchtung + Armaturen 13
- Anstrich 14
- Stahltor 20
- Schallschluckwand 41
- Fliesen und Mosaik 09
- Rolltreppenmontage 42
- Steinplattenbelag 43
- Kunststoff- und Luxaverkleidung 44
- Gummi- und Kunststoffbelag 45
- Pfeilverkleidung 22
- Montage 46
- Installation 12
- Sicherheits- und Anzeigevorrichtung 15
  
- Ausbauarbeiten 95
- Probetrieb 98
- Übergabe 99

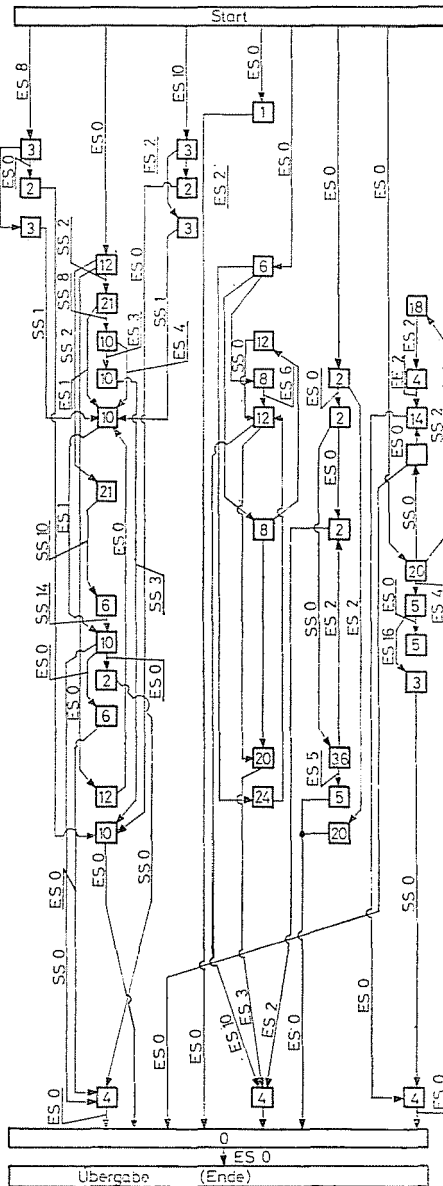


Abb. 8. Räumliche Anordnung der Tätigkeiten

Durch die Entwicklung der Netzplantechnik, durch die Anwendung genauerer, abgetönterer Bedingungen — Abhängigkeitsverhältnisse (mehrere Abhängigkeitsverhältnisse, Folgezeitintervalle ungleich Null) — wurden die Netzpläne gegen Änderungen der Dauer empfindlicher.

Da zwischen zwei Tätigkeiten ein einfaches Abhängigkeitsverhältnis (ohne Überschneidung) nur im Bereich des auch von der Tätigkeitsdauer abhängigen Folgezeitintervalle definiert werden kann, baut sich auch die logische Planung auf die Annahme immer bestimmter Zeiträume auf, deren Änderung während der Planung oder der Ausführung das Ausgangsabhängigkeitsverhältnis oder die Größe des benutzten Folgezeitintervalls beeinflussen kann. Damit vermindert sich die Stabilität der logischen Konstruktion.

Die Dauerhaftigkeit des logischen Netzplans, die Gültigkeit seines grundlegenden Bedingungssystems lassen sich — trotz der häufigen Veränderungen der Zeitdauer — bei überlappten Tätigkeiten so gewährleisten, daß zwischen zwei gleichen Tätigkeiten für die Anfänge (S-S) und die Enden (E-E) gleichzeitig zwei Abhängigkeitsverhältnisse, Näherungsbedingungen angesetzt werden.

Folgezeitintervalle können in Abhängigkeit von der Art der Beziehung bestimmt werden:

- bei technologischer Bedingtheit als zu einem »CR« (S-S und E-E)-Verhältnis gehörendes konstantes Zeitintervall (z. B. Zeiten für Erhärtung des Betons, Trocknen, Setzvorgang usw., vgl. Abb. 9a);
- unter vorgegebenen organisatorischen Bedingungen — z. B. aufgrund einer Soll-Brauchbarkeitsgrad von 20% — zwischen den Anfängen (S-S) in Abhängigkeit von der Dauer ( $z_1 = 0,2 t_A$ ) der vorangehenden Tätigkeit, S-S zwischen den Enden (E-E) Abhängigkeit von der Dauer der jeweiligen Tätigkeit ( $z_2 = 0,2 t_B$ ), (vgl. Abb. 9b).

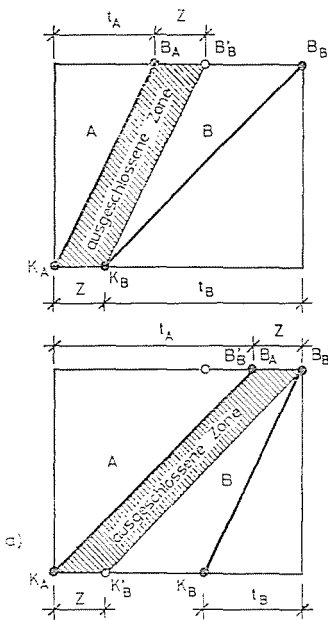
Durch Vorschreiben eines mehrfachen Abhängigkeitsverhältnisses zwischen denselben überlagerten Tätigkeiten und durch Formulieren der diesen zugehörigen Folgezeitintervalle in Abhängigkeit von der Dauer oder als technologieabhängige Konstante kann ein dauerhafter, gegen Änderungen der Zeitdauer nicht empfindlicher logischer Netzplan erarbeitet werden.

Die Zuordnung einer (beliebigen) Dauer zu den Tätigkeiten des logischen Netzplans ergibt die konkreten Werte für die von der Dauer abhängigen Zeitintervalle und den hinsichtlich der Zeitplanung schon vollkommen bestimmten, konkreten Netzplan.

8. Die *Resourceplanung* in Verbindung mit der Zeitplanung wird in zwei Beiträgen dieses Heftes behandelt.

9. Einführung in den Netzplan von *Einschränkungen, Verbot der Arbeit* wegen Witterungsverhältnissen, Wasserstand usw. kann sowohl im Hoch- als auch im Tiefbau erforderlich sein. Einzelne Arbeitsgänge lassen sich nur bei bestimmten Witterungsverhältnissen oder bei einem gewissen Wasser-

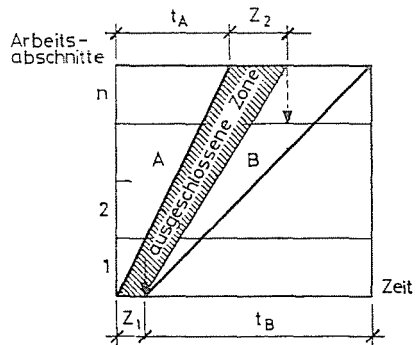
Abb. 9. Doppeltes Abhängigkeitsverhältnis (S-S, E-E).



a) bei gleichem Zeitintervall  $z$  ( $\psi$ CR $\psi$ ) Vergleichsbedingung

Also:

ist  $t_A < t_B$ , dann wird das Abhängigkeitsverhältnis S-S, ist  $t_A > t_B$ , dann wird das Abhängigkeitsverhältnis E-E maßgebend sein und die beiden Tätigkeiten können sich nicht mehr annähern als um den Wert von  $z$



b) bei unterschiedlichen Zeitintervallen

$$z_1 \neq z_2$$

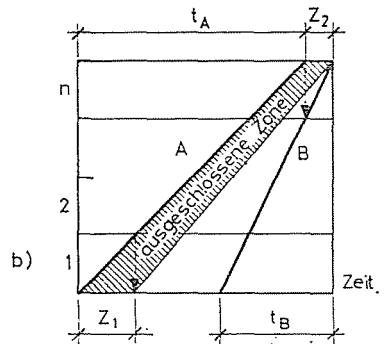
Besteht die Ablaufbedingung der Tätigkeiten A und B darin, daß auf einem Arbeitsabschnitt auf einmal nur eine einzige Tätigkeit stattfinden darf, dann können dem Abhängigkeitsverhältnis S-S das Zeitintervall

$$z_1 = \frac{t_A}{n} \text{ und}$$

dem Abhängigkeitsverhältnis E-E das Zeitintervall

$$z_2 = \frac{t_B}{n} \text{ gleichzeitig zugeordnet werden;}$$

ist  $t_A < t_B$ , dann werden (aufgrund des Vergleichs) das Verhältnis S-S und das Zeitintervall  $z_1$  maßgebend sein; ist  $t_A > t_B$ , dann macht sich die Wirkung des Verhältnisses E-E und des Zeitintervalls  $z_2$  geltend



stand durchführen. Bei der Planung können im allgemeinen limitative Bedingungen berücksichtigt werden, deren Vorkommen nach früheren Beobachtungen (mehrerer Jahre oder Jahrzehnte) in einem abgegrenzten Zeitintervall wahrscheinlich ist — die sich im allgemeinen jährlich zyklisch wiederholen — und deren Zeiteinfluß für die Planung von Bedeutung ist.

Vereinfacht kann die Wirkung der Naturerscheinungen als Arbeitsverbot berücksichtigt werden. Die einfachste Annahme besteht darin, z. B.

in einem bestimmten Zeitintervall jede Arbeit auszuschließen (z. B. in der kalten Jahreszeit, bei Hochwasser im Frühjahr usw.). Die Wirkung auf die volle Durchlaufzeit kann unterschiedlich sein je nach dem, ob die Tätigkeiten für die Verbotszeit unterbrochen werden dürfen oder nur ununterbrochen durchgeführt werden können. Im letzteren Falle wird die Durchlaufzeit beträchtlich zunehmen (Abb. 10).

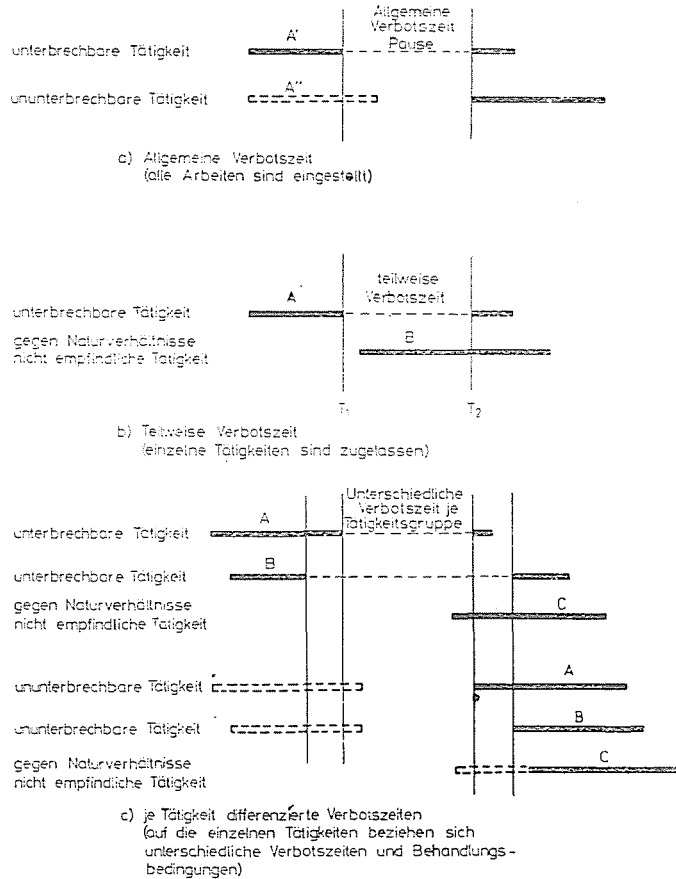


Abb. 10. Berücksichtigungsmöglichkeiten der Verbotszeiten

Durch Verbotsbedingungen werden in der Regel die berechneten Termine der Tätigkeiten im Netzplan der Verbotszeit entsprechend verändert.

Da die einzelnen Tätigkeiten gegen äußere Naturwirkungen (ihrem räumlichen Vorkommen oder der Art der Technologie gemäß) nicht gleich empfindlich sind (z. B. Uferwandbau, Asphaltieren, Montage von Großtafeln, inwendige Ausbauarbeiten usw.), wäre es nicht gerechtfertigt, die Ausführung auf die gleiche Zeit einzuschränken oder zu verbieten.

Die Wirkung andauernder Naturverhältnisse auf die Bauausführung läßt sich in der Regel durch ein differenziertes Vorschreiben unterschiedlicher Verbotszeiten für die einzelnen Tätigkeiten, Tätigkeitsgruppen berücksichtigen. Für Tätigkeiten, die gegen äußere Einwirkungen nicht empfindlich sind, ist diese Verbotszeit selbstverständlich gleich Null.

Die nach dem klassischen Algorithmus des »kritischen Weges« berechneten Tätigkeitstermine werden anhand der je Tätigkeit vorgeschriebenen Verbotszeiten überprüft und nötigenfalls richtiggestellt.

Die volle Durchlaufzeit hängt selbstverständlich davon ab, ob die Tätigkeit unterbrochen werden darf oder nicht. Fallen Verbotsbedingungen mit anderen Bedingungen der Durchführung (z. B. ununterbrechbare Tätigkeitskette) zusammen, ergeben sich ungünstige Gesamtdurchlaufzeiten.

Es werden manchmal Stimmen laut, daß das Bauen infolge seines wandernden Charakters, der mannigfaltigen Technologien und Funktionen der Bauwerke, seiner Preisgebung den Naturverhältnissen verwickelter ist, als daß es sich mit Hilfe eines Netzplans gut beschreiben ließe.

Wir sind der Ansicht, daß die in- und ausländische Entwicklungstätigkeit auf dem Gebiet der Netzplantechnik, die Adaptation und die Systematisierung für die Bauindustrie sowie die zunehmende Weiterbildung und Lehrtätigkeit, die Verbesserung der persönlichen und technischen Bedingungen in Ungarn dazu beitragen werden, zu der Planung von Produktions- und Bauprozessen die Netzplantechnik heranzuziehen.

### Zusammenfassung

Im Beitrag werden einige Forderungen der sich mit Bauorganisation befassenden Ingenieure an das Bedingungssystem, die Darstellungsweise der Netzplantechnik angeführt.

Es wird über die Anwendungsmöglichkeiten der allgemeinen Ausdrucksmittel der Netzplantechnik sowie über die voraussichtliche Wirkung der Anwendung der einzelnen Bedingungen im Spiegel der Anwenderansprüche und der technischen Beweggründe ein Überblick gegeben.

Károly BACHER, H-1502, Budapest