

Die Netzplantechnik im Strassenbau

Autor(en): **Heierli, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **84 (1966)**

Heft 8

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68842>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kapazität der Rechenmaschine

Die Rechnungen mit dem doppelten Eingang im Einstellwerk verlangen eine Abschätzung über die Kapazität der Rechenmaschine. Bei der Bestimmung von $\sum x_i$, $\bar{x}$ und S_x darf auf keinen Fall ein Überschneiden der $\sum x_i$ mit $\sum x_i^2$ stattfinden, auch die S_x und die S_{xy} bzw. die S_{xy} und die S_y dürfen sich nicht überschneiden.

Zur Abschätzung führen wir folgende Begriffe ein. Die niedrigste Ziffer der zwei Zahlen im EW haben die Positionen v (vorn) und h (hinten). Die niedrigste Ziffer im UW sei auf der Position t . Dann stehen für das rechts stehende Ergebnis im Resultatwerk $v - h$ und für das links stehende Ergebnis $17 - (v + t)$ Stellen zur Verfügung.

Für das Beispiel 1 ist: $v = 9$; $h = 1$ und $t = 5$

links: $\sum x_i = n \bar{x}$ hat höchstens 3 Stellen,

rechts $\sum x_i^2 = n (\bar{x}^2 + s^2)$ hat höchstens 8 Stellen zum Besetzen.

Die Netzplantechnik im Strassenbau

Von Dr. sc. techn. W. Heierli, dipl. Bauing. ETH, Zürich

1. Einleitung

In der letzten Zeit führte das betriebswissenschaftliche Institut der ETH eine Anzahl von Kursen über Netzplantechnik durch.¹⁾ Der Verfasser hatte Gelegenheit, an drei solchen Kursen im Rahmen eines Gastreferates über die Anwendung der Netzplantechnik im Strassenbau zu berichten. Der Inhalt dieses Referates, in welchem einige erste Erfahrungen aus der Schweiz ausgewertet werden, ist im folgenden wiedergegeben.

Dass sich der Strassenbau für die Anwendung der Netzplantechnik eignet, oder besser gesagt, dass im Strassenbau solche modernen Planungs- und Organisationshilfsmittel angewendet werden sollten, wird eigentlich schon aus dem grossen Umfang der schweizerischen Strassenbauaufgaben ersichtlich. Allein beim Bau der Nationalstrassen ist eine Aufgabe zu bewältigen, welche mit der seinerzeitigen Errichtung unseres Eisenbahnnetzes verglichen werden kann, sowohl in bezug auf die Aufwendungen wie auf die Tragweite für die Zukunft. Dazu kommen das innerstädtische Verkehrsnetz, die Hauptverkehrs- und Nebenstrassen.

Die Netzplantechnik ist ein Hilfsmittel, welches gestattet, einen bestimmten Bauablauf zu optimieren. Die Frage, *was* im konkreten Fall zu einem Optimum gemacht werden solle, muss je nach der spezifischen Anwendung verschieden beantwortet werden. In der Fertigungstechnik werden wohl die beiden Ziele «minimale Herstellungskosten» und «minimale Herstellungszeit» vorwiegen. Wenn auch im Strassenbau diese beiden Ziele immer vorhanden sind, so sind noch andere Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Da der Strassenbau in der Schweiz meistens in dicht besiedeltem Gebiet mit einer Menge bereits vorhandener Verkehrsbeziehungen vorangetrieben werden muss, ist in erster Linie darauf zu achten, dass der bestehende Verkehr möglichst wenig behindert und gefährdet wird. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt, der den Bauablauf stark beeinflussen kann, ist die Frage des Landerwerbes. Es sei lediglich erwähnt, dass das Ansteigen der Bodenpreise während der Bauzeit allein ein wichtiger Kostenfaktor werden kann. Aus den Fragen der Kreditzuteilung ergeben sich für die Netzplantechnik im Strassenbau neue Aufgaben. Es kann sich die Aufgabe stellen, mit beschränkten Krediten begonnene Arbeiten möglichst ohne Nachteile weiterzuführen. Weitere Gesichtspunkte bei der Optimierung von Bauprogrammen im Strassenbau sind, stichwortartig aufgezählt, folgende: Geringster Einsatz ungelernter Arbeiter (Gastarbeiterproblem), Aufholen von Bauzeit nach Perioden schlechter Witterung, möglichst rasche Fertigstellung und Verkehrsübergabe einzelner Teilstrecken.

Wenn man sich fragt, was eine Strassenbaustelle, insbesondere die Baustelle einer Nationalstrasse, gegenüber andern Baustellen auszeichne, so kommt man etwa auf folgende Merkmale: Die Baustelle ist langgestreckt und muss an verschiedenen Orten in der Weise begonnen werden, dass verschiedene Abschnitte sich zu einem bestimmten Endtermin möglichst gleichzeitig zu einer durchgehenden Strassenstrecke zusammenfügen. Normalerweise wird für die Tiefbauarbeiten pro Nationalstrassenlos ein Hauptunternehmer ausgewählt, währenddem die verschiedenen Brückenobjekte durch eine grössere Zahl von Brückenunternehmern durchgeführt werden. Als weitere wichtige Beteiligte bei der Ausführung sind zu nennen:

¹⁾ Siehe Ankündigung in der SBZ 1965, H. 29, S. 518.

$\bar{x}$ kann um $t - 1$ Stellen genauer gerechnet werden als x_i .

Für das Beispiel 3 ist: $v = 9$; $h = 1$ und $t = 4$.

$\sum f_i x_i = n \bar{x}$ kann höchstens 4 Stellen,

$\sum f_i x_i^2 = n (\bar{x}^2 + s^2)$ kann höchstens 8 Stellen besetzen

Für das Beispiel 6 ist: $v = 8$, $h = 1$ und $t = 2$

S_x und S_{xy} haben beide 7 Stellen zur Verfügung.

Eine Überschlagsrechnung zeigt, dass die Rechenschemen (3) und (4) bei vier- und mehrstelligen x_i und y_i nicht mehr ausführbar sind. Man verzichtet auf die Doppelrechnung und bestimmt die gemischte Summe in einem einfachen Rechnungsgange, wo die «Curta» für alle praktischen Zwecke eine genügende Kapazität aufweist.

Adresse des Verfassers: Prof. H. Schilt, 2500 Biel, Höhweg 5.

DK 658.51:625.711.1

die Belagsfirmen für die Nationalstrassen und die Nebenstrassen; die Unternehmer, welche das Verlegen der Werkleitungen vorgängig des Beginns der eigentlichen Tiefbauarbeiten besorgen; die Firmen für die Ausführung der Signalisation und Beleuchtung sowie für die Erstellung der Werk- und Rastplätze usw.

In diesem Artikel soll zuerst gezeigt werden, wie ein Netzplan für Strassenbauten am einfachsten aufgestellt wird. Die Grundkenntnisse der Netzplantechnik werden vorausgesetzt. Kurz zusammengefasst besteht ein Netzplan aus einer Anzahl aneinandergereihter oder parallelgeschalteter *Tätigkeiten*, in welche jede Bauaufgabe aufgliedert werden kann. Jede Tätigkeit beansprucht eine gewisse Zeit und wird von einem oder mehreren bestimmten Beteiligten durchgeführt. Anfang und Ende einer Tätigkeit heissen *Ereignisse*. Alle Tätigkeiten zusammen ergeben ein *Netzwerk*, welches den folgerichtigen Ablauf einer Bauarbeit darstellt.

Zuerst wird die Tätigkeitsliste behandelt und dann die Struktur eines Strassenbau-Netzplanes erörtert. Darauf werden der Betrieb eines Netzplanes und die ersten Erfahrungen damit im Strassenbau besprochen. Zum Schluss wird in einem Ausblick versucht, diejenigen Richtungen anzugeben, in denen sich die Netzbautechnik im Strassenbau weiterentwickeln könnte.

2. Tätigkeitsliste

2.1 Umfassende Darstellung

Gleich zu Beginn der Aufstellung jedes Netzplanes muss die Frage gestellt werden, wie der Rahmen der im Netzplan zu berücksichtigenden Tätigkeiten abgegrenzt werden solle. Ein Netzplan könnte z. B. für die Ausführung der eigentlichen Tiefbauarbeiten oder für alle Bauarbeiten überhaupt aufgestellt werden. Als Ausführende würden dann lediglich die Unternehmer figurieren. Es zeigt sich aber bald, dass eine solche Begrenzung viel zu eng ist, da der Bauablauf im gleichen Masse wie von der Leistungsfähigkeit des Unternehmers von vielen andern Tätigkeiten ausserhalb abhängt. Dies gilt hauptsächlich für unsere schweizerischen Verhältnisse, währenddem es für Bauvorhaben in abgelegenen Gebieten des Auslandes in viel geringerem Masse zutreffen würde. Ein Netzplan im schweizerischen Strassenbau sollte daher möglichst alle Tätigkeiten, also auch die generelle und die Detailprojektierung, die komplizierten Vernehmlassungs- und Genehmigungsverfahren, den Landerwerb und die Verkehrsumlagen berücksichtigen.

2.2 Feinheitensgrad

Nachdem der Rahmen der in den Netzplan aufzunehmenden Tätigkeiten bestimmt ist, muss der Feinheitensgrad festgelegt werden. Bekanntlich lässt sich jede Tätigkeit in eine Anzahl Unterabteilungen zergliedern. Je feiner die Unterteilung geschieht, um so schärfer lässt sich beim eigentlichen Bau die Kontrolle der Termine durchführen. Zudem ist es nur bei feiner Unterteilung möglich, wirklich alle wichtigen Querverbindungen einzuführen. Es sei daran erinnert, dass der Hauptvorteil der Netzpläne gegenüber den Balkendiagrammen darin besteht, dass die Querverbindungen von einem Ereignis zu einem andern sauber und übersichtlich dargestellt und in die Rechnung einbezogen werden können. Während diese Gründe eine *sehr feine* Aufteilung des Netzplanes befürworten, sprechen andere, ebenfalls gewichtige Gründe *gegen* eine solche Verfeinerung. Oft ist es schwierig, viele Arbeiten, besonders solche, die weit in der Zukunft liegen, im

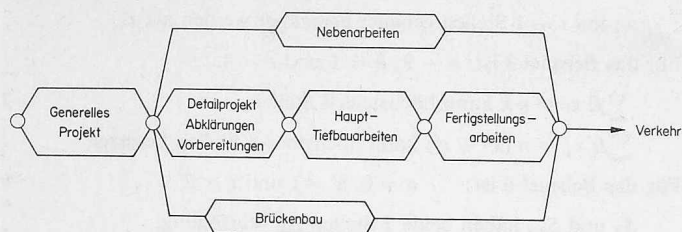


Bild 1. Grobe Aufgliederung der Arbeiten

Bild 2. Beispiel eines Netzplanes (N 1, Umfahrung Winterthur)
(auf den Seiten 151 bis 153)

Detail darzustellen. Dafür fehlen etwa nicht nur die Zeitangaben, sondern auch diejenigen der Struktur. Der Arbeitsaufwand für einen Netzplan mit feinunterteilten Tätigkeiten, oder kurz gesagt, für einen «Feinnetzplan», ist viel grösser als derjenige für einen «Grobnetzplan». Da es bei der Netzplantechnik von ausschlaggebender Wichtigkeit ist, möglichst bald nach der Erteilung des Auftrages die wichtigsten Dispositionen vorlegen zu können, darf der erste Netzplan keinen zu grossen Arbeitsaufwand verursachen. Es ist dann wichtiger, sofort einen ungefähren Netzplan angeben zu können als die letzten Details abzuklären.

Dies führt zu folgendem praktischen Vorschlag: Bei der Erteilung eines Auftrages soll möglichst rasch der erste grobe Netzplan erstellt werden, auch wenn dieser nur einige Dutzend Tätigkeiten aufweist. Sobald die wichtigsten Konsequenzen des ersten Planes mit dem

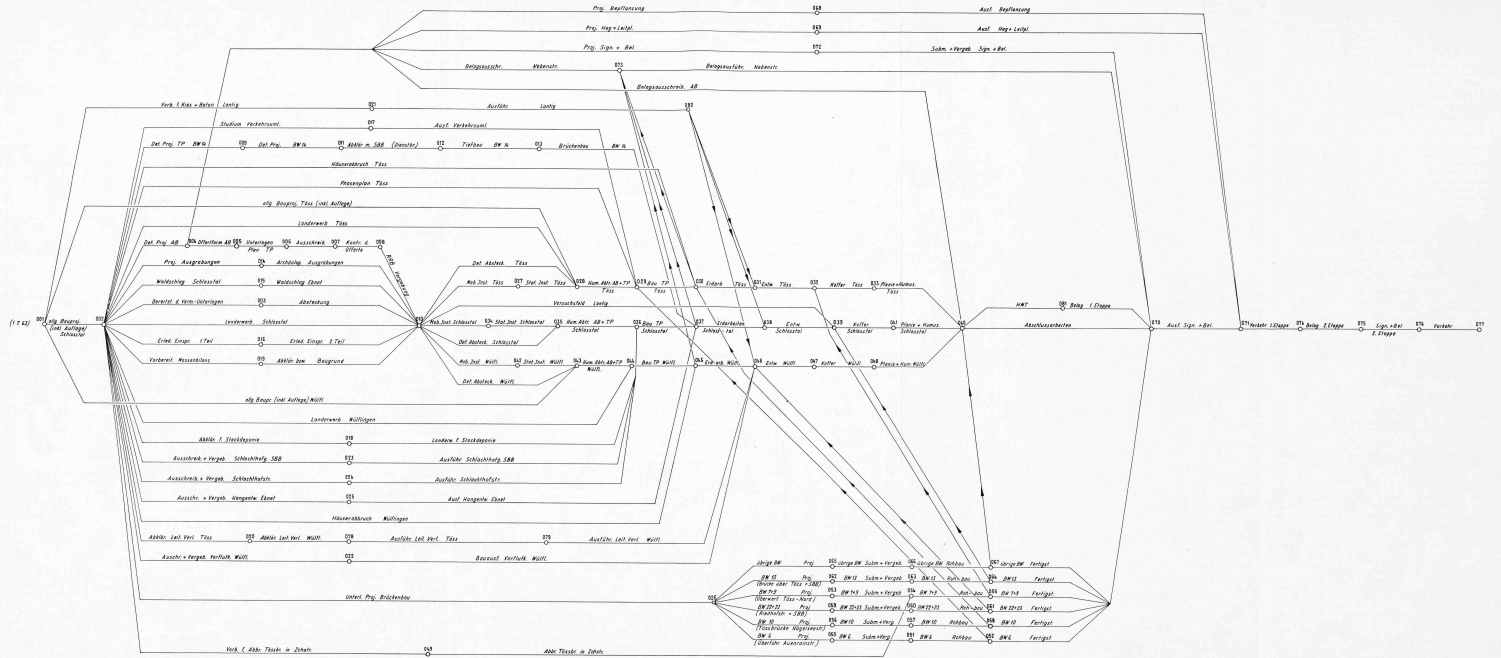
Fortsetzung Seite 154

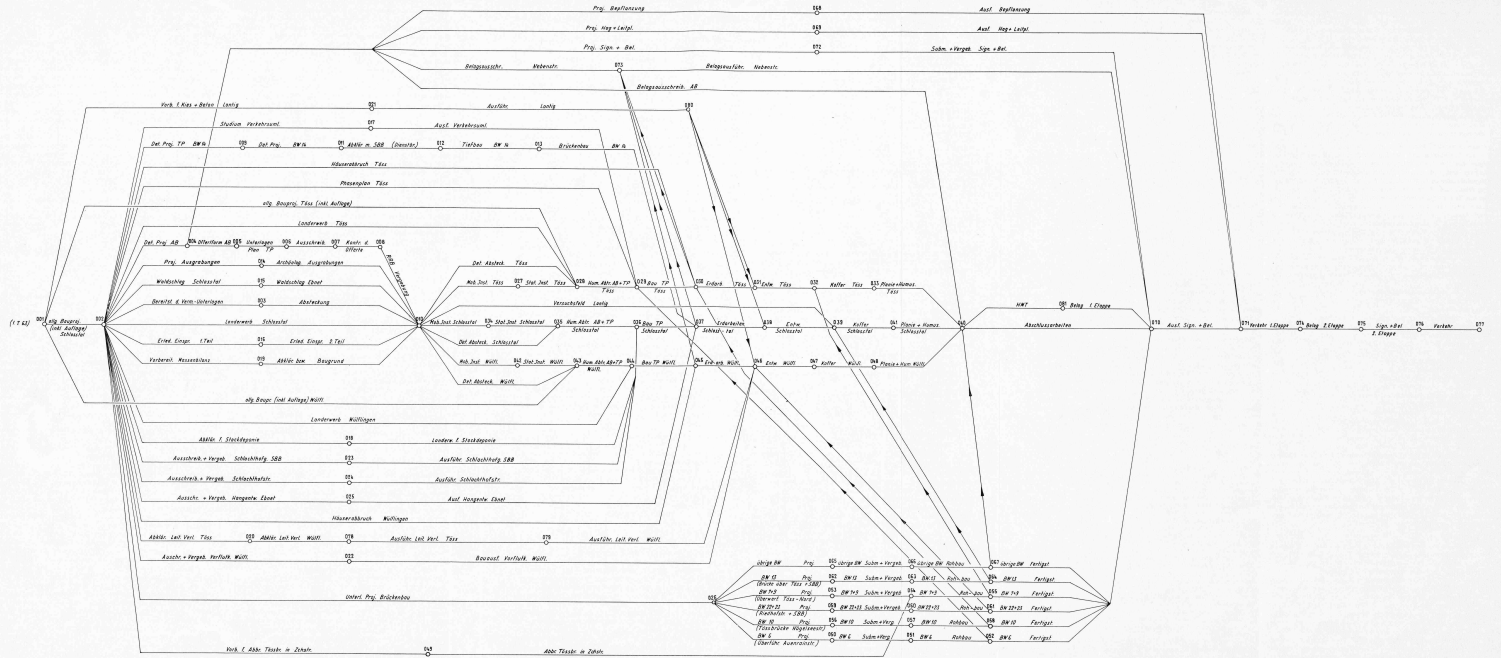
PERT 1 - UEBERSICHTSLISTE

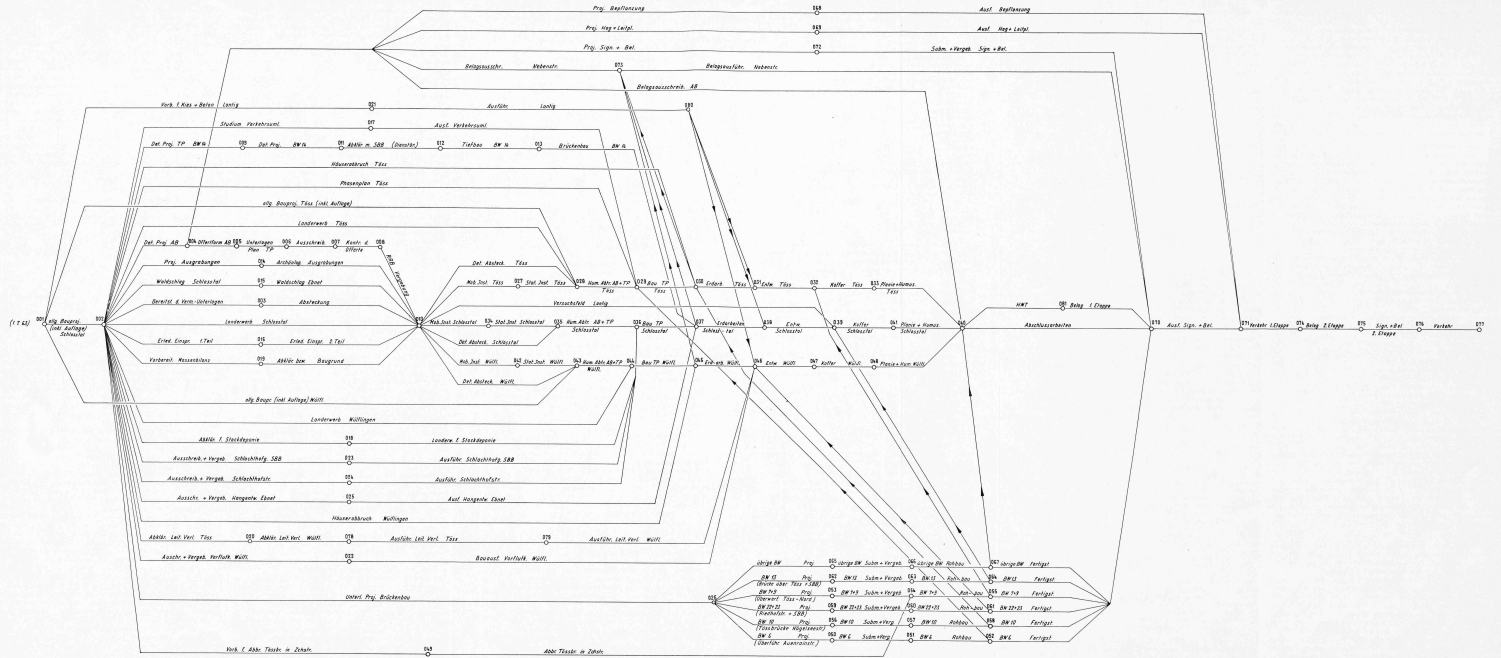
UMFAHRUNG WINTERTHUR, GROBNETZPLAN LOS 1
AUFSTELLUNG NACH EREIGNISNUMMER, DATIERT
GERECHNET AM 03.07.64

EREIGN A	ABTG E	AUSFUEHRUNG DURCH	BESCHREIBUNG DER TAETIGKEIT	DAUER D OPT	TAETIGKEIT WAHR	PESS	MITT	FR A	FR E	SP A	SP E	TS
001 002		H&W	ALLG. BAUPROJ., INKL. AUFL., SCHLOSS	40	40	40	40	1073	26083	1073	26083	KRIT
001 021		UNTERN. HUENT.	VORBER. FUER KIES U. BETON, LANTIG.	100	120	140	120	1073	16123	21065	6125	494
001 028		H&W	ALLG. BAUPROJ., INKL. AUFL., TOESS	160	180	200	180	1073	17034	28094	21065	314
001 043		H&W	ALLG. BAUPROJ., INKL. AUFL., WUEFLIN	160	200	220	197	1073	13044	11084	25055	280
002 003		E. KELLER	BEREIT. DER VERM. UNTERLAGEN	70	80	90	80	26083	16123	6084	26114	237
002 004		H&W	DETAILPROJEKT AB	20	20	20	20	26083	23093	9074	6084	217
002 009		HEIERLI	DETAILPROJ. TP BW14	40	40	40	40	26083	21103	9045	10065	407
002 010		KANT. ZH.	LANDERWERB SCHLOSSTAL	100	140	160	137	26083	12034	11084	26025	240
002 014		DENKMALPFL.	PROJEKT AUSGRABUNGEN	50	60	70	60	26083	18113	29104	29015	297
002 015		GEMEINDE	WALDSCHLAG SCHLOSSTAL	50	60	70	60	26083	18113	3094	26114	257
002 016		KANT. ZH.	ERLED. EINSPRACHEN 1. TEIL	70	70	100	75	26083	9123	23074	5114	227
002 017		HEIERLI	STUD. VERKEHRSUMLEITUNGEN	80	100	120	100	26083	21014	23114	22045	314
002 018		HEIERLI	ABKLAERUNG FUER STOCKDEPONIE	80	100	120	100	26083	21014	22025	16075	373
002 019		H&W	VORBEREIT. MASSENBILANZ	60	80	90	78	26083	12123	10084	26114	239
002 020		H&W & HEIERLI	ABKLAERUNGEN 6EIT. VERL. TOESS	60	80	100	80	26083	16123	26025	24065	377
002 022		HEIERLI	AUSSCHREIB. & VERGEB. VORFLUTK. WUEL	60	60	60	60	26083	18113	16095	9125	517
002 023		HEIERLI & KT. ZH.	AUSSCHREIB. & VERGEB. SCHLACHTHOFG. S	80	80	80	80	26083	16123	17055	8095	431
002 024		HEIERLI & KT. ZH.	AUSSCHREIB. & VERGEB. SCHLACHTHOFST	60	60	60	60	26083	18113	14124	16035	329
002 025		HEIERLI & KT. ZH.	AUSSCHREIB. & VERGEB. HANGENTW. EBNET	40	40	40	40	26083	21103	8095	3115	511
002 026		H&W	UNTERLAGEN DER PROJ. AN BRUECK. BAU	100	140	160	137	26083	12034	26083	12034	KRIT
002 028		KANT. ZH.	LANDERWERB TOESS	160	180	200	180	26083	19054	28094	21065	274
002 029		HEIERLI	PHASENPLAN TOESS	140	160	180	160	26083	16044	26015	13095	354
002 030		ABBR.-UNTERN.	HAUSERABBRUCH TOESS	360	400	440	400	26083	31035	13054	9125	177
002 044		KANTON ZH	LANDERWERB WUEFLINGEN	200	240	260	237	26083	6084	8094	19085	260
002 045		ABBR.-UNTERN.	HAUSERABBRUCH WUEFLINGEN	200	220	240	220	26083	14074	24124	11115	337
002 049		H&W & HEIERLI	VORB. FUER ABBR. TOESSBR. IN ZCHSTR	40	40	40	40	26083	21103	6084	1104	237
EREIGN A	ABTG E	AUSFUEHRUNG DURCH	BESCHREIBUNG DER TAETIGKEIT	DAUER D OPT	TAETIGKEIT WAHR	PESS	MITT	FR A	FR E	SP A	SP E	TS
003 010		E. KELLER	ABSTECKUNG	50	60	70	60	16123	17034	26114	26025	237
004 005		H&W & HEIERLI	OFFERTFORM. AB	40	40	40	40	23093	18113	6084	1104	217
004 040		H&W & HEIERLI	BELAGSAUSSCHREIBUNG AB	200	240	260	237	23093	3094	11076	21067	700
004 068		KT. ZH. SCHEID	PROJEKT BEPLANZUNG	200	240	240	233	23093	28084	9115	13106	535
004 069		H&W	PROJEKT HAG & LEITPLANKEN	200	240	240	233	23093	28084	4076	8067	695
004 072		INGENIEUR	PROJ. SIGNAL. & BELEUCHTUNG	200	240	260	237	23093	3094	7106	19097	764
004 073		H&W & HEIERLI	BELAGSAUSSCHREIBUNG NEBENSTR.	100	120	140	120	23093	17034	11085	2026	471
005 006		HEIERLI	UNTERLAGEN PLAN TP	10	10	10	10	18113	2123	1104	15104	217
006 007		HEIERLI	AUSSCHREIBUNG	50	50	50	50	2123	18024	15104	24124	217
007 008		HEIERLI	KONTROLLE DER OFFERTEN	20	20	20	20	18024	17034	24124	29015	217
008 010		KANTON ZH	RRB, VERGEBUNG	20	20	20	20	17034	16044	29015	26025	217
009 011		INGENIEUR	DETAILPROJEKT BW14	40	40	50	42	21103	18123	10065	9085	407
010 027		GEHLEN LOS1	MOB. INSTALL. TOESS	20	20	20	20	16044	19054	20045	18055	252
010 028		E. KELLER	DET. ABSTECK. TOESS	40	40	40	40	16044	16064	22045	21065	254
010 034		GEHLEN LOS1	MOB. INSTALL. SCHLOSSTAL	20	20	20	20	16044	19054	14075	11085	311
010 035		E. KELLER	DET. ABSTECK. SCHLOSSTAL	40	40	40	40	16044	16064	14075	8095	311
010 039		HEIERLI & GEHLEN	VERSUCHSFELD LANTIG	100	120	140	120	16044	6104	8066	23116	537
010 042		GEHLEN LOS1	MOB. INSTALL. WUEFLINGEN	20	20	20	20	16044	19054	26025	26035	217
010 043		E. KELLER DET.	ABSTECK. WUEFLINGEN	60	60	60	60	16044	14074	26025	25055	217
011 012		INGENIEUR	ABKLAERUNGEN MIT SBB, DIENSTBR.	40	40	50	42	18123	24024	9085	6105	407
012 013		TIEFB. UNTERN.	TIEFBAU BW14	40	40	40	40	24024	22044	6105	1125	407
013 037		BR. BAUUNT. SBB	BRUECKENBAU BW14	40	40	40	40	22044	22064	1125	2026	407
014 010		HIRSCHI	ARCHAEOLOGISCHE AUSGRABUNGEN	15	20	25	20	18113	16123	29015	26025	297

Bild 3. Beispiel einer Auswertung zum Netzplan Bild 2 (gerechnet durch Digital AG, Zürich)







Auftraggeber besprochen und bereinigt sind, kann der Feinnetzplan begonnen werden. Der Grobnetzplan dient dabei als erste Handhabe und erleichtert das Aufstellen des Feinnetzplanes ausserordentlich, so dass damit keine unnötige Arbeit geleistet wird.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass Netzpläne für langandauernde Bauten praktisch immer für die nahe Zukunft recht detailliert, für die weitere Zukunft dagegen viel gröber aufgestellt werden. Diese Erscheinung stellt sich ganz automatisch ein, weil die näherliegenden Tätigkeiten auch detaillierter bekannt sind. Vom Standpunkt der Benützung des Netzplanes im Betrieb ist diese Änderung in der Strukturfeinheit kein Nachteil, da für die nahe Zukunft vom Bauablauf aus immer detailliertere Angaben verlangt werden. Konsequenterweise muss dann allerdings der Netzplan beim Fortschreiten des Baues laufend angepasst und verfeinert werden. Da aber ohnehin strukturelle Änderungen eintreten, sind solche Anpassungen kein grosser Nachteil.

2.3 Aufstellung der Tätigkeitsliste mit Hilfe der Liste der Ausführenden

Die Ausführung und der Bauablauf jedes Strassenabschnittes hängen stark von den örtlichen Gegebenheiten ab. Deshalb ist es schwierig, eine Liste der Tätigkeiten anzugeben, die z. B. für jedes Nationalstrassenlos Gültigkeit hat. Es hat sich aber gezeigt, dass es dann relativ einfach ist, eine Tätigkeitsliste aufzustellen, wenn sämtliche am Bau in irgend einer Weise beteiligten (die «Ausführenden») bekannt sind. Eine solche Liste der Ausführenden, welche allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, sei im folgenden für den Nationalstrassenbau angegeben:

1. Bundesrat (Projektgenehmigungen, Kreditzuteilungen)
2. Amt für Strassen- und Flussbau (Koordination der Bauaufgaben, Prüfung der Projekte, Kreditzuteilungen)
3. Kantonales Tiefbauamt (Leitung und Überwachung der verschiedenen Baustellen, Landerwerb, Überwachung der Projektierungs- und Bauleitungsarbeiten, Kreditkontrolle, Bestimmung der Unternehmer)
4. Gemeinden (Genehmigungen, Verkehrsumleitungen)
5. Heimat- und Naturschutz, Archäologie
6. Korporationen
7. Grundeigentümer und Wegberechtigte (Landerwerb)
8. Verschiedene Experten (Geologie, Quellen- und Grundwasser usw.)
9. Bohrfirmen für Sondierbohrungen
10. Projektierungsbüros für Strassenbau
11. Projektierungsbüros für Brückenbau
12. Örtliche Bauleitung Strassenbau
13. Örtliche Bauleitung Brückenbau
14. SBB, öffentliche Verkehrsmittel
15. Institute für elektronische Datenverarbeitung
16. Unternehmer für Werkleitungsverlegungen
17. Tiefbauunternehmer (Hauptarbeit)
18. Verschiedene Brückenunternehmer
19. Belagsunternehmer (Autobahn und Nebenstrassen)
20. Firmen für Signalisation, Beleuchtung, Meldekabel
21. Verkehrsteilnehmer (provisorischer Verkehr)
22. Verkehrsteilnehmer (definitiver Verkehr)

Diese Aufstellung der wichtigsten Ausführenden soll es gestatten, die Tätigkeitsliste im konkreten Fall rascher und vollständiger aufzustellen. Es soll dabei immer so vorgegangen werden, dass mit Hilfe eines Stichwortes, das ein ganzes Gebiet angibt, eine weitere Verfeinerung vorgenommen wird. Insbesondere soll man sich bei jedem Ausführenden fragen, zu welcher Zeit und an welchem Ort er seine Tätigkeiten ausführt. Ein Hilfsmittel, welches diese Unterteilung in schematischer Weise durchzuführen gestattet, soll im folgenden Unterabschnitt kurz erwähnt werden.

2.4 Morphologie [1]

Die Morphologie ist eine Methode, mit Hilfe derer sich aus der Betrachtung der verschiedenen prinzipiell möglichen Aspekte eines Problems dessen einzelne Erscheinungsformen bestimmen lassen. Die Methode sei an folgendem Beispiel praktisch erläutert.

Das Stichwort «Werkleitungsverlegungen» soll ausgewertet werden, d. h. es sollen sämtliche an einem Autobahnbau vorkommenden Werkleitungsverlegungen einzeln genannt werden. Bei der Vielzahl vorhandener Leitungen, besonders in städtischen Gebieten, ist eine vollständige Aufzählung schwierig. Man überlegt sich daher, welche Merkmale die einzelnen Werkleitungen aufweisen. Ein erstes Merkmal stellt die Höhenlage in bezug auf die Strasse dar: Verlauf der Werkleitung oberhalb der Strasse, im Strassenoberbau, unterhalb des Strassenoberbaues. Als zweites Merkmal kann angegeben werden, was für ein «Stoff» in der betreffenden Werkleitung transportiert wird:

Trinkwasser, Kühlwasser, Meteorwasser, Sickerwasser, Abwasser, Elektrizität, Telephon, Gas, Rohrpost. Eine dritte Unterscheidung wird dadurch getroffen, ob die betreffende Werkleitung neu zu erstellen ist oder ob sie lediglich verlegt werden muss. Ein viertes Merkmal gibt die situationsmässige Lage (erster, zweiter, dritter Abschnitt des ersten Loses usw.). Mit diesen verschiedenen Merkmalen lässt sich nun der sogenannte «morphologische Kasten» ausfüllen. Die Typen der Merkmale (z. B. Lage der Werkleitungen) werden «Parameter» genannt, die einzelnen Merkmalsformen heissen «Komponenten» (z. B. Gas, Elektrizität). Durch Kombination aller Komponenten untereinander erhält man nun alle möglichen Werkleitungen, die sich in irgend einem der genannten Merkmale unterscheiden. Bei dieser Kombination muss jeweils jede Komponente aus einem verschiedenen Parameter stammen.

Morphologischer Kasten für Werkleitungsverlegungen

Parameter	Komponenten
P_1 = Höhenlage	P_{11} = oberhalb Strasse, P_{12} = im Strassenoberbau, P_{13} = unterhalb Strassenoberbau
P_2 = Stoff	P_{21} = Trinkwasser, P_{22} = Kühlwasser, P_{23} = Meteorwasser, P_{24} = Sickerwasser, P_{25} = Abwasser, P_{26} = Elektrizität, P_{27} = Telephon, P_{28} = Gas, P_{29} = Rohrpost
P_3 = Erstellung	P_{31} = Neuerstellung, P_{32} = Verlegung
P_4 = Situation	P_{41} = 1. Abschnitt, P_{42} = 2. Abschnitt, P_{43} = 3. Abschnitt, P_{44} = 4. Abschnitt
Beispiele:	$P_{12} - P_{27} - P_{31} - P_{41}$ = Signalkabel für SOS-Telephon im 1. Abschnitt $P_{13} - P_{21} - P_{32} - P_{44}$ = Verlegung einer Trinkwasserleitung im 4. Abschnitt $P_{11} - P_{26} - P_{32} - P_{43}$ = Verlegung einer Hochspannungsleitung im 3. Abschnitt

Diese Methode kann im Prinzip auch bei allen anderen Tätigkeiten zu deren Verfeinerung benützt werden. Man hat dabei immer die bekannte Grundregel zu beachten, dass eine Tätigkeit von einem bestimmten Anfangsereignis zu einem bestimmten Endereignis reicht und innerhalb ihres Verlaufes keine Querverbindungen aufnehmen kann.

2.5 Beispiele aus einer Tätigkeitsliste

Zur Erleichterung der Aufstellung von Netzplänen seien noch eine grössere Anzahl von Tätigkeiten aufgezählt, welche bei einem Nationalstrassenbau vorkommen können. Wiederum erhebt die Aufstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Da einzelne Tätigkeiten während des Baues wiederholt vorkommen oder zeitlich parallel zueinander verlaufen, kann auch die Aufstellung für die zeitliche Reihenfolge nicht immer repräsentativ sein. Der Zweck der Aufstellung ist der, dass der Verfasser des Netzplanes bei Beginn seiner Arbeit durch diese Liste angeregt wird und dadurch die noch nicht enthaltenen Tätigkeiten, die sich spezifisch auf ein bestimmtes Bauabschnitt beziehen, selbst errät.

Generelles Projekt 1:5000
 Topographische Planunterlagen
 Geologische Unterlagen
 Ausführung der Sondierbohrungen (verschiedene Bohrkampagnen)
 Auswertung der Sondierbohrungen
 Generelles Entwässerungsprojekt und generelle Vorflutabklärung
 Vernehmlassung bei den Gemeinden, der SBB, beim Natur- und Heimatschutz, bei den Kooperationen
 Projektgenehmigungen durch Regierungsrat und Bundesrat
 Bestimmung der Projektierungsbüros
 Bestimmung der örtlichen Bauleitung
 Ausführung des allgemeinen Bauprojektes
 Studien über die Kiesbeschaffung
 Ausarbeitung des Detailprojektes
 Projektänderungen
 Projekt für Bepflanzung, Signalisation und Beleuchtung, Abschränkung und Leitplanken
 Absteckung des Projektes im Gelände
 Projektauflagen
 Behandlung der Einsprachen
 Projekt und Ausführung der Werkleitungsverlegungen
 Bachverlegungen
 Projekt der Transportpisten
 Beschaffung von Hilfsbrücken für Strassen und Bahnen
 Studium und Vorbereitung der Verkehrsumleitungen
 Landerwerb
 Häuserabbruch
 Neubauten (Ersatz für Häuserabbruch)
 Auftragserteilung an Luftschutztruppen für Häuserabbruch

Waldschlag (erste und zweite Phase)
 Abklärung der Material- und Stockdeponien, Zufahrt
 Beschaffung der Unterlagen für die Brückenprojekte
 Bestimmung der Projektierungsbüros für Brückenbauten
 Allgemeines Bauprojekt und Detailprojekt Brückenbau
 Submission und Vergebung Brückenbau
 Rohbau und Fertigstellung Brückenbau
 Ausschreibung der Tiefbauarbeiten
 Submission und Vergebung der Tiefbauarbeiten (inkl. Prüfung der Offerten,
 Vergabungsantrag und Regierungsratsbeschluss)
 Installation Tiefbauunternehmer
 Bau der Transportpiste
 Deponien herrichten
 Humusabtrag
 Hangsanierungen
 Abtrag und Auftrag
 Entwässerungen
 Stabilisierungen
 Koffer
 Planie
 Humusierung und Bepflanzung
 Belagsausschreibung (Autobahn und Nebenstrassen)
 Vergebung der Beläge
 Installation des Belagsunternehmers
 Heissmischtragschicht (1. und 2. Phase)
 Belag (Ausgleichsschicht und Verschleisschicht oder Betonbelag)
 Signalisation
 Abschlüsse
 Rastplätze, Tankstelle, Parkplätze, Werkhof
 Verkehrsübergabe

Es ist klar, dass diese Aufstellung nur als Gedächtnisstütze und zur Hilfe der Entwicklung der eigentlichen Tätigkeitsliste dienen soll. Die definitive Liste hat den örtlichen Gegebenheiten Rechnung zu tragen und ist zudem zu verfeinern.

3. Strukturanalyse

Nachdem die wichtigsten Tätigkeiten angegeben sind, kann mit dem Entwurf des Netzplanes begonnen werden. Wie bereits angetönt, wird man beim Netzentwurf am besten zuerst sehr grob arbeiten, um dann durch feinere Unterteilungen ins Detail zu gelangen. Wenn auch die Struktur eines Netzes bei jedem neuen Projekt wieder neu entwickelt werden muss, so lassen sich doch einige allgemeine Gesichtspunkte angeben.

In zeitlicher Beziehung lässt sich jeder Autobahnbau grob etwa in folgende Etappen einteilen:

- Generelles Projekt, Vernehmlassungen, Genehmigungen, generelle Abklärungen
- Detailprojekt und eigentliche Vorbereitungsarbeiten inklusive Ausschreibung
- Haupttiefbauarbeiten
- Brückenbau
- Fertigstellungsarbeiten
- Nebenarbeiten

Entsprechend dieser Aufstellung ergibt sich eine grobe Gliederung der Struktur gemäss Bild 1.

Es empfiehlt sich, die örtliche Unterteilung, also die Abschnitte eines Autobahnbaues, wenn möglich in vertikaler Richtung innerhalb der einzelnen Etappen zu berücksichtigen. Es ist zweckmässig, bei der Ausführung der Haupttiefbauarbeiten, z. B. den ersten Abschnitt oben, den zweiten Abschnitt in der Mitte und den letzten unten im betreffenden Feld anzuordnen. Eine solche Anordnung bei der Aufstellung eines Netzplanes erleichtert auch das Aufsuchen von Tätigkeiten bei der nachherigen Benützung. Es ist klar, dass daneben viele Tätigkeiten vorhanden sind, welche sich nicht in dieses Schema einreihen lassen.

Als Beispiel für die Ausführung eines Grobnetzplanes ist in Bild 2 ein Netzplan für das Los 1 der Umfahrung Winterthur wiedergegeben. Die abgebildete Liste (Bild 3) zeigt die elektronische Auswertung (Berechnung) des Netzplanes.

4. Erfahrungen bei der Anwendung

4.1 Zeitschätzung

Bei der Zeitschätzung hat sich folgendes Vorgehen als zweckmässig erwiesen:

- Zuerst werden die Zeitschätzungen vom Verfasser des Netzplanes auf Grund seiner eigenen Erfahrungen roh geschätzt. Eine kurze Überprüfung der wichtigsten damit erhaltenen Daten ergibt dann bereits

die ersten Konsequenzen. Ist die Dauer der gesamten Arbeit nach dieser Berechnung zu lange, so muss ohnehin die Struktur geändert werden (z. B. Parallelschaltung statt Serieschaltung).

— Sobald die grössten Fehler ausgemerzt sind, sollen die Zeitschätzungen den Beteiligten zur Überprüfung vorgelegt werden.

— Wenn die Überprüfung der Zeitschätzungen erfolgt ist, kann das Netz durchgerechnet werden. Ist dies erfolgt, so sollten die Listen den Ausführenden zur Einsicht zugestellt werden. Der Betreffende erkennt dann nämlich, wie seine Arbeit terminmässig liegt und wird entsprechend unter Umständen eine neue Schätzung einreichen. Er erkennt auch die Querverbindungen zwischen seinen Arbeiten und denjenigen der andern. Zur Erleichterung dieser Überprüfungsarbeiten ist es vorteilhaft, die Resultatlisten damit gleich getrennt nach aufsteigender Ereignisnummer des Anfangsereignisses, nach aufsteigender totaler Pufferzeit und nach Gruppen von Ausführenden herauszugeben. Letzteres ist nicht schwierig, wenn jedem Ausführenden eine bestimmte Zahl zugeordnet wird, welche nachher von der Maschine als Sortierbegriff verwendet werden kann.

4.2 Änderungen

Änderungen und Anpassungen der Netzpläne müssen periodisch erfolgen, wenn dem Baugeschehen Rechnung getragen werden soll. Feinnetzpläne sind im Mittel alle drei bis sechs Monate zu ändern. Wird zu oft geändert, so besteht die Gefahr, dass z. T. mit ungültigen Netzplänen gearbeitet wird. Wird zu wenig angepasst, so können grosse Diskrepanzen in den Terminen auftreten, wodurch falsche Koordinationen auftreten.

Es ist vorteilhaft, für kleine Änderungen mit der Datenverarbeitungsfirma ein Meldekartensystem einzuführen, das erlaubt, solche Anpassungen mit geringem Zeitaufwand und unter Ausschluss von Fehlern durchzuführen. Beispielsweise kann vereinbart werden, dass mit dem blossen Aufschreiben der Anfangs- und Endereignisnummer ohne Text das Wegfallen einer Tätigkeit gemeint sei, dass mit dem Erwärmen der Anfangs- und Endereignisnummer sowie der Zeitschätzung lediglich die Zeit neu vorgegeben werden solle und dass bei Angabe einer vollständigen Information (Nummern, Ausführender, Text und Zeitschätzung) eine neue Tätigkeit eingeführt werden solle.

4.3 Ausgeglichenheit eines Netzplanes

Wenn in einem Netzplan die totale Pufferzeit des dem kritischen folgenden Weges, also des «subkritischen» Weges, sehr gross ist, so ist der Netzplan «nicht ausgeglichen». Man kann dann nämlich zeigen, dass es in den meisten Fällen möglich ist, mit relativ wenig Aufwand die ganze Arbeit erheblich zu beschleunigen. Es müssen ja nur alle auf dem kritischen Pfad gelegenen Tätigkeiten zeitlich verkürzt oder parallelgeschaltet werden, damit die gesamte Bauzeit und Pufferzeit des subkritischen Weges verkürzt wird. Die Pufferzeit eines ausgeglichenen Netzplanes steigt also einigermaßen stetig von 0 an.

4.4 Protokoll

Eingetretene Ereignisse sollen mit dem exakten Datum gemeldet werden. Ein solches Vorgehen erleichtert die Zeitschätzungen bei neuen, ähnlichen Netzplänen. Zudem kommt es immer wieder vor, dass auf Grund vergangener Ereignisse rechtliche Fragen auftreten, welche nur mit genau festgehaltenen Terminen gelöst werden können. Ein weiterer Vorteil der Möglichkeit des Einführens von festen Daten ist folgender: Wenn ein Netzplan nach Beginn einer Arbeit aufgestellt wird, so können dann bereits erfolgte Arbeiten mit ihren Anfangs- und Endterminen direkt eingesetzt werden, ohne dass eine mühsame Zurückrechnung der Arbeitstage notwendig ist. Das elektronische Programm berücksichtigt automatisch die Kalenderstruktur und die vorgegebenen Festtage.

5. Ausblick

5.1 Vorzüge der Netzplantechnik im Strassenbau

Zuerst sei festgestellt, dass die Netzplantechnik im Strassenbau sicher ein wichtiges Anwendungsgebiet gefunden hat und dazu beitragen wird, dass unsere Strassen rascher, billiger und sicherer gebaut werden können. Die Hauptvorteile liegen einerseits in der klaren und immer wieder auf den neuesten Stand gebrachten Darstellung der Terminvoraussagen, andererseits aber hauptsächlich darin, dass der Verfasser eines Netzplanes gezwungen ist, den ganzen Arbeitsablauf genau durchzudenken. Wenn also das Aufstellen eines Netzplanes mehr Kopfzerbrechen verursacht als das Zeichnen eines Balkendiagrammes, so ist dies nur ein Beweis dafür, dass die wichtigsten Probleme besser durchdacht werden müssen. Dieses Durchdenken allein begründet im wesentlichen den Erfolg eines Netzplanes.

5.2 Entwicklungsmöglichkeiten der Netzplantechnik

Bekanntlich lohnt sich die Anwendung der *elektronischen Datenverarbeitung* hauptsächlich dann, wenn mit den einmal eingegebenen Daten möglichst viele voraussehbare Operationen ausgeführt werden können. Das grundlegende Element eines Netzplanes, die einzelne Tätigkeit, erscheint tatsächlich während der ganzen ingenieurmässigen Behandlung eines Bauprojektes an verschiedenen Stellen, wenn auch jeweils in etwas anderer Art und Weise. Als Beispiel sei der Aushub von Lockermaterial oder der Fels herausgegriffen. Bei der *Projektierung* einer Strasse werden die Erdkubaturen mit Hilfe der photogrammetrischen Aufnahmen und der elektronisch berechneten Strassenaxe automatisch gerechnet. Im *Kostenvoranschlag* werden diese Massen mit einem bestimmten Preis multipliziert und in eine Zusammenstellung eingetragen. Im *Angebotsformular* erscheint die gleiche Kubatur wiederum mit einer detaillierten Beschreibung, welche dem Unternehmer das Aufstellen einer verbindlichen Offerte gestattet. Bei der *elektronischen Kontrolle der Offerten* wird diese gleiche Kubatur zur Kontrolle mit dem Einheitspreis multipliziert und zu den anderen Positionen addiert. Bei der *elektronischen Abrechnung* wird das tatsächlich entstehende Ausmass der Erdkubatur mit dem bereinigten Preis multipliziert und in die Abrechnung eingetragen. Schliesslich wird im *Netzplan* die Erdkubatur als Tätigkeit auftreten, wobei die Zeitschätzung in irgend einer Art als Koeffizient aus totaler Kubatur und Leistung pro Zeiteinheit berechnet werden kann. Wenn es gelänge, bei all diesen verschiedenen Schritten, die der Ingenieur bei der Behandlung seines Projektes durchzuführen hat, die Ausgabe des vorhergehenden Schrittes mit der Eingabe des nachfolgenden Schrittes zu koppeln, so würde sich nicht nur eine grosse Arbeitersparnis ergeben, sondern es würden auch viele Fehlerquellen ausgeschaltet. Man könnte eine immer länger werdende «elektronische Kette» bilden, bei

welcher möglichst wenig Eingabe- und Ausgabedaten zu bewältigen wären. Eine praktische Anwendung dieses Vorschlages bis ins Detail ist sehr schwierig. Es sei kurz darauf hingewiesen, dass im Angebotsformular Abtragskubaturen aus verschiedenen Stellen der Strasse zusammengefasst sind, Kubaturen also, welche unter Umständen in verschiedenen Baujahren ausgehoben werden. Es wäre also notwendig, im Angebotsformular die Positionen dermassen zu unterteilen, dass sie gerade einzelne Tätigkeiten darstellen würden. Umgekehrt müssten sämtliche Arbeiten, welche im Angebotsformular enthalten sind, in den Netzplan aufgenommen werden, auch wenn sie terminlich keine grosse Rolle spielen würden. Eine konsequente Durchführung einer solchen Bearbeitung setzt eine lange Entwicklung voraus. Wenn aber die Netzplantechnik ein wirklich kräftiges Hilfsmittel des Ingenieurs werden soll, so muss nach allen Richtungen eine Kopplung des Netzplanes mit elektronisch erarbeiteten Daten des Projektes, Kostenvoranschlages und Offertformulars angestrebt werden. Es darf daher abschliessend der Satz formuliert werden, dass die Netzplantechnik im Strassenbau und in vielen andern Anwendungsgebieten erst einen Kern oder Anfang darstellt, dessen Anwendung zwar an sich bereits nützlich ist, der aber in Zukunft noch gewaltig weiterwachsen wird.

Literatur:

- [1] F. Zwicky: Morphologische Forschung. Kommissionsverlag Buchdruckerei Winterthur AG, 1959.
- [2] James M. Antill and Ronald W. Woodhead: Critical Path Methods in Construction Practice. John Wiley & Sons, Inc., New York-London-Sydney.

Adresse des Verfassers: Dr. W. Heierli, Culmannstrasse 56, 8006 Zürich.

Bebauungsplanwettbewerb Bonstettengut, Thun

DK 711.5

Obschon der blaue See zu Füssen des Niesen schon im 6. Jahrhundert «lacus dunensis», Thunersee, genannt wurde, lag Thun ursprünglich nicht am See. Erst 1919 erhielt es durch die Eingemeindung von Strättlingen 3,6 Kilometer Seeufer, grösstenteils in Privatbesitz, aber streckenweise noch öffentlich zugänglich.

1925 fasste die Stadt mit dem Kauf des Schlosses Schadau und des dazugehörigen Parkrestes (das ganze alte Rittergut hatte man sich acht Jahre vorher entgehen lassen!) am schönsten Punkt des Seeufers Fuss. Leider endet der herrliche Uferweg schon nach 200 Metern am Gitter eines in den zwanziger Jahren erbauten Privatbesitzes. Einen halben Kilometer weiter südwestlich gelang es im Laufe der Jahrzehnte durch Zulauf und Auffüllung sumpfiger Uferpartien die kleine Badeanlage der Jahrhundertwende in ein grosses Erholungs Gelände von 15 Hektaren mit Strandbad, Sportanlagen, Bootshafen und Uferwegen zu verwandeln. Neben den Rasensportarten und der Leichtathletik sind Tennis, Boccia und Platzger hier zu Hause, ausser allen Arten des Wassersportes findet da alle zwei Jahre noch der Concours hippique Platz.

Die Anlagen in der Lachen sind grosszügig bemessen für eine Stadt von 30000 Einwohnern. Aber die Stadt wächst, und ihr Ausdehnungsgebiet liegt im Süden, in Richtung Gwatt. Ein Seeufergestaltungsplan der dreissiger Jahre hatte einen durchgehenden Uferweg angeregt, der bis heute nur teilweise verwirklicht werden konnte. Aber den städtischen Behörden lag die Erschliessung des Ufers immer am Herzen, und als 1961 der letzte grosse Edelsitz auf Stadtboden, das Bonstettengut im Gwatt mit seinen 500 Metern Seeanstoss käuflich wurde, griffen sie zu und erwarben das 27 Hektaren messende Gut gemeinsam mit dem Kanton, der schon früher in ähnlicher Weise den Gemeinden Spiez und Hilterfingen geholfen hatte, wesentliche Teile der Uferlandschaft zu erhalten.

Dieser Kauf ermöglicht es der Stadt Thun, verschiedene planerische Postulate zu verwirklichen. Der zwischen Strasse und See gelegene parkartige Teil des Gutes wurde sofort zur öffentlichen Anlage erklärt und mit den nötigen Parkplätzen, Ruhebänken und sanitären Einrichtungen versehen. Mit dem danebenliegenden, als Campingplatz und Freibad dienenden alten Musterplatz und dem anschliessenden Stück Uferweg stehen im Gwatt der Bevölkerung rund 16 Hektaren Freifläche am See mit einer Uferlänge von fast einem Kilometer zur Verfügung. Von den 3,6 Kilometern Seeufer der Gemeinde Thun sind damit 2,0 Kilometer öffentlich zugänglich (ohne Hafenbecken).

Auf jeden Einwohner der Stadt Thun entfallen am See über 10 m² öffentliche Anlagenfläche. Und auch wenn Thun einmal 50000 Einwohner zählen wird, trifft es auf einen Bewohner noch immer 7 m² öffentliche Uferfläche.

Erhalten bleiben soll auch das um 1780 erbaute Schloss mit seinem Ehrenhof und den anschliessenden strengen Gartenanlagen. Das Pächterhaus, ein ungewöhnlich grosses und wohlproportioniertes Bauernhaus verdient ebenfalls vollen Schutz. Ein weiterer Teil des Gutes bleibt für Schulzwecke reserviert, so dass für eine Überbauung noch rd. 6 Hektaren freigegeben werden können. Sie liegen als nahezu rechteckiges, ebenes Grundstück zwischen dem alten Zentrum von Gwatt und der Bahnstation. Jenseits der Bahn soll das neue grosse Industriegebiet von Thun sich entwickeln.

Die Stadt wollte die Überbauung dieses bedeutenden Landstückes nicht dem Zufall überlassen. Sie schrieb deshalb einen *Wettbewerb* aus, der neben den Thuner Architekten noch acht eingeladenen Firmen offen stand. Die zu planende Bebauung sollte dem sich stark entwickelnden, jedoch durch die Strasse nach dem Oberland zerrissenen Quartier Gwatt einen neuen Schwerpunkt geben, gleichzeitig aber dem bestehenden Schloss einen angemessenen Lebensraum gewährleisten und sich in den ausserordentlich reizvollen landschaftlichen Rahmen einfügen. Ausser etwa 450 Wohnungen waren Laden- und Gewerbeflächen verlangt.

Es wurden 19 Projekte eingereicht, von welchen 18 zur Beurteilung kamen. Die Vorschläge reichen von der aus wenigen langen Scheiben bestehenden Baugruppe bis zu den bizarrsten, in Grundriss und Höhe vielfach gefalteten und gestaffelten Gebilden und umfassen von der Teppichsiedlung bis zum Wohnturm und zu Wohnhügel-Ansätzen alle Formen heutiger Wohnungsplanung. Während die Anzahl der Wohneinheiten nur von 416 bis 472 variiert, liegt deren Rauminhalt zwischen 123800 und 212100 m³ (ohne Garagen). Pro Wohnung beträgt das Bauvolumen minimal 300, maximal 470 m³ und stellt sich dementsprechend der Preis (entsprechend praktischer Erfahrung) auf 55000 bis 85000 Fr. Sind solche Differenzen wirklich gerechtfertigt, wenn ausdrücklich Wohnungen mit tragbaren Mietzinsen gefordert waren? Setzen wir uns da nicht allzu leicht über berechnete wirtschaftliche und soziale Forderungen hinweg, so dass wir uns dann nicht wundern können, wenn die Bauherrschaften zum bewährten «Vielbauer» laufen, der ihnen die traurigen Miethäuser von der Stange liefert, die mit oder ohne Flachdach und modernisti-