

## Neue Wege bei der Projektabwicklung im Kraftwerksbau



Otto GREINER, Dipl.-Ing. Dr. techn., Jahrgang 1945. Studium des Wirtschaftsingenieurs für Bauwesen an der TU Graz, im gleichen Hause von 1971 bis 1977 Assistent am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft. Seit 1977 bei der Tauernkraftwerke AG in Salzburg tätig, mit dem Arbeitsschwerpunkt: Ablaufplanung und -koordination sowie technisches Berichtswesen. Geschäftsführer der Tauernplan Projektierungsgesellschaft m.b.H.

**Das von einem deutschen Architekten entwickelte und bisher nur im Hochbau eingesetzte K.O.P.F.-System wurde erstmalig in Österreich auch im Ingenieurbau, und zwar bei der Bauabwicklung von zwei Flußkraftwerken, angewandt. Dieses kybernetische Organisationsmodell erwies sich auch im Kraftwerksbau als ausgezeichnetes Instrument, das den Anwender in die Lage versetzt, den Zufall zu beherrschen und damit Störungen im Bauablauf in den Griff zu bekommen. Das Ergebnis ist sowohl für Bauherren als auch für ausführende Unternehmen von besonderem Interesse.**

### 1. Ausgangssituation

Die Salzach wird im Bereich zwischen Schwarzach und Werfen von der Salzburger Aktiengesellschaft für Elektrizitätswirtschaft (SAFE) und der Tauernkraftwerke Aktiengesellschaft (TKW) durch sechs gleichartige Kraftwerke ausgebaut werden.

Die Engpaßleistung der einzelnen Stufen liegt zwischen 12 und 17 MW, das Regelarbeitsvermögen pro Jahr zwischen 55 und 80 GWh. Die Kraftwerke wurden als Niederdrucklaufkraftwerke mit 2 Rohrturbinensätzen und einer 3-feldrigen Wehranlage konzipiert. (Details siehe Fachthema: »Erkenntnisse beim Bau von gleichen Kraftwerken aus der Sicht des Auftraggebers«, S. 2, Heft 2/1985).

### 2. Erstes Glied der Kette: KW Bischofshofen

Als erste Kraftwerksstufe wurde im Juli 1982 mit dem Bau des Kraftwerkes Bischofshofen (Gesamtkosten ca. 700 Mio S) begonnen. Ungefähr ein Jahr später folgte der Baubeginn für das Kraftwerk Urreiting (Gesamtkosten ca. 770 Mio. S).

Kurz nach dem Baubeschluß für das Kraftwerk Bischofshofen im Frühjahr 1982 entschloß sich die Baudirektion der TKW für die Projektabwicklung die Hilfe des K.O.P.F.-Systems in Anspruch zu nehmen. K.O.P.F. ist die Kurzbezeichnung für »Kybernetische Organisation Planung und Führung. Dieses Steuerungsinstrument wurde von Architekt Dipl.-Ing. Grote (Holzminden/BRD) aus der Baupraxis heraus entwickelt.

Zum Zeitpunkt der Entscheidung, die Ablaufplanung mit K.O.P.F. durchzuführen, war die bauausführende Arge bereits unter Vertrag und es lag natürlich auch ein üblicher genereller Terminplan für die Projektdurchführung vor. Letzterer sah aus terminlichen Gründen vor, daß die beiden

Turbinen-Saugschläuche parallel zu betonisieren sind. Bekanntlich stellt die komplizierte und umfangreiche Schalungsarbeit bei Turbinen-Saugschläuchen (Flächen zweiter Ordnung) meist den entscheidendsten Engpaß im Bauablauf dar.

### 3. Projektabwicklung mit K.O.P.F.

Das Modell des K.O.P.F.-Systems hat zwei wesentliche Komponenten:

- Einen einfachen und übersichtlichen nach Arbeitsabschnitten gegliederten Ablaufplan
- Eine tabellarische Ermittlung der Arbeitsstunden, unterteilt nach Ausführungsabschnitten (Produktionsplan)

#### 3.1 Ablaufplan

Es galt vorerst, den Arbeitsablauf in sinnvolle Teile zu gliedern und in Arbeitspakete zusammenzufassen. Ein Arbeitspaket umfaßt sämtliche Leistungen des betreffenden Abschnittes und ist meist durch die Blockteilung beim Kraftwerksbau vorgegeben. Aufgrund dieser Zusammenstellung wurden die Massen so genau wie möglich erfaßt und mit der Erstellung des Produktionsplanes begonnen. Parallel dazu wurde für den Ablauf der Arbeiten ein Basisnetz entworfen, das die wesentlichen Abhängigkeiten der Arbeitsleistungen aufzeigt. Dies geschah in Abstimmung mit den zuständigen Projektanten einerseits und mit der ausführenden Baufirma andererseits. Das Netzwerk wurde anschließend in einen Balkenplan übergeleitet, wobei die wesentlichen Abhängigkeitspfeile mitübernommen wurden (Abbildung 1).

#### 3.2 Produktionsplan

Bei der Ermittlung der Kapazität über den Produktionsplan konnte man nur beschränkt auf die Daten der K.O.P.F.-Datei zurückgreifen, da bekanntlich noch keine Er-

fahrung beim Kraftwerksbau vorlag. Dies war übrigens auch der verständliche Grund der anfänglichen Skepsis, die der Anwendung des K.O.P.F.-Systems bei diesem Bauvorhaben entgegengebracht wurde. Daß sie unberechtigt sein sollte, stellte sich bald im Rahmen der Bauabwicklung heraus.

Wo keine Daten für die Zeitanätze im Produktionsplan vorlagen — und dies betraf doch den Hauptteil der auszuführenden Leistungen — wurden vorerst Annahmen getroffen, die schließlich mit der ausführenden Arge abgestimmt wurden. Letzteres ist auch dann unablässig, wenn Daten der K.O.P.F.-Datei vorliegen!

Die Praxis der Bauabwicklung bestätigte die Annahmen, es funktionierte vor allem deshalb, weil allein die Größenordnung der Zeitanätze richtig geschätzt wurde. Schon daraus ist zu erkennen, daß das K.O.P.F.-System kein allgemein gültiges Patent-Rezept für alle Fälle liefert, sondern auf den konkreten Fall bezogene Überlegungen erfordert.

**Durch das K.O.P.F.-System wird der Anwender in die Lage versetzt, den Zufall zu beherrschen.**

Die weitere Vorgangsweise erfolgte auf Grundlage der umfassenden Kenntnis des erforderlichen Arbeitszeitaufwandes und der Vernetzung der verschiedenen Arbeitsabschnitte. Abbildung 2 zeigt den Produktionsplan für eine Blockfolge des Trennpfeilers. Das dazugehörige Ablaufplan-Detail mit der ermittelten Kapazität ist aus Abbildung 3 ersichtlich.

An dieser Stelle ist anzumerken, daß bei den geräteintensiven Arbeiten, wie z.B. Baugrubenumschließung (Herstellen der Bohrpfähle, Schlitzwände und deren Verankerungen) nicht das Wissen über die einzusetzenden Arbeitskräfte entscheidend ist, sondern die Kenntnis über das notwendige Leistungsvermögen der Baugeräte.

#### 3.3 Bemerkenswertes Resultat

Es wurde nun das ursprünglich erstellte, generelle Terminkonzept neu überarbeitet. Für die Ermittlung des erforderlichen Arbeitskräfteeinsatzes wurden die in den ersten Terminüberlegungen enthaltenen 2 Wo-

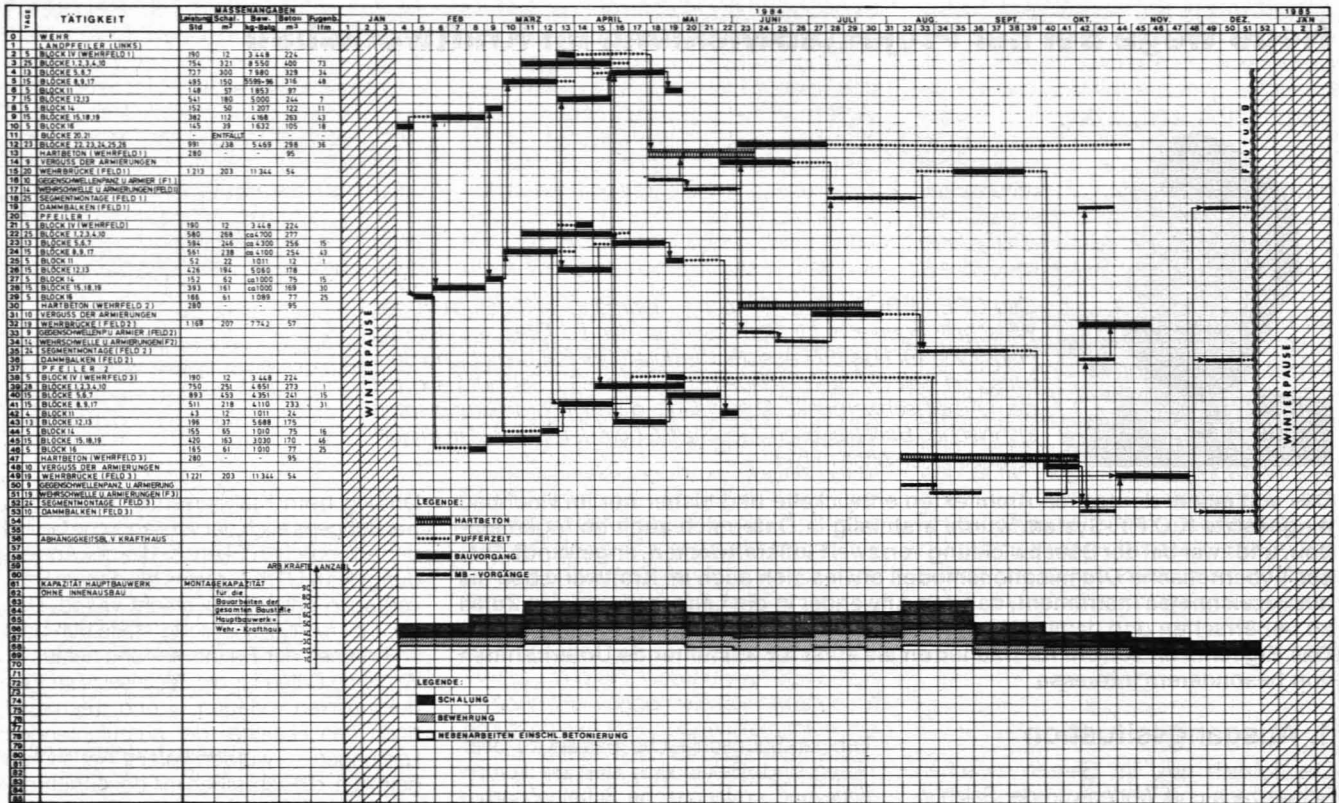


Abb. 1: Ablaufplan für die Wehranlage mit Kapazitätsband für das gesamte Bauwerk (Krafthaus und Wehranlage)

KYBERNETISCHE PRODUKTIONSPLANUNG		Projekt: Kraftwerk Urreiting				Krafthaus									
ARBEITSVORBEREITUNG		Ausführungsabschnitt: Trennpfeiler								Menge Gesamt bzw. Übertrag					
STUNDENERMITTLUNG		13		16		19		61		Summe					
Nr. LV	Leistungsbezeichnung	Ein-heit	KOPF E	Menge	Std	Menge	Std	Menge	Std	Menge	Std	Menge	Std	Menge	Std
4009	Beton B 225	m3	0,75	80	60	90	74	95	71	26	20	300	225		
4101	Schalung für waasserf. Teile (Wiederversetzen)	m2	1,0	36	36	28	28	38	38	17	17	119	119		
4102	Schalung senkrecht	m2	2,1	28	59	55	116	34	71	9	19	126	265		
4106	Streckmetallschalung	m2	1,2	11	3	14	17	15	18	18	22	58	70		
4200	Rippentorstahl @ 50	kg	0,015	3.314	50	4.100	62	3.936	59	1.077	16	12.427	187		
4667	Sika-Fugenband V 20	1fm	1,0	23	23	17	17	18	18	17	17	75	75		
4672	Sika-Fugenband V 22	1fm	1,0	—	—	—	—	11	11	—	—	11	11		
	Std - Summe				241		314		296		111		952		

Abb. 2: Produktionsplan für 4 Blöcke des Trennpfeilers

chen Arbeitspause (Weihnachten und Neujahr) auf insgesamt 5 Wochen verlängert, um zusätzliche Reserven für das zeitliche Auspendeln von Störungen zu haben. Das Ergebnis war bemerkenswert:

- die Betonierung der beiden Saugschläuche brauchte nicht mehr parallel, sondern konnte hintereinander erfolgen und
- die Gesamtbautezeit wurde trotzdem um 6 Wochen verringert.

Ein Resultat, das sehr befriedigte. Der bauausführende Auftragnehmer konnte die äußerst komplizierte Schalung aufgrund der Symmetrie der Saugschläuche und der

zunehmenden Hintereinanderfolge im Bauablauf mit einer »halben« Regelschalung pro Saugschlauch durchführen. Das heißt, allein bei der Kraftwerksbaustelle Bischofshofen konnte die Regelschalung aus Holz bereits viermal(!) eingesetzt werden. Für den Auftraggeber schlägt sich die frühest mögliche Stromerzeugung positiv zu Buche.

### 3.4 Flexiblere Bauabwicklung

Aus heutiger Sicht, wo bereits beide Kraftwerke termingerecht den Vollbetrieb aufgenommen haben, kann man rückblickend feststellen, daß sich der Einsatz des K.O.P.F.-Systems für die Bauabwicklung sehr be-

währt hat. Durch das Ausnutzen von geplanten Zeitreserven und der aus dem kybernetischen Ablaufmodell resultierenden Beschleunigungsmöglichkeiten — bedingt durch die Kenntnis der erforderlichen Kapazitäten — konnten sogar gravierende Störungen des Bauablaufes neutralisiert werden. Einige bodenmechanische Probleme während des Baugrubenaushubes bei der Stufe Bischofshofen brachten eine Verzögerung von 6 Wochen bereits in der ersten Bauphase. Dank der Flexibilität und Übersicht des Ablaufmodells konnte auch dieser Zeitverlust »verdaut« werden. Der Durchblick war stets gewahrt und so erfolgte die Bauabwicklung ohne Hektik und zwischenzeitliche Panikstimmung. Das K.O.P.F.-System als Ablaufmodell mit nahezu unbeschränkten Möglichkeiten bietet praktisch für noch so schwerwiegende Abweichungen rechtzeitig eine neue Terminalternative an. So blieben Vertragszeitpunkte immer konstant, nur die Verwirklichung des Projektes variiert.

## 4. Resümee

### 4.1 Terminverkürzung spart Kosten

Die positiven Erfahrungen beim Einsatz des K.O.P.F.-Systems für die Steuerung der baulichen Arbeiten beim KW Bischofshofen konnte bei der Terminplanung für die Projektentwicklung des KW Urreiting auch vom elektro-maschinellen Anlagenbau übernommen werden, so daß auch der wirtschaftliche Erfolg durch eine frühere Inbetriebsetzung der Maschinensätze gewährleistet war. Dies bedeutet für den Bauherrn weniger Bauzinsen und früherer Erlös aus

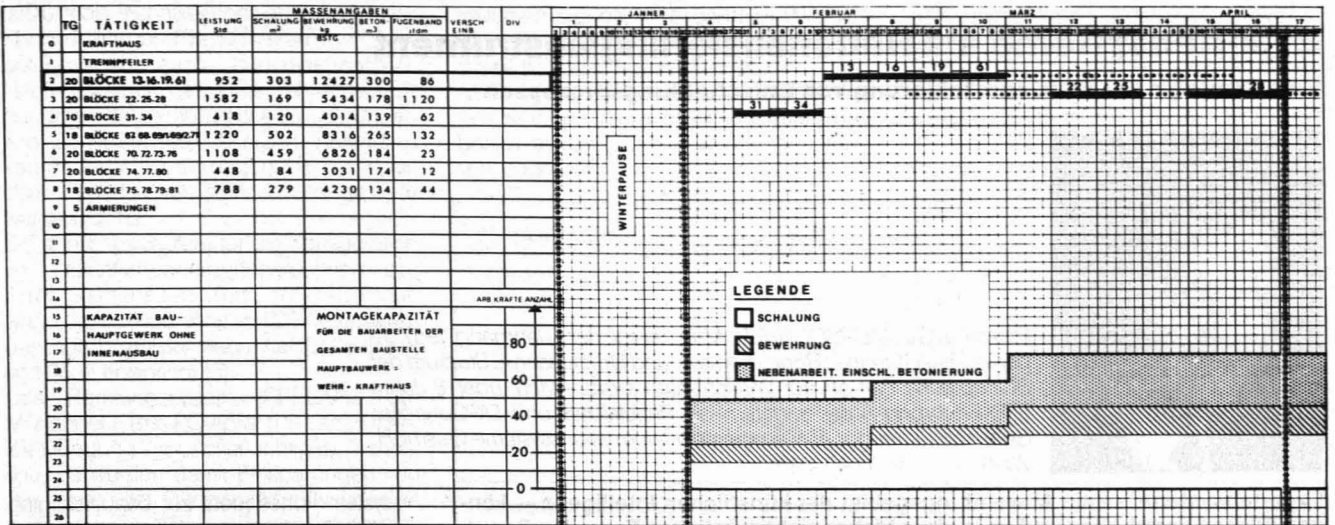


Abb. 3: Ablaufplandetail (4 Blöcke des Trennpfeilers)

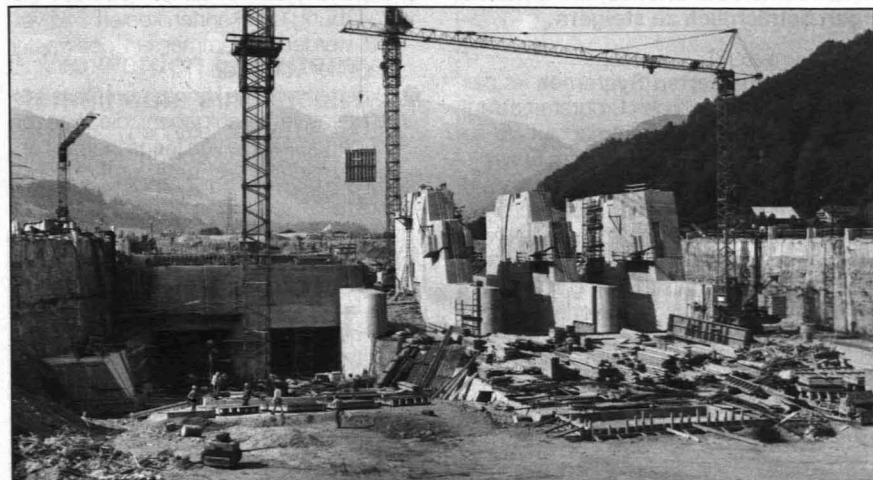


Abb. 4: Baustelle KW Urreiting, 13 Monate nach Baubeginn



Abb. 5: Baustelle KW Urreiting, 23 Monate nach Baubeginn

wertvoller, umweltfreundlicher elektrischer Energie.

### 4.2 Selbstorganisation

Die Vorwegnahme von Kapazitätsüberlegungen durch den Planer löst beim bauausführenden Vertragspartner eine nicht zu unterschätzende Selbstorganisation aus. Dies vor allem deshalb, weil er durch die Übergabe des Produktionsplanes ein ausgezeichnetes Instrument für seine Arbeits-

vorbereitung erhält. Manchmal werden die Arbeitszeitansätze von der ausführenden Firma — nach Überprüfung — noch adaptiert, um sie anschließend vollinhaltlich übernehmen zu können; es ist auch möglich, sie dem Vertrag zugrunde zu legen.

### 4.3 Kybernetik im Dienste des Projektmanagements

Wesentlich ist auch die Einsicht, daß ein Bauablauf nicht berechenbar und deshalb

nicht exakt vorausplanbar ist und der Störfall nicht die Ausnahme, sondern eher den Regelfall darstellt. Die Kybernetik erweist sich auch beim Projektmanagement als ausgezeichnetes Instrument, den Zufall zu beherrschen und damit Störungen in den Griff zu bekommen.

Dieser geordnete Bauablauf hat sicherlich neben der intensiven Projektierung, einer sinnvollen auf den mehrstufigen Ausbau bedachtnehmenden Ausschreibung und Vertragsgestaltung sowie der gewissenhaften Bauleitung seinen Anteil daran, daß der präliminierte Kostenansatz sowohl für die Kraftwerksanlage Bischofshofen als auch für Urreiting beträchtlich unterschritten wurde.

### 4.4 Rationalisierung für den Bauausführenden

Die bauausführende Arge hatte noch bemerkenswerte Rationalisierungseffekte, wie z.B. den bei der schon anfangs beschriebenen Saugrohrschalung. Nachdem auch der Anschlußauftrag für das Kraftwerk Urreiting an die gleiche Unternehmergruppe vergeben wurde, konnte diese »halbe Regelschalung« in der Zwischenzeit insgesamt bereits achtmal eingesetzt werden. Die Übersicht über Massen und Kapazitäten durch den Produktionsplan des K.O.P.F.-Systems bewogen die ausführenden Unternehmer, beim zweiten Kraftwerk für einen Großteil der Ausführungsabschnitte den Leistungslohn einzuführen. Diese Abschnitte wurden bei gleicher Leistung mit einer um über 20% verringerten Kapazität ausgeführt.

Man sieht, wo Kybernetik wirkt, gewinnt nicht einer auf Kosten der anderen. Während der Auftragnehmer die vorher beschriebenen Vorteile hat, bringt die frühere Inbetriebnahme dem Bauherrn zusätzliche Erlöse aus der Stromerzeugung. Im Interesse unserer Volkswirtschaft wäre es zu begrüßen, wenn die Möglichkeiten der Baukybernetik umfassender genutzt würden und ihre großen Vorteile der gesamten Bauwirtschaft zugute kämen.

