

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101 (1983)
Heft: 51/52

Artikel: Kosten- und Terminüberwachung
Autor: Held, Hans / Knöpfel, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75254>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kosten- und Terminüberwachung

Von Hans Held und Hans Knöpfel, Zürich

Einleitung

Allgemeines

Die *technische Gliederung* der Gesamtanlage [1] in Betriebsbereiche (z. B. Verfahrensstufen), Objekte (z. B. Gebäude) und Teilsysteme (z. B. Brauchwasserzufuhr, -aufbereitung und -verteilung), in dieser hierarchischen Reihenfolge, ist die Basis der Kosten- und Terminüberwachung auf der Ebene der Projektleitung. Die *zeitliche Gliederung* in Projektphasen ist in Bild 1 gezeigt. Die Detailprojektierung, Ausführung und Inbetriebsetzung laufen entsprechend den grossen Inbetriebsetzungsbereichen gestaffelt. Die technische Gliederung der Anlage und die Aufteilung in klare Bearbeitungsbereiche und -etappen im grossen und im kleinen ist die wichtigste Voraussetzung für die erfolgreiche Kosten- und Terminüberwachung eines grossen, komplexen Bauvorhabens.

Die *Projektorganisation* für das Projekt EKW (Erweiterung Kläranlage Werd-

hölzli) ist in [2] beschrieben. Auch bezüglich Kosten und Termine wurde auf ein partnerschaftliches Verhältnis Wert gelegt. Die Termine waren frühzeitig so abzusprechen, dass dem Auftragnehmer genügend Zeit zur Erfüllung seiner Aufgabe verblieb, dass aber diese Zeitdauer auch im Rahmen der Arbeiten und des gesamten Projekts lag, und die Termineinhaltung war zu kontrollieren. Die Leistungen waren zu kontrollieren, und dafür war eine angemessene, aber nicht übertriebene Vergütung zu bezahlen.

Der Umfang des Projekts ist gross, und seine Dauer ist lang. In verschiedenen Phasen waren *verschiedene Kosten- und Terminüberwacher* tätig: ein Beratungsbüro für die Projektkoordination bis zur Volksabstimmung, die spätere Oberbauleitung «Bau/mech. Ausrüstung» für den zweiten Teil des Allgemeinen Bauprojekts und die Vorbereitung der Ausführung, die Projektleitung und die Koordinatoren für die Detailprojektierung und schliesslich ein Team, in dem die Autoren in leitender

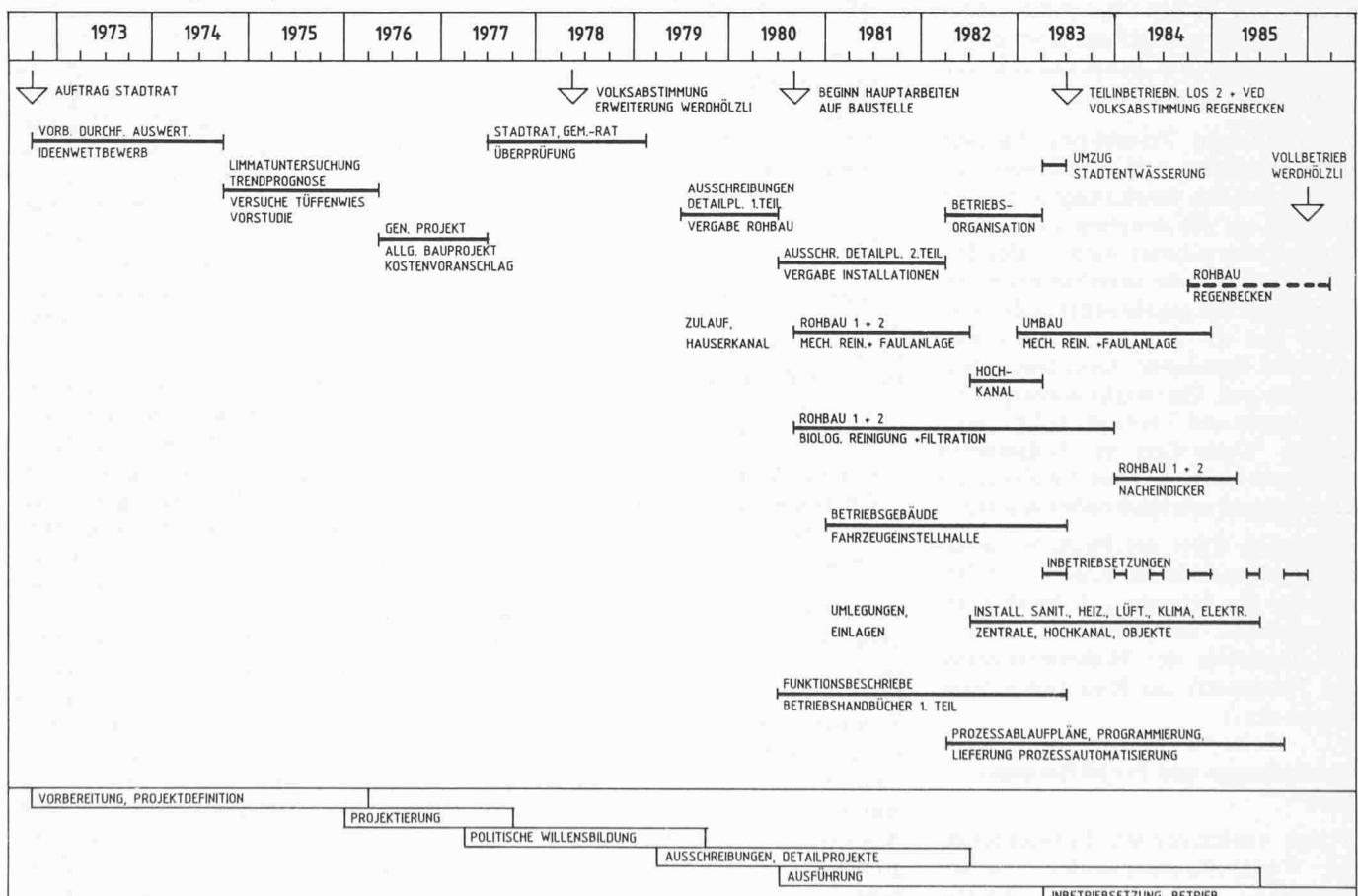
bzw. beratender Funktion mitwirken, für den zweiten Teil Detailprojektierung, die Ausführung und die Inbetriebsetzung. Der Projektleitungsstab unterstützt den Projektleiter nicht nur bei der Kosten- und Terminüberwachung, sondern holt u. a. Stellungnahmen ein, verwaltet die Verträge, erarbeitet administrative Berichte, macht Vorschläge für die Regelung von Honorarfragen, stellt die Bauakten zusammen und erledigt zahlreiche Bauherrenaufgaben.

Ziele der Kosten- und Terminüberwachung

Die auf lange Sicht möglichst *wirtschaftliche* Verwendung der Mittel ist als allgemeine Zielsetzung gegeben. Es geht also nicht einfach darum, Kreditlimits einzuhalten und für zusätzliche Forderungen neue Mittel zu verlangen, sondern darum, die bezüglich der Jahreskosten günstigste Lösung für angemessene Anforderungen zu finden.

Im Kosten- und Terminüberwachungssystem sind wichtige *Zielvorstellungen* für das gesamte Projekt und für bedeutende Etappen bzw. Teile zu speichern, die den beabsichtigten technischen Lösungen und betrieblichen Bedingungen entsprechen und von den zuständigen Projektverfassern und Betriebsleitern verantwortet werden können.

Bild 1. Übersicht Projektablauf



Die Kosten- und Terminüberwachung muss in der Lage sein, periodisch oder nach Bedarf den *aktuellen Stand* mit den Änderungen von Zielvorstellungen, den wahrscheinlichen Unter- und Überschreitungen bei gleichbleibenden Voraussetzungen und der Beurteilung der Reserven zu liefern. Korrekturmassnahmen, neue Möglichkeiten und von allen akzeptierbare Anpassungen der Kosten- und Terminziele in Teilbereichen sind vorgängig mit den Beteiligten zu erarbeiten.

Die Überwachung soll durch unabhängige Kontrollen fehlerhafte oder widersprüchliche Informationen und Vorstellungen zutage bringen und *Klarheit* schaffen. Schliesslich sollen die *Abrechnungen* mit den Subventionsgebern und die Abrechnungen gegenüber dem Bauherrn durch eine laufende, systematische Rechnungsführung rasch und wenig aufwendig werden.

Aufgaben und Zuständigkeit

Die detaillierte Kontrolle der Projekt-kosten liegt zunächst bei den Projektverfassern und dann bei den Bauleitungen, wie dies in den SIA-Honorarordnungen vorgesehen ist. Der PL-Stab schlägt der Projektleitung die Methoden für eine wirksame Kosten- und Terminüberwachung vor und schätzt den zugehörigen Aufwand. Er trägt die Kostenangaben zu einem Gesamtbudget zusammen, beurteilt die Risiken und ergänzt das Budget. Bei Änderungen berät er die Projektleitung über die Finanzierung des Nachtrags bzw. die Verwendung des Überschusses.

Die detaillierte *Terminkontrolle* liegt zunächst wiederum bei den Projektverfassern und den Bauleitungen, die sich ihrerseits auf die Zeitpläne der ausführenden Unternehmer stützen. Der PL-Stab koordiniert die verschiedenen Terminpläne, klärt gegebenenfalls das Vorgehen und die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten, stellt Gesamttermintpläne auf, überwacht wichtige Entwicklungen und Termine, führt unabhängige Kontrollen in Teilgebieten durch und bewirtschaftet die Zeitreserven aufgrund von Risikoüberlegungen.

Schliesslich führt der PL-Stab die *detaillierte Kontrolle* der Kosten und Termine für die Arbeiten auf der Projektleitungsebene selbst durch (rechnerische Kontrolle der Honorarrechnungen, Pendenzien aus Koordinationssitzungen usw.).

Vorbereitungs- und Projektierungsphase

In den verschiedenen Entwicklungs- und Konkretisierungsstufen wurden schrittweise entsprechende Kosten-

schätzungen und -berechnungen der geplanten Anlage gemacht:

- Im Oktober 1974 wurde dem erforderlichen Projektierungskredit eine grobe *Kostenschätzung* von Fr. 180 Mio. zugrunde gelegt. Diese Zahl ging aus den Erkenntnissen der anlässlich des Ideenwettbewerbes vorgenommenen Kostenberechnungen hervor. In dieser Bausumme war ein Anteil für die damals noch auf der Kläranlage vorgesehene Regenwasserbehandlung enthalten.
- 1976 lag das generelle Projekt vor. Auf dieser Grundlage erfolgte im September 1976 eine *Kostenschätzung* mit der Gesamtsumme von Fr. 186 Mio. und enthielt auch die Kosten für eine separate Regenwasserbehandlung, nunmehr auf der Werdinsel.
- Das allgemeine Bauprojekt lag im April 1977 als Entwurf vor. Die Projektverfasser rechneten mit Investitionen von Fr. 270 Mio. Der grosse *Kostensprung* erklärte sich im wesentlichen aus einer Unterschätzung der Installationskosten und dem Einbezug des Energiekonzeptes. Im weiteren ermöglichte das nun schon detailliertere Projekt auch eine exaktere Erfassung von Kosten.
- Die *Reduktion* auf die im *detaillierten Kostenvoranschlag* (KV), Preisstand 1.8.1977, festgelegten Fr. 232 Mio. wurde erreicht durch die Abspaltung des Regenbeckens auf der Werdinsel und den Abstrich von nicht unbedingt notwendigem Komfort. Im KV 1977 waren die Kosten bereits in Lose und Objekte gegliedert und nach einer zum Teil noch rudimentären Kostenartengliederung aufgeteilt.

Mitte 1972 wurde ein grober Vorgangs-pfeilnetzplan 1972/76 ausgearbeitet. Er umfasst 40 wichtige Vorgänge mit Zeittauern von $\frac{1}{2}$ bis 5 Monaten. Gemäss Pflichtenheft vom Frühjahr 1976 erstellt der Projektkoordinator (PL-Stab) in Zusammenarbeit mit den Beteiligten folgende Netzpläne:

- Grobterminplan bis Baubeginn
- Übersichtsnetzplan über die gesamten Arbeiten
- Detailnetzplan für die Projektierung

Der Grobterminplan, ein zeitmassstäblicher Vorgangsnetzplan 1976/78, umfasst ca. 30 Vorgänge mit 1-12 Monaten Dauer, bis zum damals in Aussicht genommenen Baubeginn. Dieser Zeitplan wurde den Pflichtenheften für die projektierten Ingenieure beigelegt. Die spätere Oberbauleitung «Bau/mech. Ausrüstung» erarbeitete Mitte 1977 ein grobes Programm für die Bauausführung.

Kostenüberwachung

Instrumentarium

Für die Gestaltung und Durchführung der Kostenüberwachung stehen 3 Gruppen von *Grundlagen* und *Hilfsmitteln* zur Verfügung:

- *normative Grundlagen* (z. B. SIA-Normen, Subventionsverordnungen) mit Gültigkeit über EKW hinaus
- *Bauträger- bzw. projektspezifische Konventionen* (z. B. abgeleiteter Baukostenplan)
- *operative Hilfsmittel* (z. B. EDV-Programme)

Viele der projektspezifischen Konventionen haben ihren Ursprung in bestehenden, allgemein gültigen Grundlagen und wurden mit möglichst geringen Abweichungen den EKW-spezifischen Randbedingungen und Anforderungen angepasst.

Konventionen

Für die speziellen Belange der Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli sind folgende nennenswerte *Konventionen* geschaffen worden:

Zur gezielten und abgegrenzten Kostenplanung und -überwachung der einzelnen Anlageteile und Bauobjekte wurde die Gesamtanlage in eine Reihe von Baulosen und diese wiederum in Objekte und Teilobjekte unterteilt. Diese *Objektgliederung* wurde verschiedentlich angepasst und ergänzt. Sie bewegt sich mit der Gesamtzahl der zu unterscheidenden Teile an der Obergrenze des in der praktischen Handhabung (separate Rechnungsstellung für alle Teile) Machbaren und Durchsetzbaren. Als Resultat der Objektgliederung werden eine differenzierte Kostenüberwachung, abgegrenzte Investitionskosten sowie eine Schlussabrechnung konform der Abstimmungsvorlage erwartet.

Als Grundlage für die Gliederung der Baukosten nach Kostenarten dient der *Baukostenplan* der Schweiz. Zentralstelle für Baurationalisierung [4], der allerdings um jene Bereiche ergänzt werden musste, die für Abwasserreinigungsanlagen spezifisch sind. Es handelt sich in erster Linie um die elektromechanischen Ausrüstungen, welche in der Reserve-Hauptgruppe 6 des BKP untergebracht wurden. Als «Vorwegnahme» der neuesten Teilrevision des BKPs wurden im Fall EKW die Honoreare zentral in einer Hauptgruppe eingeteilt. - Ausgehend von dem für die Phase der Detailprojektierung und Ausführung geltenden Organigramm, von den definierten Aufgaben und Zuständigkeiten sowie der in der Stadtver-

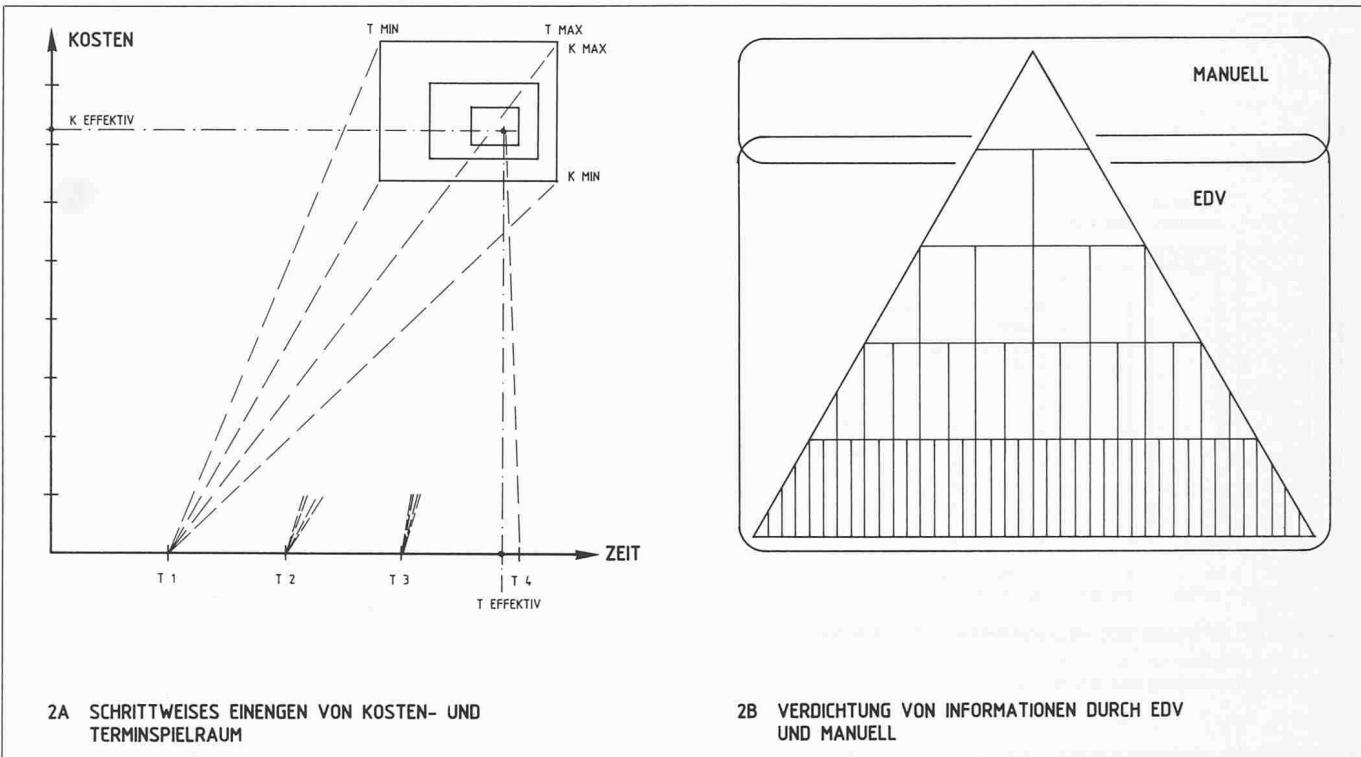


Bild 2. Grundsätze der Kostenüberwachung

waltung geltenden Vorschriften und Arbeitsabläufen entstand die Regelung für die *Rechnungsstellung, Rechnungsprüfung, Zahlungsvorbereitung, -durchführung und Zahlungsverbuchung*. Obwohl viele Instanzen mitwirken müssen, darf die Stadt Zürich für sich den Ruf in Anspruch nehmen, die an sie gestellten Forderungen jeweils innert nützlicher, um nicht zu sagen kurzer Frist zu begleichen.

Eine weitere EKW-spezifische Konvention betrifft die in der Kostenüberwachung regelmässig nachgeführten und ausgewiesenen *Kostenwerte*.

Es sind dies unter anderen:

- ursprünglicher und ergänzter Kostenvoranschlag mit detailliertem Ausweis der aufgetretenen Mutationen, analysiert nach Veränderungsgründen
- engagierte Teile des Kostenvoranschlages, noch offene KV-Teile gegenüber KV-ergänzt
- bisher geltend gemachte Indexteuerung (vom KV- bis zum Offertdatum)
- abgeschlossene Verträge
- Erfolg der Auftragstätigkeit (+ oder -)
- bisher geleistete Zahlungen, unterschieden nach Akkord, Regie, effektiver Teuerung sowie Subventionsberechtigung
- Saldo auf Verträgen bzw. Abrechnungsergebnis
- Entwicklung der Projektreserven
- Prognose der künftigen Teuerung
- mutmassliche Endkosten, inkl. Grenzwerte
- mögliche Stark- und Schwachstellen

Auch die *Verteilung* der produzierten Resultate an die verschiedenen involvierten Stellen sowie *Frequenz* und *De-*

taillierungsgrad sind dort geregt. Die Resultate werden hauptsächlich innerhalb der Stadtverwaltung regelmässig verbreitet, während sich die Bauleitungen in erster Linie auf ihre Unternehmer-Kontoführung abstützen, bei Bedarf aber auch Informationen aus der Kostenüberwachung der Projektleitung erhalten.

Operative Hilfsmittel

Im *operativen Bereich* wird für verschiedene Funktionen der Kostenüberwachung die *elektronische Datenverarbeitung* (EDV) eingesetzt. Nebst den von einzelnen Unternehmungen in eigener Regie benützten Systemen (zur Erstellung von Teil- und Schlussabrechnungen oder für das interne Rechnungswesen) sind es zwei EDV-Applikationen, die für die Kostenüberwachung EKW eine wesentliche Rolle spielen:

- Alle Vergebungs- und Zahlungsdaten werden in das *zentrale Rechnungswesen Bau* (RWB) des Tiefbauamtes eingegeben. Die Auswertungen des RWB dienen einerseits zur Zahlungsüberwachung pro Vergebung, andererseits unter anderem für die Ermittlung von Unternehmerumsätzen im Bereich der Stadt Zürich. Im RWB erfolgt innerhalb des Projektes EKW keine Unterscheidung nach Losen, Objekten bzw. BKP-Positionen. Rechnungen zu Lasten EKW werden erst dann bezahlt, wenn sie im RWB verbucht sind. Das RWB wird also in erster Linie für die reine *Vergebungs- und Ausgabenkontrolle*

des Tiefbauamtes (TAZ) verwendet.

- Demgegenüber dient das vom Stab der Projektleitung eingesetzte *EDV-System AZAD* [3] hauptsächlich der *projektbezogenen Kostenüberwachung*.

Es umfasst unter anderem:

- KV-Kontrolle inkl. Ergänzungen und Korrekturen
- KV-Engagement und Nachweis der geltend gemachten Indexteuerung
- Zahlungsstand und noch offener Saldo gegenüber Werkvertrag
- Ausweis der reservewirksamen Saldi (aus KV-Mutationen, Werkvertragsabschlüssen, Abrechnungsergebnissen usw.)

Alle diese Resultate werden sowohl über das Projekt EKW als *Ganzes* wie auch für dessen *Teilmengen* (Lose, Objekte und/oder BKP-Positionen bzw. Unternehmerkonti) ermittelt und in wählbaren Sortierfolgen und Aggregationsstufen ausgewiesen. Die Verbuchung der auf das Projekt geleisteten Zahlungen erfolgt dagegen im Nachgang zur RWB-Verarbeitung.

Die *Kombination* der beiden Applikationen RWB und AZAD hat sich trotz geringfügiger Überschneidungen im Bereich der Vergebungen und Zahlungen als brauchbare und vernünftige Gesamtlösung für die Bewältigung des bei der Kostenüberwachung und Baubuchhaltung EKW anfallenden enormen Zahlenmaterials erwiesen. Die Doppelbuchung der Zahlungen stellt sogar ein willkommenes *Sicherheitselement* dar, indem die regelmässige *Kontoabstimmung* zwischen Ausgabebuchhaltung des TAZ und der Baukostenüberwa-

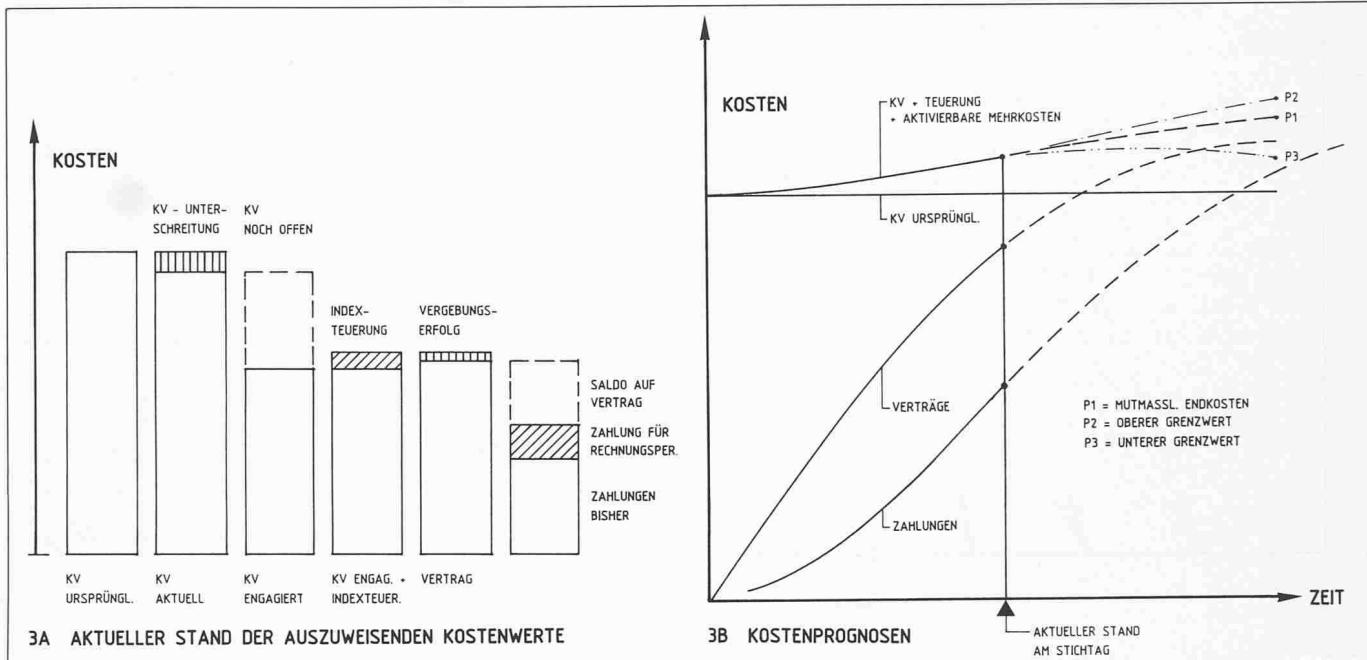


Bild 3. Kostenermittlung und -prognosen

chung EKW gewissermassen auf zwei unabhängigen Beinen steht und eine analoge Fehlerübertragung praktisch ausgeschlossen ist. - Ausgehend vom AZAD-Standardprogramm wurden für die Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli verschiedene *Systemergänzungen* realisiert, so z. B. ein Programm für die Aufbereitung der Teilabrechnungen mit den kantonalen und eidgenössischen Subventionsbehörden, welche ca. alle 2 Monate stattfinden und mit diesem EDV-Hilfsmittel ausserordentlich vereinfacht werden konnten.

Auf der Basis der EDV-Resultate erstellt die Projektleitung verdichtete und angereicherte *Führungsinformationen* z. H. der EKW-Entscheidungsgremien und übergeordneten Verwaltungsstellen. Diese Informationen werden manuell aufbereitet in Form von Tabellen und graphischen Darstellungen. Dabei wird der Streubereich der Aussagen betreffend die Höhe und den zeitlichen Anfall der mutmasslichen Endkosten mit jeder Auswertung schrittweise verkleinert (Bild 2).

Kostenüberwachung Detailprojekt und Ausführung

Bezugsbasis für die Kostenüberwachung in diesen Projektphasen ist der detaillierte Kostenvoranschlag vom 1.8.1977. Darin ist ein relativ bescheidener Betrag für Unvorhergesehenes als *Reserve* ausgewiesen.

Diese Reserven werden regelmässig bewirtschaftet, und zwar wie folgt:

- durch *KV-Mutationen*: Wenn der KV an irgendeiner Stelle aufgestockt werden muss oder reduziert werden kann, so er-

folgt dies zu Lasten bzw. zu Gunsten der Reserven. *Nicht* den Reserven belastet werden aktivierbare Mehr- und Minderleistungen, d. h. Leistungen, welche den Gebrauchswert der Kläranlage verändern.

- durch *Vergebungsresultate*: Die Vergabeungserfolge bzw. -misserfolge, d. h. die Differenz aus KV engagiert und Indexteuerung minus Werkvertrag, sind ebenfalls reservewirksam.

- durch *Abrechnungsergebnisse*: Liegt der Abrechnungsbetrag unter der Werkvertragssumme, so fliesst der nicht verbrauchte Betrag in die Reserven. Bei drohender Zahlungsüberschreitung kann nicht direkt auf die Reserven gegriffen werden, sondern es müssen vorerst Vergabeungserhöhungen, evtl. Engagementserhöhungen und schliesslich evtl. KV-Erhöhungen zu Lasten der Reserven disponiert werden.

Die *Teuerungsentwicklung* seit dem Kostenvoranschlag mit Preisstand 1.8.77 wird in 2 Schritten berücksichtigt:

- Die sogenannte *Indexteuerung* gilt für den Zeitraum zwischen 1.8.77 und dem Offertdatum der einzelnen Vergabeungen. Massgebend für die (positive oder negative) Teuerung ist dabei die Differenz des für die einzelne Arbeitsgattung vereinbarten Teilindices aus dem Zürcher Baukostenindex. Diese Regelung wurde zwischen der Projektleitung, den zuständigen Stellen der Stadtverwaltung sowie den Subventionsbehörden einvernehmlich getroffen. Dabei mussten für die abwasserspezifischen Bauteile eigene Definitionen gefunden werden. So gilt z. B. für die elektromechanischen Ausrüstungen das arithmetische Mittel aus den Teilindices der Baukostenplanbereiche 23, 24, 25, 26 (Elektro-, Heizungs-, Klima-, Lüftungs-, Sanitärinstillationen und Transportanlagen).

Die jeweils per 1.4. und 1.10. publizierten Indices werden für die EKW-Teuerungsermittlung in monatlichen Schritten interpoliert.

- Nach Abschluss der Werkverträge (bzw. Aufträge) kommt die 2. Stufe der Teuerung zum Tragen, welche die seit dem Offertdatum aufgetretenen *Lohn- und Materialpreisänderungen* erfasst und von den Unternehmern bzw. Auftragnehmern separat zu fakturieren und im Detail zu belegen ist.

Der aktuelle Stand der zu beobachtenden Kostenwerte wird jeweils per 30.6. und 31.12. erfasst (Bild 3a).

Kostenprognosen und Finanzbedarf

Ausgehend vom aktuellen Kostenstand am Stichtag erfolgt die *Prognose* der mutmasslichen Endkosten (Bild 3b). Dieser Wert erreichte per 30.6.83 die Höhe von 301,3 Mio. Fr. und enthält verschiedene *Unsicherheitsfaktoren*.

Dieses Risiko wird nach oben und unten in einem Zielbereich abgegrenzt:

Der obere Grenzwert errechnet sich wie die mutmasslichen Endkosten, jedoch ohne Berücksichtigung der bisherigen aktivierbaren Mehrkosten, dafür mit einer maximalen Gesamtüberschreitung von ca. 5%. Der untere Grenzwert entsteht durch Saldierung der aktivierbaren Mehrkosten mit den noch vorhandenen Durchführungsreserven, d. h., er basiert auf dem günstigen Fall, dass künftig keine Reserven mehr beansprucht werden müssen.

Den beiden Grenzwerten liegen außerdem unterschiedliche Prognosen der künftigen Teuerung zugrunde.

Anhand einer Analyse der möglicherweise noch auftretenden Mehrleistungen des Kredits (Schwachstellen) bzw. der Einsparungsmöglichkeiten beurteilt das verantwortliche Gremium die Wahrscheinlichkeit, mit der die Endkosten unterhalb des oberen Grenzwertes liegen werden. Diese Aussage dient der Kläranlagenkommission als Entscheidungsgrundlage für das allfällige Auslösen eines Antrages auf Krediterhöhung.

Für die Ermittlung des *Finanzbedarfs* pro Zeiteinheit wird auf die mutmasslichen Endkosten abgestützt. Ausgehend vom Stand der bereits geleisteten Zahlungen und nach Massgabe der aktuellen Terminplanung ergibt sich die Verteilung der künftigen Zahlungen pro Zeiteinheit. Dabei sind u. a. die Fälligkeiten von Drittelszahlungen, Garantierückbehalten sowie der Zeitraum zwischen erbrachter Leistung und Zahlungsbereiter Forderung zu berücksichtigen.

Aktive Kostenüberwachung

Im Bereich der Projektleitung muss die Gefahr einer einseitig *defensiven Haltung* in der Kostenüberwachung vermieden werden. Unter dem Arbeitsbegriff «aktive Kostenüberwachung» werden folgende Ziele verfolgt:

- Möglichst *frühes Erkennen* von evtl. Mehrkosten, zu einem Zeitpunkt, wo sich noch keine Sachzwänge aufgebaut haben und die Verantwortlichen noch frei in ihren Entscheidungen sind.
- Bewusste und gezielte *Sparaktionen*; die Frage lautet nicht «wo können Mehrkosten vermieden werden», sondern «wo können Einsparungen erzielt werden, ohne die Qualität der Bauwerke und Anlagen spürbar zu schmälern». In der jetzigen Realisierungsphase ist der Spielraum für Einsparungsmöglichkeiten naturgemäß enger als in der Vorbereitungs- und Projektierungsphase; dieser verbleibende Spielraum soll jedoch nicht *a priori* preisgegeben werden.
- Systematisches Ausleuchten der restlichen finanziellen positiven und negativen *Risiken*; über dem mutmasslichen Verbrauch der noch offenen KV-Teile oder über allfällige Abrechnungserfolge soll so früh wie möglich eine approximative Aussage gemacht werden.

Eine extreme Haltung der reinen Kostenminimierung wird anderseits durch die Berücksichtigung der *Betriebskosten- und Nutz-Aspekte* vermieden: Bei vielen zu treffenden Variantenentscheidungen wird zugunsten der künftigen Betriebskosten auf die kostenniedrigste Ausführungsart verzichtet. In diesen Fällen, und wenn mit höheren Investitionskosten die Leistungsfähigkeit der Anlage gesteigert werden kann, werden die nachstehenden Mehrkosten gegenüber den im Kostenvoranschlag vorgesehenen Aufwendungen der Kategorie der aktivierbaren Mehrleistungen zugerechnet. Ziel der Projektleitung ist es, diesen *Substanzgewinn* über die Projektreserven bzw. den Kreditspielraum von ca. 5% finanzieren zu können.

Folgerungen

Das vorstehend beschriebene System der Kostenüberwachung hat sich als *vollständig und zweckmäßig* erwiesen. Schwierigkeiten und Hemmnisse waren aber nicht gänzlich auszuschliessen. Sie hatten verschiedene Ursachen:

- komplexe Projektstruktur mit vielen Teilbereichen und beteiligten Instanzen
- oft lange und verwickelte historische Entwicklung einer Kostengrösse von KV bis Abrechnung
- vielerorts noch mangelhaft entwickelte Fähigkeit zum «Systemdenken»
- schwer durchschaubare Kostenzusammenhänge, vor allem bei übergelegten abstrakten Systemen wie Steuerungen usw.

Der in die Kostenüberwachung investierte Aufwand ist vertretbar und hat sich, gemessen an der erreichten Kostentransparenz, gelohnt.

Terminüberwachung

Instrumentarium

Die während der Ausführungsphase verwendeten Instrumente zur Koordination und Überwachung der Termine können in vier Gruppen unterteilt werden.

- Terminplanungssystem über mehrere (normalerweise drei) Ebenen:
 - grobe Terminübersicht über die ganze Zeit bis zum Projektende
 - Koordinations- und Übersichtsterminpläne über die kommenden 1-2 Jahre und grobe Angaben über die folgenden Jahre
 - detaillierte Zeitpläne für besondere Objekte, Fachbereiche und Zeitabschnitte. Die Terminpläne wurden als Netzpläne und Balkendiagramme und seit 1980 in der Regel als vereinfachte, zeitmassstäbliche Balken-Netzpläne [6] dargestellt.
- Phasenpläne über zwei Ebenen und detaillierte Berichte zur Planung der Bau- und Betriebsphasen:
 - grobe Bauphasenpläne seit dem Allgemeinen Bauprojekt, erstellt durch die Abwasseringenieure
 - detaillierte Bau- und Betriebsphasenpläne des PL-Stabs für Ausführung, Provisorien und Inbetriebsetzungen der einzelnen örtlichen Bereiche
 - Berichte des Koordinators für Betriebs-technik und Detailprojektierung «Bau/mech. Ausrüstung» zu den detaillierten Phasenplänen.
- Längerfristige Zusammenstellungen von wichtigen Daten für Entscheide und andere zu kontrollierende Ereignisse:
 - Sitzungskalender Koordinationssitzungen in den kommenden 3 Monaten (Da-

tum, Traktanden, Teilnehmer und Bereich).

- Planlieferungslisten über mehrere Monate (wobei die Pläne nicht Stück für Stück, sondern paketweise, z. B. pro Objekt, geliefert werden sollen).
- Terminblatt Submission/Vergabe/Vertrag und Terminblatt Abrechnung pro Werkvertrag und Ingenieurvertrag.

- Pendelenzlisten.

Wie bereits erwähnt, werden die Terminpläne ausserdem für die Ermittlung des Finanzbedarfs für Bauherr und Subventionsgeber verwendet.

Durchführung

Im März 1978 wurde ein Generelles Bauprogramm, ein Vorgangsknoten-Netzplan mit über 90 Vorgängen im Wochenmassstab und ein zugehöriges Balkendiagramm, mit einem Computerprogramm berechnet und gezeichnet. Für alle *Objekte* des Projekts EKW wurden die Vorgänge Bau, Installation und Probeläufe unterschieden.

Im Juli 1979 lag zudem ein Projektierungsprogramm 1979/81, ein nach Losen und Objekten gegliedertes Balkendiagramm, vor. Die *Vorgänge* (z. B. Schalungspläne erstellen) und die *Fixpunkte* (z. B. Offerteingabe) wurden im wesentlichen pro Objekt festgelegt. Ab Anfang 1980 waren detailliertere *Balkendiagramme* mit den folgenden Standard-Vorgängen vorhanden:

- *vorbereitende Arbeiten*: Planung, Submission, Vergabe, Ausführung von Abstekkungen
- *Submission Bau bzw. mechanische Ausrüstungen*: Submissionsunterlagen, Ausschreibung, Ausarbeitung Offerte, Offertvergleich, Bereinigung und Vergabeantrag, Vergabe, Werkvertrag
- *Planbearbeitung*: Bereinigung des Allg. Bauprojekts, Schalungspläne, Bearbeitung durch Fachingenieure (Projektentwürfe an Koordinator, Installationskoordinationsplan, Prüfung durch Fachingenieure, Bereinigung durch Koordinator) sowie weitere 10 Vorgänge.

Der Installationskoordinator erstellte eine *Terminliste* mit den Bearbeitungs-terminen pro Objekt für seinen Bereich.

Seit 1980/81 kommt das im vorangehenden Abschnitt zusammengestellte Instrumentarium voll zur Anwendung. Besondere Beachtung wird dem *Zusammenhang* zwischen Projektierung, Genehmigung, Ausführung auf der Bau-stelle und Inbetriebsetzung sowie den technischen Abhängigkeiten bei den Projektierungsarbeiten (Arbeitsweise, Zwischenresultate) geschenkt (Bild 4). Die *Terminübersicht* 1980/85 wurde in Monaten und Objekten mit ca. 45 Vorgängen und den Teilinbetriebnahmen als Zielpunkte dargestellt. Sie wird etwa jährlich nachgeführt. Die *Übersicht*

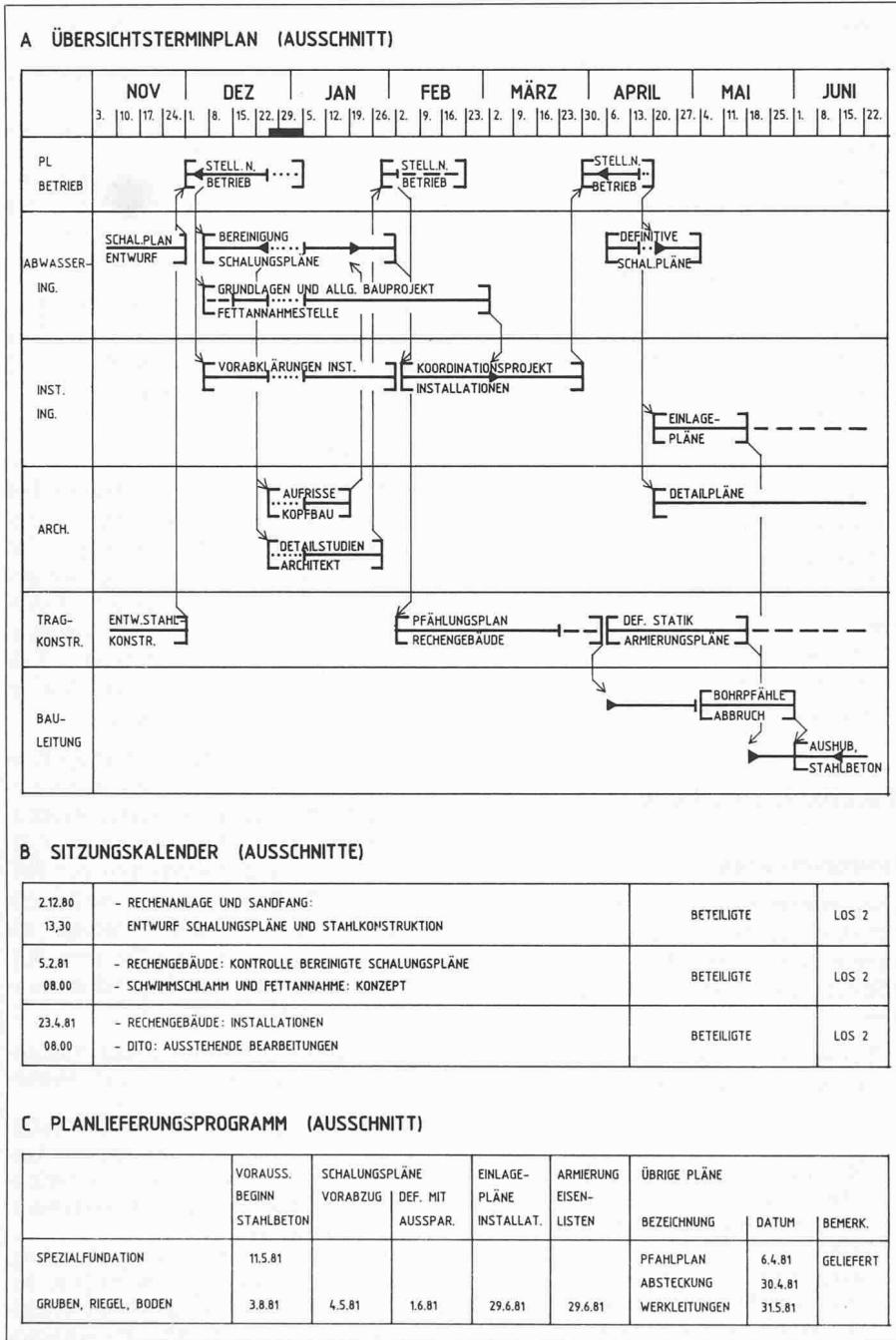


Bild 4. Terminplanung Detailprojekt und Ausführung

sterminpläne werden im Wochen- und evtl. für die fernere Zukunft im Monatsmassstab dargestellt und etwa alle 6 Monate überarbeitet. Es handelt sich um 3-4 Pläne, die nach Objekten gegliedert sind und je etwa 100-200 Vorgänge aufweisen. Die Grundlagen sind die Besprechungen mit dem Projektierenden, die Phasenpläne und die Programme der Unternehmer und Lieferanten. Für einzelne problematische Bereiche werden Koordinationsterminpläne ebenfalls im Wochenmassstab und ebenfalls als Balkennetze gezeichnet. An den Koordinationssitzungen werden sowohl technische als auch terminliche Probleme besprochen, wobei die entsprechenden Pläne vorzulegen sind. Die sorgfältig abgesprochenen Phasenpläne sind die Voraussetzung

für alle Terminpläne, und die Zusammenstellungen wichtiger Daten und Pendenzlisten dienen zur zuverlässigeren Erreichung der einzelnen Termine.

Folgerungen

Eine klare Abgrenzung der Bearbeitungsgebiete und -stufen und die Definition entsprechender Etappenziele sind beim Projekt EKW eine Notwendigkeit gewesen. Wenn mehrere Stellen an der Bearbeitung beteiligt sind, so soll eine Stelle bestimmt werden, die «die Fahne übernimmt», die übrigen Beteiligten organisiert und die erforderlichen Informationen einholt. Dieser Grundsatz gilt für Projektierungsaufgaben und ebenso für Baustellenabschnitte. Bei der Projektierung soll der Verantwortliche

für ein Teilprojekt und die zugehörige Bausumme klar sein. Wenn sich gleichrangige Stellen in einzelnen Punkten nicht einigen können, so entscheidet der gemeinsame Vorgesetzte.

Die etappenweise Fertigstellung, Abnahme, Inbetriebsetzung und Abrechnung hat im Projekt EKW den Vorteil, dass eine frühere Nutzung von Teilen der Anlage möglich, das Risiko von Terminverzögerungen verteilt, Erfahrungen früherer Etappen für spätere Etappen verwendet und Spitzenbelastungen besser zu vermeiden gewesen sind. Ein allfälliger Zusatzaufwand infolge etappenweiser Erledigung gleichartiger Aufgaben wird durch diese Vorteile mehr als kompensiert. Auch frühzeitige Teilinbetriebsetzungen sollen termingerecht und mit dem nötigen Zeitdruck erfolgen.

Zeitpläne, die nur die Ausführungsarbeiten angeben, haben nicht genügt. Um die Zielpunkte, die neuen Projektbearbeitungs-, Bau- und Betriebszustände, erreichen zu können, ist der Zusammenhang Projektierung-Genehmigung-Ausschreibung-Vergabe-Lieferung-Montage-Inbetriebsetzung einzubeziehen. Dabei werden gerne bereits die Projektierungsdauern unterschätzt (z. B. Kapazitätsgrenzen kleinerer Büros bei überraschenden Terminforderungen), vor allem aber wird die Zeitdauer für Besprechung, Modifikation und Genehmigung manchmal ebenso unterschätzt wie diejenige für die öffentliche Ausschreibung und Vergabe. Ohne Kontrolle gehen während diesen Bearbeitungsstufen Wochen und Monate verloren, die später nicht oder nur mit neuen Improvisationen und Kosten aufzuholen sind.

Die Auslastungen sind bei den Terminplänen im Auge zu behalten gewesen. Die Projektleitung hat es sich im Sinne der Gesamttermine und -kosten jedoch nicht leisten können, ein mit wenigen Leuten dotiertes Team oder gar eine Einzelperson während Wochen auf dem kritischen Weg arbeiten zu lassen. In der Regel sind in solchen Fällen Beschleunigungsmöglichkeiten vorhanden. Die Jahreszeiten, aber auch die Urlaubs- und Wochenendzeiten sind beim Projekt EKW wichtig gewesen, weil z. B. der Grundwasserstand saisonal schwankt, Beschichtungsarbeiten im Winter riskanter sind und Betriebsstörungen an Wochenenden schwieriger zu beheben sind als während der Woche. Grundsätzlich ist immer versucht worden, für die Unternehmungen günstige Verhältnisse für ihre Arbeiten auf der Baustelle zu schaffen. Allerdings hat man auch darauf geachtet, dass die Anlage stets möglichst wirtschaftlich und sicher zu betreiben gewesen ist.

Der *Feinheitsgrad* und die *Prioritäten* der Terminkontrolle sind dem Aufgabenkreis anzupassen. Einzelne Tage spielen für die Projektleitung selten eine Rolle, hingegen ist sie bei der Erreichung der Meilensteine möglichst unnachgiebig. Späte Kontrollen nützen wenig. Korrekturen sind anzubringen, wenn *Zwischentermine* nicht erreicht werden. Die repetitiven Arbeiten (z. B. Beckenbau, Verkleidung Hochkanal, Behälterbau) sind einfacher zu überwachen, weil der Zeitaufwand für die ersten Etappen einen klaren Hinweis auf den gesamten Zeitaufwand geben. Die Projektierungstermine können über die Koordinationssitzungen und die Planlieferungsprogramme überwacht werden. Die Pendelenzlisten bieten Gewähr, dass keine pendenten Geschäfte vergessen gehen.

Ausblick

Kostenüberwachung

Während der fast unvermeidlichen Hektik beim Abschluss eines Grossprojektes läuft die *Kostendisziplin* der Beteiligten Gefahr, bedenklich nachzulassen. Die beginnende betriebliche Opti-

mierung der Anlage kann außerdem zu *Anpassungs- und Verbesserungswünschen* führen, deren Finanzierung über den Projektkredit zwar die bequemste, aber nicht immer angemessene Lösung darstellt. Im letzten Augenblick kann so ein Projekt noch in *Kostenturbulenzen* geraten.

Dieser Gefahr wird insofern entgegengetreten, dass weitergehende Forderungen sehr sorgfältig geprüft werden. Das *Restrisiko* im Kostenbereich kann durch etappenweises Abschliessen der Bautätigkeit und sofort anschliessendes Abrechnen immer besser analysiert und abgegrenzt werden.

Terminiüberwachung

Die Ausgangslage und die Etappen der Inbetriebsetzung sowie die Zusammenarbeit von Projekt- und Betriebsorganisation in der Betriebsphase eines Anlageteils sind allgemein definiert worden. Je Teilinbetriebsetzung sind folgende Etappen gewählt worden:

- Funktionskontrollen
- Trockentest
- Nasstest
- Einfahren
- Probetrieb.

Nach etwa 2-4 Wochen Probetrieb ohne wesentliche Störungen beginnt

Literaturnachweis

- [1] Wiesmann, J. und Kiefer, H.-J. (1982): «Kläranlage Werdhölzli, Erweiterung 1980/85, Das Projekt», Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 13, S. 233-242, Zürich
- [2] Wiesmann, J., Knöpfel, H. und Kiefer, H.-J. (1983): «Kläranlage Werdhölzli, Erweiterung 1980/85, Projektorganisation», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 51/52, Zürich
- [3] Held, H. (1979): «AZAD, Programm für die Bauadministration», internes Handbuch
- [4] Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung (1983): «Baukostenplan», Zürich
- [5] Pozzi, A. (1980): «Schlussfolgerungen zum Thema Management in der Planung und Ausführung grosser Bauvorhaben», Proc. 11. IVBH-Kongress, S. 339-344, Wien
- [6] Knoepfel, H. (1979): «A Model for Industrial Building Project Schedules», Proc. 6th Internet World Congress, pp. 219-233, Garmisch-Partenkirchen

der Betrieb. Das Gewicht verschiebt sich von der Koordination Detailprojekt-Genehmigung-Ausführung auf die Koordination Fertigstellung-Prüfung-Inbetriebsetzung.

Adressen der Verfasser: H. Held, dipl. Arch. ETH/SIA, Direktor, Institut für Bauberatung AG, C.-F.-Meyer-Strasse 14, 8002 Zürich, und Dr. H. Knöpfel, Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

Flockungfiltration als vierte Reinigungsstufe

Von Henry Gros und Jakob Moser, Winterthur

Aufgabe und Konzept

Die Flockungfiltration bildet die *letzte Stufe* im ganzen Abwasserreinigungsprozess der Kläranlage Werdhölzli. Man spricht von der vierten Reinigungsstufe. Zur Anwendung gelangen offene Zweischicht-Raumfilter, die aus 2 Schichten körniger Medien bestehen (Bild 1).

Die Filter werden als *Flockungfiltration* betrieben. Durch Zugabe eines geeigneten Fällmittels (Eisensalze), das vor und im Filterprozess ausflockt, kann ein grosser Teil des noch vorhandenen, gelösten Phosphors in partikuläre (ungelöste) Form übergeführt und so in den Filtern ausgeschieden werden. Gleichzeitig erhöhen sich die Eliminationsleistungen der Filtration. Neben den Schwebestoffen, die weitgehend eli-

miniert werden, sind es auch Kolloidstoffe, gewisse organische Spurensubstanzen, Keime, Schwermetalle usw., die dabei in den Filtern bei kleinen Druckverlusten zurückgehalten werden.

Im Anschluss an die voll nitrifizierende biologische 3. Stufe mit Simultanfällung der Kläranlage Werdhölzli sind somit nach der Flockungfiltration folgende, geforderte Abflusswerte problemlos zu erreichen [1, 2, 3]:

Absetzbare Stoffe	< 0,1 ml/l
Schwebestoffe	< 5 g SS/m ³
Phosphor gesamt	< 1 g P _{tot} /m ³
Biologischer	< 5 g BSB ₅ /m ³
Sauerstoffbedarf	
Ammonium-Stickstoff	< 2 g NH ₄ -N/m ³
gelöster, organischer Kohlenstoff	< 10 g DOC/m ³

Anforderungen an die Verfahrenstechnik

Die Flockungfiltration über körnige Medien wurde bis heute vor allem in der Wasseraufbereitung eingesetzt. Die weitergehende Abwasserreinigung stellt aber der Filtration neue und hohe Anforderungen. Im Ablauf einer Kläranlage treten nämlich starke Schwankungen auf. Dieser Umstand und die Zugabe gewisser Hilfssubstanzen (wie z. B. Fällmittel, Flockungsmittel und evtl. sogar Adsorptionsmittel) verlangen eine genaue Optimierung der Parameter der Filter auf dieser Verfahrensweise. Andererseits sind im Wasser organische Substanzen und Mikroorganismen (Bakterien, Protozoen usw.) anwesend, die sich mit Vorliebe an die Körner des Filtermediums anlagern. Deshalb müssen die Rückspülungen mit besonders hoher Leistungsfähigkeit durchgeführt werden können.

Der Filtrationsbetrieb und die Rückspülung sind eigentlich die beiden gekoppelten Phasen der zu erzielenden Schwebestoffrückhaltung und Schwebestoffaufkonzentrierung. Die Optimierung des Filters muss auf beide gleichzeitig Rücksicht nehmen. Das Konzept