

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103 (1985)  
**Heft:** 33/34

**Artikel:** Abnahmen und Inbetriebsetzungen  
**Autor:** Knöpfel, Hans / Kiefer, Hansjörg / Schneider, Werner  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75866>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

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

# Abnahmen und Inbetriebsetzungen

Von Hans Knöpfel, Hansjörg Kiefer und Werner Schneider, Zürich

## Einleitung

### Ausgangslage

Als Inbetriebsetzung (IBS) wird die an die Ausführungsphase anschliessende letzte Phase des Bauablaufes für einen Anlageteil oder die ganze Anlage verstanden. In den neuen Leistungs- und Honorarordnungen des SIA (LHO) sind einige wesentliche Teile der entsprechenden Leistungen in der sogenannten Abschlussphase enthalten. Besonders in der LHO 108 ist noch ein Teil der Leistungen in der Ausführungsphase aufgeführt. Wichtige Leistungen für die IBS, wie die Betriebsvorbereitungen, Bauherrenleistungen und gewisse Projektleistungen, sind in den LHO nicht beschrieben. Daher ist die IBS hier aus der Sicht der Gesamtprojektleitung behandelt.

Zu Beginn der IBS müssen die Arbeiten der Unternehmer und Lieferanten fertiggestellt sein, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist. Vorhanden sind also ausgeführte Bauwerke oder ausgeführte Anlageteile und die Projektierungsgrundlagen, Berechnungen, Pläne, Beschreibungen und Verträge (einschliesslich Nachträge), nach denen die Ausführung erfolgte. Die Bauleitungen haben bereits während der Herstellung und Montage zahlreiche wichtige Kontrollen durchgeführt (später nicht mehr zugängliche Komponenten, Prüfungen im Werk, Materialprüfungen, Dichteproofungen, Schweissproben usw.).

### Zielsetzung

Die erweiterte Kläranlage Werdhölzli soll etappenweise technisch einwandfrei, kostengünstig, termingerecht und organisatorisch und betrieblich reibungslos an die Betriebsabteilung übergeben werden. Noch auftretende Mängel sollen effizient behoben werden.

Die Leistungsfähigkeit der Anlage, der Teilsysteme und Komponenten für einen weit in die Zukunft reichenden Betrieb ist zu prüfen, um das sichere Betreiben der laufenden und übergebenen Anlageteile jederzeit zu gewährleisten. Nicht benützte Anlageteile sind brachliegendes Kapital, das verzinst werden muss. Die verlangten Leistungen der Anlage müssen mit *minimalen Jahreskosten* erbracht werden.

### Wichtigste Aufgaben

In der IBS-Phase finden in der Regel folgende *Hauptaktivitäten* statt.

- Detaillierte Prüfung der erstellten bzw. gelieferten Werkteile und ihres Zusammenspiels, Abnahmen (im Sinne der Definition in der SIA-Norm 118), Nachbesserungen und Ergänzungen;
- Betriebsvorbereitungen (Betriebsorganisation, Vorbereitung Rechnungswesen, Personalrekrutierung und -schulung, Betriebsinvestitionen, Materialbeschaffung, Produktionsprogramm, Arbeitsvorbereitung, Konzept Inspektion/Wartung/Instandsetzung/Ersatz, Administration);
- Erstellen der Dokumentation für Betrieb und Bauherrn (Handbücher und Hilfsmittel für Bedienung, Unterhalt und Führung, definitive Pläne, Beschreibungen und Berechnungen, Anschauungsmaterial und Schulungshilfen, Grundlagen für allfällige Garantearbeiten, Verbesserungen und Ergänzungen) sowie Sicherstellen der Nachführung;
- Fertigstellung restlicher Arbeiten, Umzug bzw. Einzug (Betriebsaufnahme), Umstellung auf definitive Aussenbeziehungen (öffentliche Versorgung usw.), Akzeptieren durch Ämter (z. B. Betriebsbewilligung);
- Betriebskontrollen (verfahrenstechnische Überprüfung, betriebliche Optimierung, Überprüfung Feasibility) und Mängelbehebungen und Änderungen;
- Leitungs- und Koordinationsaufgaben auf verschiedenen Ebenen (Projektbegrenzung, Aufrechterhalten der technischen Kontrolle, Regelung von Ansprüchen, Kostenkontrolle und Schlussrechnungen, Anpassen/Ergänzen/Auflösen Projektorganisation, Durchziehen Terminplanung und -kontrolle, Erledigung administrativer Arbeiten).

Es geht also weder um blosses Entgegennehmen funktionierender Teile, noch um das raschestmögliche Abschliessen von Aufträgen, sondern um eine aktive *Teamarbeit* im Hinblick auf eine optimal arbeitende Anlage. Die Stadtentwässerung als Bauherr und Betreiber legte auf gesamthaft optimale Lösungen speziellen Wert. Auch sollen die Ideen und Erfahrungen, die während Projektierung, Ausführung und Inbetriebsetzung erarbeitet wurden, beim Übergang an den Bauherrn und Betrieb nicht verlorengehen.

### Besonderheiten

Die Anlage war aus verschiedenen Gründen *etappenweise* in Betrieb zu setzen. Einzelne Anlageteile mussten umgebaut werden. Die Reinigungsleistung der permanent laufenden Anlage muss aufrechterhalten werden. Die ersten IBS brachten Erfahrungen, die noch genutzt werden konnten und erlaubten, das Risiko von späten Überraschungen wesentlich herabzusetzen (Projektrealisierung über Teilziele, [2]).

Das Betriebspersonal und die anderen an der IBS Beteiligten wären ohne massive Personalaufstockung nicht in der Lage gewesen, die ganze Anlage in kurzer Zeit durchzuprüfen, zu fahren und instandhalten zu lernen.

Die zahlreichen Umstellungen auf dem Weg bis zur fertigen, erweiterten und umgebauten Anlage bedingen eine einwandfreie Mitarbeit des Betriebs in der Projektorganisation und eine lückenlose Berücksichtigung der Betriebsziele bei der Projektabwicklung. Das Abwasser und die anderen verarbeiteten Abfälle sind heterogen und ihre Verarbeitbarkeit und Förderbarkeit unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen ist nicht leicht vorauszusagen, was verfahrenstechnische Überprüfungen im Betriebszustand nötig macht. Andererseits können nachträgliche Störungen und Mängelbehebungen nach Aufnahme des Betriebs wegen der entsprechenden Umstellungen und Reinigungsarbeiten teuer zu stehen kommen. Das Risiko von Korrosions- und anderen Schäden ist infolge der aggressiven Medien hoch, was entsprechende Kontrollen erfordert.

## Projektorganisation für die IBS

### Voraussetzungen

Nach einzelnen kleineren IBS war im Sommer 1983 mit der neuen mechanischen Reinigungsstufe bis und mit den Voreindickern die *erste grosse IBS* in Angriff zu nehmen. Anschliessend war der Umbau der bestehenden Anlageteile in diesem Bereich zu vollziehen, die alte Faulanlage teilweise abzurechnen und die Nacheindicker zu erstellen. Im 2. Quartal 1983 zog die ganze Stadtentwässerung mit dem Kanalnetzbetrieb auf dem Werdhölzli ein.

Vom Nachbarprojekt «Regenbecken Werdsinsel» (RWB) war die Rohrleitungsbrücke über die Limmat als Trägerin des neuen Stromzuleitungskabelblocks bereits im Jahr 1984 zu erstellen. Der Projektteil «Umbau Schlammwässerung» wurde wegen der neuen Schlammverordnung aus dem Projekt EKW herausgenommen, die vorgesehenen Zentrifugen waren hingegen zum Vermeiden vom Nassschlammaustrag auf landwirtschaftliche Flächen im Winter rasch nötig. Das Zusammenlegen einiger Schaltwarten führte zu einem neuen Hauptschaltwartengebäude.

### Organisation

Die neuen Aufgaben führten zu Anpassungen der Projektorganisation [4], die aus dem Bild 1 ersichtlich sind. Diese

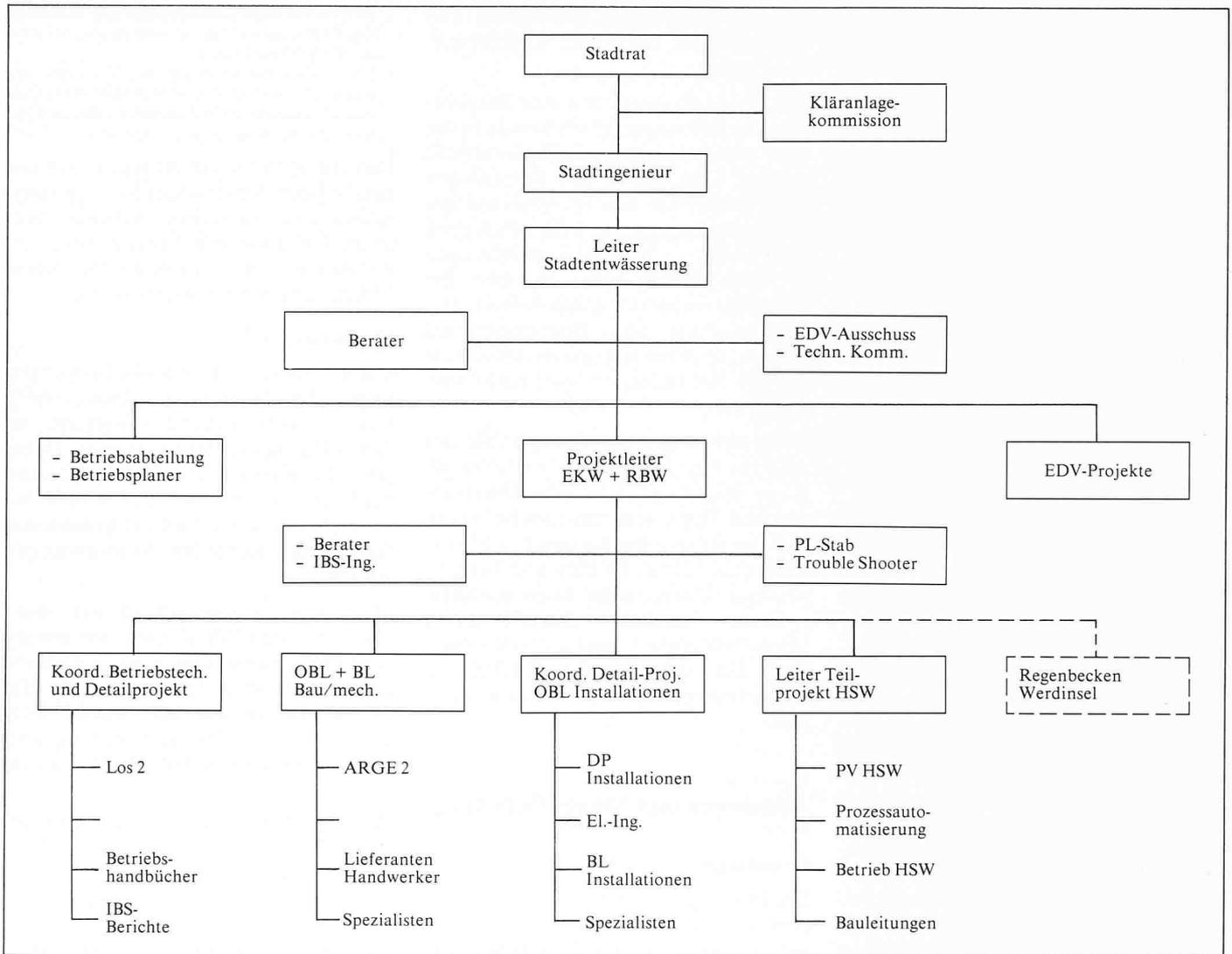


Bild 1. Organigramm Inbetriebsetzung

Anpassungen und Neuregelungen wurden an einer *Klausurtagung* und Folgesitzungen diskutiert und schriftlich festgehalten. Die leitenden Stellen führten von jenem Zeitpunkt an auch regelmässig gemeinsame Baustellenrundgänge durch, um die Fertigstellung und Inbetriebsetzung zu überwachen. Das Gewicht der Koordination auf der Ebene der Projektleitung verschob sich, was sich auch darin zeigt, dass alle 2-3 Wochen *IBS-Sitzungen* durchgeführt wurden, zuerst unter dem Vorsitz des Projektleiters EKW, dann unter dem Vorsitz des sogenannten Trouble Shooters.

Die Formulierung und Abwicklung der *EDV-Projekte* wurde auf Anstoss aus dem Erweiterungsprojekt im Rahmen der Stadtentwässerung diskutiert. Ein EDV-Gesamtkonzept wurde durch eine Beratungsfirma ausgearbeitet. Eine entsprechende Organisation für die Einführung der vorgeschlagenen EDV-Mittel ist seit anfangs Sommer 1985 in Kraft.

Die Projektleitung wurde durch zwei zusätzliche Stabsstellen verstärkt, um

die arbeitsintensive, elektromechanisch orientierte letzte Projektphase bewältigen zu können. Der *IBS-Ing.* koordiniert und überwacht die IBS im Auftrag der PL EKW. Er veranlasst die Vorbereitungsarbeiten für Nasstest, Einfahren und Probetrieb, leitet den Nasstest, stellt den Abschluss des Probebetriebes fest und leitet Sanierungen und Verbesserungen auf dem elektromechanischen Sektor.

Der *Trouble Shooter* beschleunigt die Arbeiten, besonders bei Störungen und Verzögerungen, fördert Effizienz und Qualität im Hinblick auf die Fertigstellung der Anlageteile, vergewissert sich über den Stand der Arbeiten vor Ort, erstellt die Terminlisten über die Prüfungen und Abnahmen (Abnahmekalender), unterstützt den IBS-Ingenieur und den PL bei Vertragsinterpretationen und Abnahmen und leitet die IBS-Sitzungen. Schliesslich wurde der PL auch ein *Jurist* zugeteilt, für Vertragsinterpretations- und Formulierungsfragen und als Vertreter der Bauherrschaft gegenüber Juristen von Lieferanten und anderen Vertragspartnern. Betriebstechnik, Betriebsplanung und Be-

triebsorganisation sind bei jeder Bauanlage wichtige Fachgebiete, die aber nicht immer fachmännisch behandelt werden. Im Hinblick auf die IBS wurde der Auftrag des *Koordinators Bau/mech.* umgestaltet und erweitert. Er erarbeitet die IBS-Berichte zu den Phasenplänen des Terminplaners, damit die Provisorien, Umstellungen und Bewässerung ein Leitbild für die Betriebsorganisation. Er übernimmt die Kontrolle der Anlagekomponenten-Nummern und erstellte ein Datenblatt für jede Komponente, erarbeitete die Betriebshandbücher mittels der Unterlagen, welche die Bauleitungen von den Lieferanten verlangen, sowie die Schemata aufgrund der R+I-Schemata der Projektverfasser, der geprüften Funktionsbeschriebe und der Prozessablaufpläne des Elektroingenieurs, alles mit EDV-Hilfsmitteln. Der *Betriebsplaner* hilft der Betriebsabteilung, die während der IBS ohnehin durch Prüfungen, Einarbeitung und Umstellungen stark beansprucht ist, bei der Betriebsvorbereitung sowie bei den Stellungnahmen des Betriebs zuhanden der Projektleitung.

Auf der Seite der *Bauleitungen* traten elektromechanische, materialtechnische und bauliche Spezialfragen in den Vordergrund, die den Beizug von *Spezialisten* erfordern. Die Projektleitung und der Bauherr erkannten dies und verlangten von den Oberbauleitungen entsprechende Verstärkungen. Der Bereich der Installationen und insbesondere der *Elektroingenieur* hat bei einer prozessgesteuerten Anlage eine besonders hohe Bedeutung.

Die Hauptschaltwarte (HSW), eine Teilanlage, die besonderen Charakter aufweist und nicht stark mit der verfahrenstechnischen Fertigstellung zusammenhängt, wurde einem *Teilprojektleiter* unterstellt. Dies war schon beim Betriebsgebäude und der Fahrzeugeinstellhalle aus anderen Gründen (Zuständigkeit Hochbauinspektorat) der Fall.

Schliesslich war wiederum die Regelung der *Prozeduren* wichtig. Ablauf und Formular z. B. für Störungsmeldungen und Arbeits- bzw. Zutrittslaubnisse wurden erarbeitet; vor allem aber wurde frühzeitig ein Konzept für die Organisation der Prüfungen und Abnahmen ausgearbeitet. Die Detailfunktionen vor, während und nach Einfahren und Probetrieb wurden in Funktionsmatrizen dargestellt, diskutiert und festgelegt. Der Ablauf der administrativen Arbeiten im Projektleitungsstab wurde grundsätzlich überlegt und festgelegt. Die Pendenzenlisten wurden zuerst wöchentlich, später vierzehntäglich durchgearbeitet und ergänzt.

### Beurteilungen

Als grundlegendes Modell für die Koordination von baulichen Anlagen ist die Idealisierung der im Betrieb stehenden Anlage als *System* geeignet [2]. Damit können sinnvolle IBS-Abschnitte und Prioritäten definiert werden. Weiter soll die Projektleitung die Mittel während der ganzen Projektdauer so einsetzen, dass die vorgesehenen *Betriebszwecke* optimal erfüllt werden können, was u.a. durch eine enge Zusammenarbeit mit der Betriebsabteilung sichergestellt wurde.

Der Beizug von *spezialisiertem Know-how* für die detaillierte Prüfung und Fertigstellung der Anlage, die Betriebsvorbereitungen und die Dokumentation hat sich gelohnt. Garantiarbeiten, Änderungen und Ergänzungen vor dem Betriebsbeginn sind weniger aufwendig als solche während des Betriebs und für alle Beteiligten vorteilhafter als spätere Reklamationen und Sanierungen. Spezifikationen und Ausführung der elektromechanischen Komponenten und Teilsysteme waren

teilweise den hohen chemischen und mechanischen Beanspruchungen nicht angepasst.

Ein Betriebskonzept und eine Betriebsplanung sollten eigentlich bereits in der Vor- bzw. Hauptprojektphase erstellt werden, was jedoch bei Kläranlagen nicht immer der Fall ist. Während der IBS-Phase kommen in jedem Fall noch bedeutende Betriebsvorbereitungen vor. Der Beizug eines externen Betriebsplaners hatte u.a. den Vorteil, dass Neuanstellung von Betriebspersonal auch in der arbeitsintensiven IBS-Phase auf das Notwendigste beschränkt werden konnte.

Trotz und wegen der Komplexität der Aufgabe hat sich «Wursteln» selten gelohnt. Sorgfältige technische Abklärungen und Tests, organisatorische Arbeiten und Kostenüberlegungen und eine nicht erlahmende Phasen- und Terminplanung führten in der Regel zur angestrebten Klarheit, Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und Zufriedenheit. Dass dies nicht selbstverständlich ist, zeigten einzelne Problembereiche deutlich.

## Abnahmen und Mängelbehebung

### Grundlagen

Die Prüfungen und Abnahmen richten sich in erster Linie nach den im Lauf der Vergabe und der Vertragsabwicklung entstandenen *Rechtsgrundlagen*, z. B. den allgemeinen Bedingungen der Stadt Zürich und Bedingungen für gewisse Arbeiten bzw. Lieferungen. Dazu kam das Konzept für die *Organisation* der Prüfungen und Abnahmen, das hauptsächlich auf der SIA-Norm 118 [1] basiert. Dieses Konzept regelt nur den formalen Teil der Prüfungen und Abnahmen, nicht das technische Vorgehen.

Folgende Arten von Prüfungen und Abnahmen wurden definiert:

- Als *Kontrollen* wurden alle Prüfungen von Baustoffen und Anlageteilen vor der eigentlichen Abnahmeprüfung bezeichnet. Dichtigkeitsproben, Druckproben, Belastungsproben, Funktionskontrollen, Werkprüfungen, Materialproben, Anstrichkontrollen, «provisorische Abnahmen» nach Montagebeendigung usw. gelten als Kontrollen;
- Die *Abnahme* bedeutet, dass das Werk oder der Werkteil an den Besteller abgeliefert wird und in seine Obhut übergeht. Wenn wesentliche Mängel festgestellt werden, findet keine Abnahme statt, und die Abnahmeprüfung ist zu wiederholen. Mit der Abnahme beginnen die Garantie- und Verjährungsfristen für den betreffenden Werkteil zu laufen. Bei elektromechanischen Komponenten wurde vereinbart, dass diese Fristen erst beginnen, wenn die Komponenten effektiv betrieben werden.
- Mit der *Übergabe* übernimmt die Betriebsabteilung in sich geschlossene Anlageteile von der Projektteilung zum Gebrauch. Die Übergabe

sollte in der Regel gleichzeitig mit der Abnahme stattfinden, andernfalls ist festzulegen, bei wem der Werkteil in Obhut ist.

- Die *Schlussprüfung* erfolgt auf Verlangen der einen oder anderen Partei vor Ablauf der Garantiefrist. Dabei wird der Zustand des Werkteils im Sinne der Beweissicherung festgestellt.

Das *Akzeptieren* der Anlage durch die zuständigen Ämter (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Arbeitsinspektorat, Gebäudeversicherung usw.) hat mit Abnahmen im Sinne der SIA-Norm 118 im allgemeinen nichts zu tun.

### Organisation

Die *Bauleitung* erbringt die Leistungen gemäss der SIA-Honorarordnung (1969), weil die entsprechenden Verträge im Jahr 1979 abgeschlossen wurden. Dabei sind die Kontrollen, Abnahmen und Schlussprüfungen mit der Projektleitung abzusprechen und die gemeinsam festgelegten formellen Anforderungen einzuhalten.

Die *Projektleitung* vertritt den Bauherrn bei den Abnahmen. Sie genehmigt die Schlussrechnungen, veranlasst die Schlusszahlungen, organisiert die Übergaben an die Betriebsabteilung, koordiniert die Mängelbehebung und kontrolliert den Ablauf der Garantiefristen.

Der detaillierte *Ablauf* der Kontrollen, Abnahmeprüfungen, Übergaben, Schlussrechnung, Schlussprüfung und des Akzeptierens der Gesamtanlage wurde mittels Funktionsmatrizen generell geregelt und durch *Standardformulare* und *Checklisten* für Abnahmen und Dokumentation unterstützt. Das Vorgehen für die Prüfungen und Abnahme von *Software* wurde durch spezifische Bestimmungen über Teilnehmer, Voraussetzungen, Aufgabenverteilung, Vorgehen, Zeitpunkt und Zeitaufwand ergänzt.

Im Bild 2 sind die verwendeten *Standardformulare* zusammengefasst.

Bild 2. Standardformulare

<i>Einladung</i>	zur Kontrolle, Abnahmeprüfung, Wiederholung der Abnahmeprüfung, Übergabe an die Betriebsabteilung, Schlussprüfung
<i>Protokoll</i>	der Kontrolle von Dichtigkeit, Druck, Funktion, Leistung, Montageende, anderen Kontrollen.
<i>Protokoll</i>	der Abnahmeprüfung, Wiederholung der Abnahmeprüfung, Schlussprüfung
<i>Schlussabrechnung bzw. Teilabrechnung</i>	eines Werkvertrags
<i>Anzeige</i>	über den Ablauf der Garantiefrist und Standardbrief für Rückgabe der Garantiescheine
<i>Protokoll</i>	der Übergabe an die Betriebsabteilung

## Beurteilungen

Es wäre von Vorteil gewesen, wenn das Konzept für die Organisation der Prüfungen und Abnahmen bereits bei der *Submission* vorhanden gewesen wäre, weil damit die Terminologie in den Verträgen auf dieses Konzept hätte ausgerichtet werden können.

Von allen Seiten (Bauherr, Projektleitung, Bauleitung, Projektverfasser, Unternehmer, Lieferant, Betrieb) besteht ein klares Interesse, die Anlage und ihre Teile vor der Abnahme und dem Betreiben *sorgfältig zu prüfen* und Mängel noch auszumerzen.

Die *Differenzierung der Mängel* in Werkmängel (Abweichung von der vertraglich vereinbarten Leistung), Projektierungsmängel (Unternehmer zu Nachtrag berechtigt) und Projektverbesserungen (nachträgliche Wünsche des Bauherrn) ist wichtig. Die obenstehenden formellen Regelungen ersetzen keinesfalls die *Fachkompetenz* der Bauleitungen, erleichtern aber die administrativen Arbeiten und die Übersicht.

## Abwicklung der IBS und Bauabrechnung

### IBS-Etappen

Für das gute oder schlechte Gelingen der IBS sind direkt oder indirekt bereits die Planung der Anlage und ihrer Komponenten, die Produktwahl und die Fertigung und Montage mitbestimmend. Für die eigentliche IBS wurden für das Projekt Erweiterung Kläranlage Werdhölzli nebst der Ausgangslage die folgenden *Etappen* definiert: Funktionskontrollen, Trockentest, Nasstest, Einfahren und Probebetrieb sowie der Betriebszustand.

Mit den *Funktionskontrollen* prüfen die Bauleitungen auf der Baustelle, ob die einzelnen Komponenten vorhanden sind und die Spezifikationen als Einzelaggregate erfüllen. Der IBS-Ingenieur übt eine beratende Tätigkeit aus und bringt bei sich zeigenden verfahrenstechnischen Problemen die entsprechenden Entscheide bei.

Der *Trockentest* dient zur Prüfung der technischen Aggregate und Systeme in ihrem Zusammenspiel. Der Elektroingenieur führt ihn durch, wobei die einzelnen Anlagekomponenten durch die entsprechende Bauleitung freigegeben werden und der IBS-Ingenieur mit davon tangierten Tätigkeiten koordiniert.

Der *Nasstest* wird normalerweise mit sauberem Wasser als Systemtest durchgeführt. Der IBS-Ingenieur leitet ihn, und die Bauleitungen führen ihn durch. Treten Werk- oder Projektierungsmängel auf, so wird je nach Schwere des Mangels entschieden, ob der Nasstest abgebrochen, unterbrochen oder fortgeführt wird. Es ist nicht in jedem Fall möglich, einen Nasstest durchzuführen (wenn der andere benötigte Teil mit Abwasser bzw. Schlamm betrieben werden muss), und er ist nicht immer ganz repräsentativ (z. B. Schlammförderung). Dann muss beim Einfahren besonders auf diesen Teil geachtet werden.

Das *Einfahren* mit Abwasser bzw. Schlamm zeigt das Verhalten der Anlage unter realen Bedingungen. Eingeschlossen sind neue Ver- und Entsorgungszustände. Die Betriebsabteilung fährt den Anlageteil ein, weil jetzt das sichere Betreiben rund um die Uhr während allen Tagen der Woche zu gewährleisten ist. Die Einfahrtappe ist von unterschiedlicher Dauer.

Der *Probebetrieb* soll während zwei bis vier Wochen ohne nennenswerte Störungen dauernd unter realen Bedingungen laufen. Während des Probebetriebs soll wieder auf die vorangehende Betriebsphase umgestellt werden können, oder der Betrieb der Anlage muss mittels vorher vorbereiteter anderer Massnahmen aufrechterhalten werden können. Alle bisherigen IBS haben gezeigt, dass trotz sorgfältig durchgeführter Trocken- und Nasstests während des Probebetriebs Werk- und Projektierungsmängel zutage getreten sind. Ein Abbruchentscheid hat meist auch Konsequenzen auf nachfolgende Umbaufreigaben und damit u. U. auf den Gesamtterminplan.

Mit dem Abschluss des Probebetriebs wird die nächste Bau- und Betriebsphase des Projekts freigegeben, und es kann nicht mehr auf den ursprünglichen Zustand umgestellt werden. Störungen, Instandsetzungen, das Zuschalten weiterer Anlageteile und Optimierungen können auch im *Betriebszustand* zu Unterbrüchen und allenfalls wiederum zu Arbeiten unter der Leitung von Bauleitungen und IBS-Ingenieur führen. Eine Anlage, die so konzipiert ist, dass sie leicht repariert werden kann, ist in der Regel auch einfach in Betrieb zu setzen und umgekehrt (z. B. mit mindestens zwei Verfahrensstrassen). Besondere Aufmerksamkeit erforderten die Umstellungen der aus Termingründen eingebauten provisorischen Steuerungen auf das definitive Prozessleitsystem.

Die *verfahrenstechnische Überprüfung* ist meist erst im Betriebszustand möglich. Es geht dabei um den Vergleich der Annahmen und Ergebnisse in den Berechnungen mit den effektiven Verhältnissen auf der Anlage. Diese Arbeit gehört noch in den Verantwortungsbereich der Projektleitung. Dagegen liegt die *betriebliche Optimierung* im Verantwortungsbereich der Betriebsabteilung.

### Terminüberwachung

Die *Phasenpläne* zeigen auf einem massstäblichen Plan (in der Regel Situation), welche Anlageteile während dieser Phase in Betrieb, in Ausführung bzw. in Prüfung sind. Die Phasen waren im voraus betreffend den im Bild 3 dargestellten Kriterien zu prüfen und mit einem *IBS-Bericht* detaillierter zu beschreiben. Vorbehaltene Entschlüsse für wichtige Störungen gehörten zur IBS-Planung.

Diese und die weiteren bereits in der Ausführungsphase verwendeten *Instrumente* (Balkennetze, Terminlisten) für die Koordination und Überwachung der Termine [5] werden weiterhin be-

### Verfahren

(Reinigungsleistung und Schlammverwertung gesichert?)

### Bauausführung bzw. Montage

(Arbeiten der Unternehmer möglich? Aufwand?)

### Installationen

(Provisorien nötig? Schäden wahrscheinlich?)

### Steuerung

(Hard- und Software sowie Messgeräte für den Betriebszustand vorhanden?)

### Betrieb

(Sicherheit? Aufwand?)

### Gesamtkosten und -termine

(kritisch? Reserven genügend?)

Bild 3: Kriterien zur Beurteilung der Phasenpläne

nützt. Als Anpassungen an die neue Projektphase sind vor allem Akzentverschiebungen vorgenommen worden. Fertigstellungs- und IBS-Programme, das Verfolgen der Arbeiten für das Prozessleitsystem, der Abnahmekalender, der Abrechnungskalender, der Ablauf der Garantiefrieten und die Pendenzenlisten haben an Bedeutung gewonnen, während die Planlieferungslisten und Bauausführungs- und Montageprogramme nur noch für Umbau- und wenige Neubauobjekte, die sich noch in der Ausführungsphase befinden, zu koordinieren und zu überwachen sind.

### Bauabrechnung

Das Konzept für die Erstellung der Bauabrechnung für die gesamte Anlage ist Anfang 1984 fertiggestellt worden. Die wichtigste Grundlage ist das Bauabrechnungsreglement der Stadt Zürich. Das Konzept stützt sich auf die für die Ausführungsphase vereinbarte detaillierte Kostenüberwachung, bei der die Kosten laufend pro Objekt, projektspezifischer BKP-Position und Unternehmer erfasst worden sind, sowie die vereinbarte Berechnung der Teuerungsentwicklung und das Schlussrechnungsformular für die Werkverträge im Abnahmekonzept. Das *Konzept* hat den Zweck, die formellen Unterlagen für die Bauabrechnung nochmals in handlicher Form zusammenzustellen, Lücken zu füllen (z. B. Formular Abrechnung Ingenieurverträge) und die bearbeitenden Stellen und die übergeordneten kontrollierenden Stellen über die gestellten Anforderungen zu informieren.

Die hauptsächlichen *Anforderungen* für Inhalt und Darstellung lassen sich aus den Informationsbedürfnissen ableiten.

- Kredite und Zahlungen pro Vertrag (detailliert) und Unternehmer (generell);
- Kosten pro Objekt, Los und für das Gesamtprojekt sowie für die Arbeitsgattungen des BKP und Vergleich mit dem KV und den gesprochenen Krediten;
- Anlage- und Kostenträgerrechnung des Eigentümers bzw. Betreibers.

### KALTSCHLAMPUMPEN

47-48-49 .00 .00 PASTEURISIERUNGSSTRASSEN

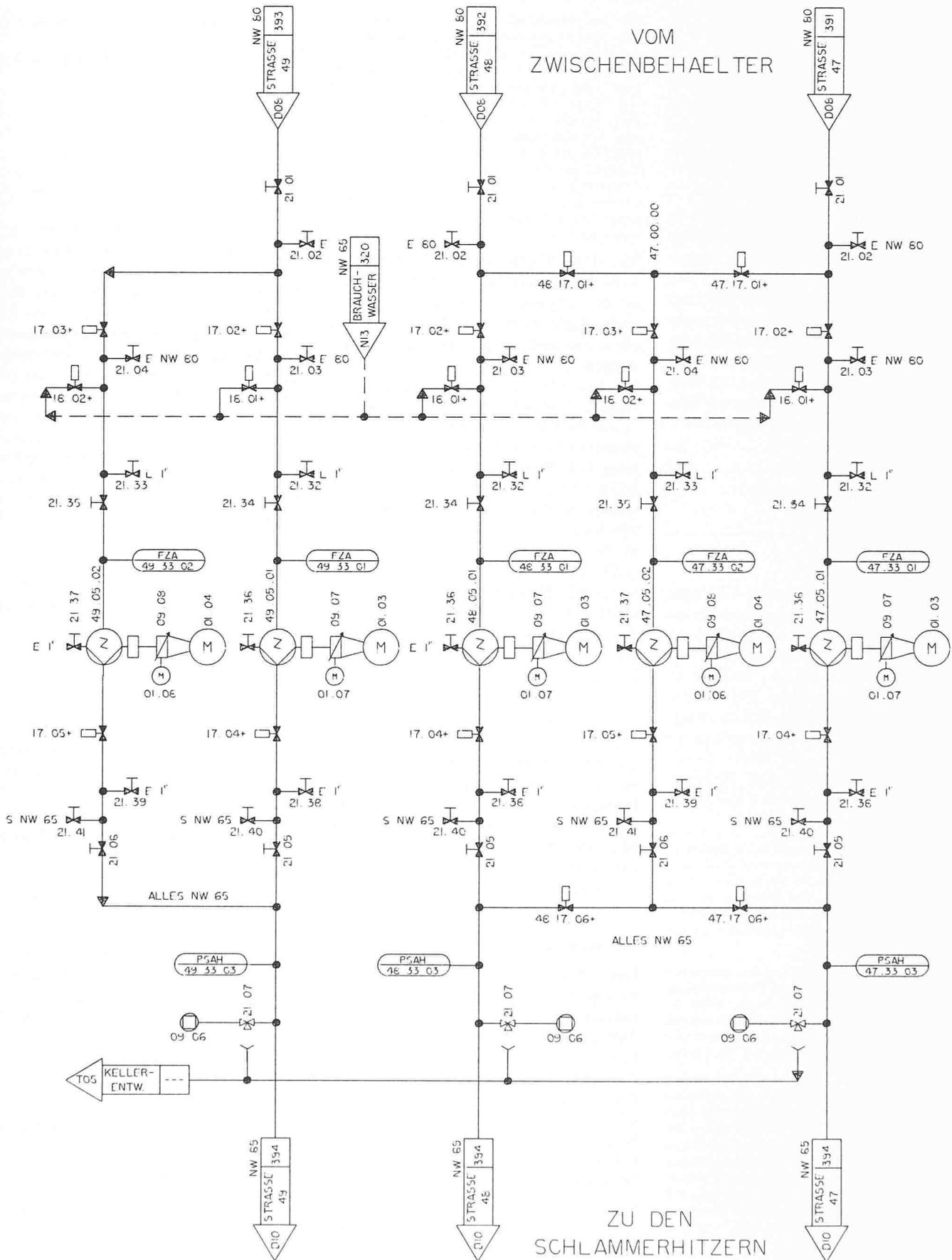


Bild 4. CAD-gezeichnetes Schema. Kaltschlammumpen, Pasteurisierungsstrassen

Wie die ganze IBS erfolgt auch die Bauabrechnung in Etappen. Mit der Organisation der Bauabrechnung ist die Aufgabenverteilung festgelegt worden. Die bereits in der Ausführungsphase verwendeten *Instrumente* für die Kostenüberwachung [5] werden weiterhin benutzt. Das schrittweise Einengen von Kosten- und Termenspielraum bezieht sich nun auch auf den Zeitpunkt für die Fertigstellung der Bauabrechnung. Die Prioritäten haben sich jedoch verschoben auf die Behandlung von Nachträgen, das Verfolgen der noch offenen KV-Positionen und der restlichen Kostenrisiken.

Das *Zahlenmaterial*, das während der Ausführung mittels EDV zusammengetragen und periodisch zusammengestellt und präsentiert wurde, ist eine vorzügliche Grundlage für die Bauabrechnung. Die *Übersicht* wird sehr erleichtert durch die Objektgliederung, den speziellen BKP und die Unternehmerkonten. Sehr günstig wirken sich auch der sorgfältige Vergleich mit dem KV anlässlich der Vergabe und die konsequente *Nachführung* der Verträge (vor Beginn der entsprechenden Arbeiten) mittels Nachtragspreisen und Nachtragsofferten aus.

## Dokumentation und Instruktion

### Grundlagen

Die Erstellung der Dokumentation für den Bauherrn ist eine übliche Aufgabe der Ingenieure und Architekten. Die Vorstellungen, was die *Bauherren- und Betriebsdokumentation* alles umfassen soll und wie die Dokumente aussehen sollen, sind aber nicht einheitlich und auch dem Projekt und den ständigen Organisationen anzupassen. Die Projektleitung EKW hat deshalb, ausgehend von den verschiedenen Zielvorstellungen und bestehenden Richtlinien und Lösungen, eigene Weisungen für die wichtigsten Dokumentationen ausgearbeitet.

### Bauherren- und Betriebsdokumentation

Die Dokumentation für den *Bauherrn* wurde unterteilt in

- Planungsphase von Projektidee bis zum Abschluss des allgemeinen Bauprojekts;
- Realisierungsphase mit Detailprojektierung und Ausführung (bautechnische Dokumente und Pläne des ausgeführten Bauwerks, Ingenieurverträge, Werkverträge, Vergaben und Weisungen, Prüf- und Abnahmeprotokolle, Kosten, Termine, Publikationen, Korrespondenz, Photographien usw.);
- Betriebsphase nach Übergabe der Anlageteile an die Betriebsabteilung (Betriebshandbücher, Prozessablaufpläne, Dimensionierungsgrundlagen usw.).

Diese Dokumentationen werden im Archiv der Projektierungsabteilung abgelegt. Besonders geregelt wurden die Erstellung und Einordnung der Pläne des ausgeführten Bauwerks und der Gesamtkoordinationspläne (Installationskoordinationspläne mit eingezeichneten elektromechanischen Ausrüstungen).

Die umfangreichen Betriebshandbücher, die von der Betriebstechnik-Stelle aus Unterlagen der Bauleitungen und der projektierenden Ingenieure erarbeitet wurden, sind in einer andern Publikation dieser Serie [6] beschrieben. Weitere wichtige Informationsmittel, die für den *Betrieb* erstellt wurden, sind die Schemata für die ganze Anlage, die Prozessablaufpläne, die Anlagekomponentenkartei (Datenblätter), die Farbbilder, die Protokolle und die Prozessleitsystem. Neue EDV-Hilfsmittel wurden dabei möglichst verwendet (Bild 4).

### Instruktion

Eine Instruktion des Betriebspersonals durch die Projektierenden, Bauleitungen oder Lieferanten kann bei neuartigen Anlageteilen notwendig sein und ist teilweise auch im *Werkvertrag* enthalten. Zusätzliches Ausbildungsmaterial wird separat von den Handbüchern und fallweise abgegeben.

Die *Einarbeitung* der Betriebsfachleute beginnt bereits mit der Vertretung der betrieblichen Belange bei der Projektierung und der Diskussion der Prozessablaufpläne. Sie wird fortgesetzt bei den Prüfungen und Abnahmen und der

Schulung und dem Einfahren sowie bei der verfahrenstechnischen Überprüfung und der betrieblichen Optimierung.

### Beurteilungen

Die *Betriebsplanung* ist ein geeigneter Hintergrund, um den Zweck und Einsatz von Dokumentation und Instruktion beurteilen zu können. Das Verhältnis von Aufwand und Nutzen der Dokumentation ist sorgfältig abzuklären, da deren Erarbeitung und Nachführung recht kostspielig, aber auch sehr nützlich sein kann.

Für das Betriebspersonal sollte ein ausführliches *Ausbildungs- und Einarbeitungsprogramm* bestehen, damit es Gelegenheit hat und verpflichtet wird, das Know-how von den Projektbeteiligten zu übernehmen.

Die neuen *EDV-Möglichkeiten* (Textverarbeitung, Kontrolle der AK-Nummern, Zeichnen der Schemata mit CAD) erlauben eine billigere Erstellung und Nachführung der Dokumentation.

Adresse der Verfasser: Dr. H. Knöpfel, Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich, H.J. Kiefer, Projektleiter Erweiterung Kläranlage Werdhölzli, Bändlistr. 110, 8064 Zürich, und W. Schneider, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Postfach, 8022 Zürich.

### Literatur

- [1] Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein (1977): SIA-Norm 118
- [2] Knöpfel, H. (1983): «Modelle für die Leitung von Bauprojekten», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 7, S. 167-172
- [3] Schärer, F. (1984): «Instandhaltung Technischer Anlagen», Schweizer Ingenieur und Architekt, Hefte 23+24, S. 467-472 und S. 486-492
- [4] Wiesmann, J., Knöpfel, H. und Kiefer, H. (1983): «Erweiterung Kläranlage Werdhölzli - Projektorganisation», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 51/52, S. 1212-1218
- [5] Held, H., und Knöpfel, H. (1983): «Erweiterung Kläranlage Werdhölzli - Kosten- und Terminüberwachung», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 51/52, S. 1219-1225
- [6] Wiesmann, J., und Steiner, H. (1985): «Erweiterung Kläranlage Werdhölzli - Der Betrieb», Schweizer Ingenieur und Architekt