

# Das Projekt

Autor(en): **Wiesmann, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 13

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74780>

## **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.

hochwasser auszulegen. Vielmehr sollte die Möglichkeit eines *Flutens der Baugrube* in einem solchen Extremfall studiert werden; dies um so mehr, als solche Höchsthochwasser äusserst selten und nur sehr kurzfristig auftreten.

Zur Trockenhaltung der tiefen, umspundeten Baugruben wurden *Filterbrunnen* empfohlen. Die Wasserhaltung war einerseits auf die Sickerwassermengen, andererseits aber auch auf die, bei einer spannungsmässig nur schwach beanspruchten Spundwand, *nennenswerten Schlossverluste* zu dimensionieren.

Als Alternative zu tiefen, in den Sand eingebundenen Spundwänden standen auch *kurze Spundwände kombiniert mit einer rütteldruckverdichteten Sohle* zur Diskussion. Diese Lösung kam vor allem dort in Frage, wo die flächenmässige Ausdehnung des Bauwerkes *klein*, die Schottermächtigkeit aber gross ist und somit das Grundwasserdurchflussprofil nur unwesentlich beeinträchtigt wird. Als Erfahrungswerte standen für die Rütteldruckverdichtung folgende Erfahrungswerte zur Verfügung:

- k*-Wert-Reduktion: 1-2 Zehnerpotenzen
- Zugabematerial pro m' Rüttelstrecke: etwa 0,5-0,6 m<sup>3</sup> sandiger Kies
- Einflussfläche pro Rüttelpunkt: 3-4 m<sup>2</sup>

### Setzungsprognose

Auf Grund der Sondierresultate wurde das in Bild 3 aufgezeichnete *Baugrundmodell* erarbeitet. Dieses Baugrundmodell bildete die Grundlage für Wasseranfall-, Tragfähigkeits-, Baugrubenabschluss- und Setzungsberechnungen. Nachfolgend soll kurz am *Beispiel der Lose 3 und 4* eine Setzungsprognose aufgezeigt werden.

Die Belastung der vollen Becken wurde mit 7 t/m<sup>2</sup> in Rechnung gesetzt.

Die einzelnen Schichtmächtigkeiten sind von Punkt zu Punkt verschieden und wurden im Modell als variabel angeschrieben, in den Setzungsberechnungen jedoch für die jeweiligen Punkte gemäss den Sondierresultaten berücksichtigt. Dort, wo die Mächtigkeit einzelner Schichten auf Grund der Bohraufschlüsse nicht bekannt war, wurden diese zwischen zwei benachbarten Bohrungen linear interpoliert.

Die maximalen Setzungen betragen gemäss Prognose etwa 8-10 cm, die maximalen Setzungsdifferenzen innerhalb eines Beckens etwa 3-4 cm. Die grossflächigen Lasten haben sehr tief reichende Spannungstrajektorien zur Folge. Der Hauptanteil der Setzungen, nämlich 60-80%, stammt denn auch

aus den tiefen, sehr mächtigen Seebodenlehmen.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Geologische Untersuchungen für den Ausbau der Kläranlage Werdhölzli, Lose 2, 5 und 6 (Büro Dr. H. Jäckli, Zürich). 31.3.1977
- [2] Geologische Untersuchungen für den Ausbau der Kläranlage Werdhölzli, Lose 3 und 4 (Büro Dr. H. Jäckli, Zürich). 31.3.1977
- [3] Auswertung der Ramm- und Zugversuche mit Spundwänden (Büro Dr. H. Jäckli, Zürich). 1.9.1979
- [4] Geologische Untersuchungen für den Ausbau der Kläranlage Werdhölzli, Los 6 (Büro Dr. H. Jäckli, Zürich). 23.9.1981
- [5] Abklärung der Grundwasserhältnisse im Gebiet Hardhof - Grünau - Werdhölzli, Zürich (Büro Dr. H. Jäckli, Zürich. Im Auftrag der Wasserversorgung Zürich). 1971
- [6] Hydrogeologie des Grundwassergebietes Hardhof - Grünau - Werdhölzli, Zürich. Protokolle über sämtliche Sondierbohrungen 1932-1972. Interner Bericht der Wasserversorgung Zürich, 1972
- [7] *Kempf, Th.*: «Langfristige Grundwasserschwankungen im Gebiet der Stadt Zürich». Gas-Wasser-Abwasser, Heft 5, Seite 250, 1979

Adresse des Verfassers: E. Walter, dipl. Bauing. ETH/SIA, Geologisches Büro Dr. Heinrich Jäckli AG, Limmattalstrasse 289, 8049 Zürich.

## Das Projekt

Von Jürg Wiesmann und Hansjörg Kiefer, Zürich

### Zeitlicher Ablauf

Der eigentliche Startschuss zum Ausbau der Kläranlage Werdhölzli erfolgte 1972. Damals - nur drei Jahre nach dem Abschluss der zweiten Erweiterung - waren für den erneuten Ausbau zuerst der Zu- bzw. Abfluss abzuschätzen und festzulegen. Ausgangspunkt für die Festsetzung der Einleitungsbedingungen war die zukünftig zu erreichende Wasserqualität der Limmat unterhalb der Kläranlage [1].

Tabelle 1. Bedingungen an den Anlageabfluss

Ungelöste Stoffe	SS	5 mg/l
Organische Substanz	DOC	10 mg/l
	BSB <sub>5</sub>	10 mg/l
Stickstoff	NH <sub>4</sub> -N	2 mg/l
	P <sub>tot</sub>	1 mg/l

Um die festgelegten Bedingungen an den Anlageabfluss zu erfüllen (Tab. 1), sind Verfahren der *weitergehenden Abwasserreinigung* nicht zu umgehen. Da Kenntnisse und Erfahrungen solcher Verfahrensschritte in der Schweiz nur spärlich vorhanden waren, entschloss man sich, einen internationalen Ideenwettbewerb auszuschreiben [2]. Der in den Jahren 1973/74 durchgeführte Wettbewerb, an dem sich sechs ausgewählte Ingenieurgemeinschaften beteiligten, brachte unter anderem die Erkenntnis, dass keine der erarbeiteten Verfahrenskombinationen sofort weiterbehandelt werden konnte, da zuerst folgende weitere Projektierungsgrundlagen bereitgestellt werden mussten:

- Genauere Bestimmung des für die Anlagedimensionierung massgebenden zukünftigen Zuflusses [3].

- Weitere Vorstudien und Varianten zur optimalen Ausnützung des Areals und Integrierung der bestehenden Anlage [4].
- Überprüfung der Verfahrensstufen Nitrifikation und Filtration in der Versuchsanlage Tüffenwies [5].

Die Verwirklichung des Projektes erfuhr aus diesen Gründen eine Verzögerung, die es notwendig machte, bis zur Inbetriebnahme der erweiterten Anlage *mit einer Vorfällung* die Limmat wenigstens teilweise von den massiven Schmutzstoffeinführungen zu entlasten [6].

1976 waren die notwendigen weiteren Abklärungen so weit fortgeschritten, dass mit dem generellen Projekt begonnen werden konnte. Im Sommer 1977 genehmigte der Stadtrat das *allgemeine Bauprojekt* mit einem detaillierten Kostenvoranschlag [7, 8]. Die anschliessende parlamentarische Behandlung des Projektes wurde mit der Volksabstimmung vom 28. Mai 1978 abgeschlossen.

Bevor mit der eigentlichen *Detailprojektion* im August 1979 angefangen

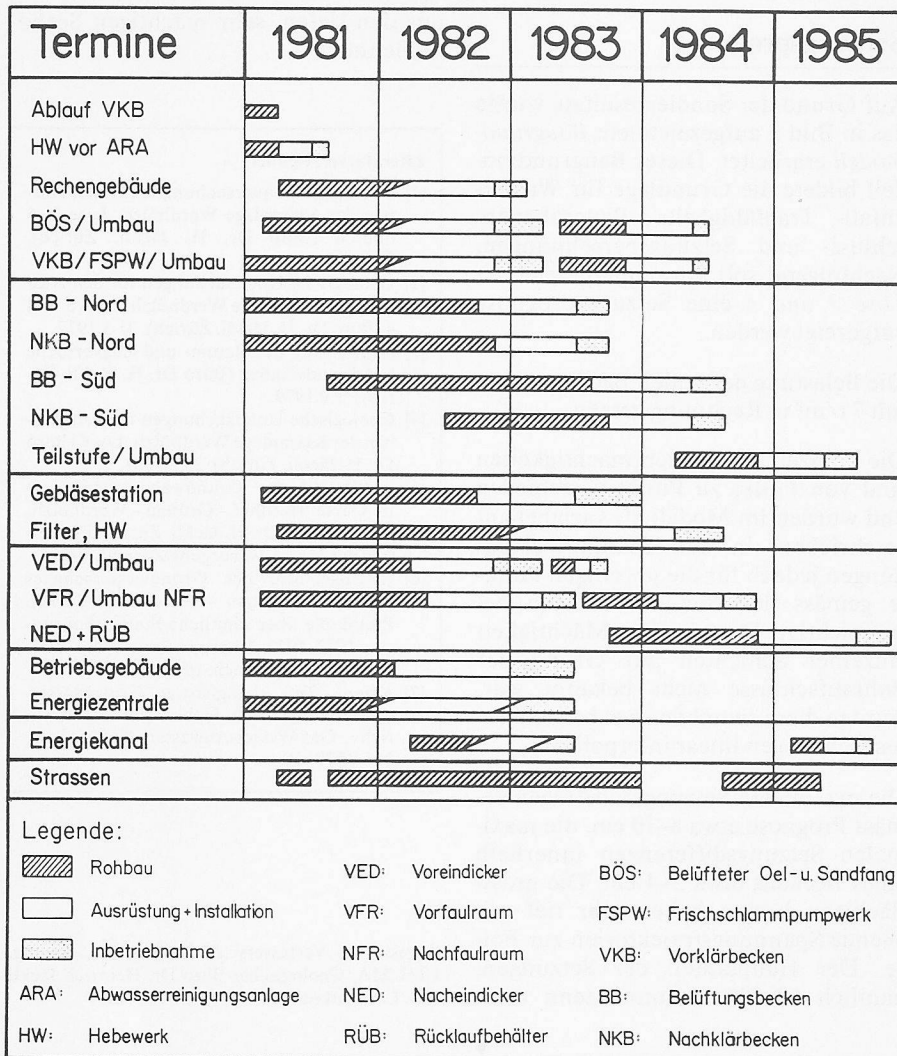


Bild 1. Bauprogramm

werden konnte, ordnete der zuständige Stadtrat nochmals eine gründliche Überprüfung des gesamten Projektes an [9]. Die fast ein Jahr dauernden Bauvorbereitungsarbeiten waren am 18. August 1980 so weit abgeschlossen, dass die eigentlichen Bauarbeiten in Angriff genommen werden konnten.

Eine eng ineinandergreifende Detailprojektierung und Bauausführung gestatten es, ab 1983 einzelne Anlageteile stufenweise dem Betrieb zu übergeben. Die Inbetriebnahme der gesamten Anlage ist für 1985 vorgesehen (Bild 1).

### Das Verfahren

Die Reinigung des Abwassers geschieht in folgenden Verfahrensstufen (Bild 2):

**Mechanische Reinigungsstufe:** Hier werden ungelöste Schmutzstoffe, wie Textilien, Papier, Sand, Fette und alle absetzbaren Stoffe aus dem Abwasser entfernt. Die Stufe setzt sich zusammen aus Grobsandfang, Rechen, belüfteter Öl- und Feinsandfang sowie Vorklärbecken. Die bestehende Anlage wird erweitert.

**Biologische Reinigungsstufe:** Die gelösten organischen Schmutzstoffe werden durch Mikroorganismen zu einem grossen Teil abgebaut (Belebtschlammverfahren). Die Organismen wandeln aber auch Ammonium-Stickstoff in den harmloseren Nitrat-Stickstoff um (Nitrifikation). Dieser kann zum Teil wenigstens vorläufig sogar in gasförmigen Stickstoff überführt werden (Denitrifikation).

Die bestehenden Belüftungs- und Nachklärbecken werden als Ausgleich- und biologische Vorbehandlungsstufe benutzt. Die neuerstellte biologische Hauptstufe mit ihren riesigen Belüftungs- und Nachklärbecken ist das eigentliche Kernstück der ganzen Kläranlageerweiterung.

**Chemische Reinigungsstufe:** Durch Zugabe von Eisensalzen können die Phosphate aus dem Abwasser entfernt werden. Diese Elimination geschieht gleichzeitig mit der biologischen Reinigung im biologischen Anlageteil (Simultanfällung). Diese Verfahrensstufe wird neu eingeführt.

**Filtrationsstufe:** Bevor das gereinigte Abwasser der Limmat überführt wird,

werden die noch immer unzulässig vielen Schwebestoffe zurückgehalten. Es wird zusätzlich die Möglichkeit geschaffen, auch in dieser Stufe - wenn notwendig - mittels Zugabe von Chemikalien eine weitere Reduktion des Phosphorgehaltes zu erreichen (Flockungsfiltration).

Die Stufe besteht aus zweischichtigen Filtern und wird ebenfalls neu eingeführt.

**Schlammbehandlung:** Der aus der Abwasserreinigung anfallende Schlamm wird in seinem Volumen reduziert und in eine Form gebracht, die es gestattet, ihn als Flüssigdünger gefahrlos in die Landwirtschaft abzugeben. Bei Absatzschwierigkeiten für Flüssigdünger kann der ausgefaulte Schlamm entwässert und deponiefähig gemacht werden. Die Schlammbehandlung setzt sich zusammen aus Voreindickern, Frischschlammpasteurisierung (Hygienisierung), Vor- und Nachfaulräumen, Nacheindickern sowie Schlammentwässerung.

Die Kapazität der bestehenden Anlage wird entsprechend der in Zukunft zu erwartenden Schlammengen verdoppelt.

### Die Verfahrensstufen und ihre abwassertechnischen Grundlagen

#### Zulaufkanäle und Regenwasserbehandlung

Das Einzugsgebiet der Kläranlage Werdhölzli beträgt rund 65 km<sup>2</sup> und umfasst das Stadtgebiet am unteren Ende des Zürichsees mit den beiden Seegemeinden Zollikon und Kilchberg sowie den stadtzürcherischen Teil des Limmattales (Bild 3). Gesamthaft gesehen hat die Kläranlage Werdhölzli das Abwasser von 650 000 Einwohnern und Einwohnergleichwerten, bezogen auf den BSB<sub>5</sub>, zu reinigen. Davon entfällt rund die Hälfte auf Schmutzstoffe von Industrie, Gewerbe und Dienstleistungsbetrieben. Dabei wurde mit einem BSB<sub>5</sub> von 75 g je Einwohner und Tag gerechnet.

Auf Grund einer Trendprognose [3] wird der zukünftige massgebende Trockenwetteranfall ( $Q_{18}$ ) mit 4,5 m<sup>3</sup>/s angenommen. Bei Regen muss die doppelte Menge, 9 m<sup>3</sup>/s, in allen Verfahrensstufen verarbeitet werden können.

Übersteigt der Zufluss diese Zahl, so wird die restliche Menge in der neuerstellten Hochwasserentlastung, die sich etwa 500 m oberhalb des Kläranlageeinlaufs befindet, vorerst in die Limmat entlastet.

Wenn das Regenspeicherbecken Werdinsel, vis-à-vis der Kläranlage, und die



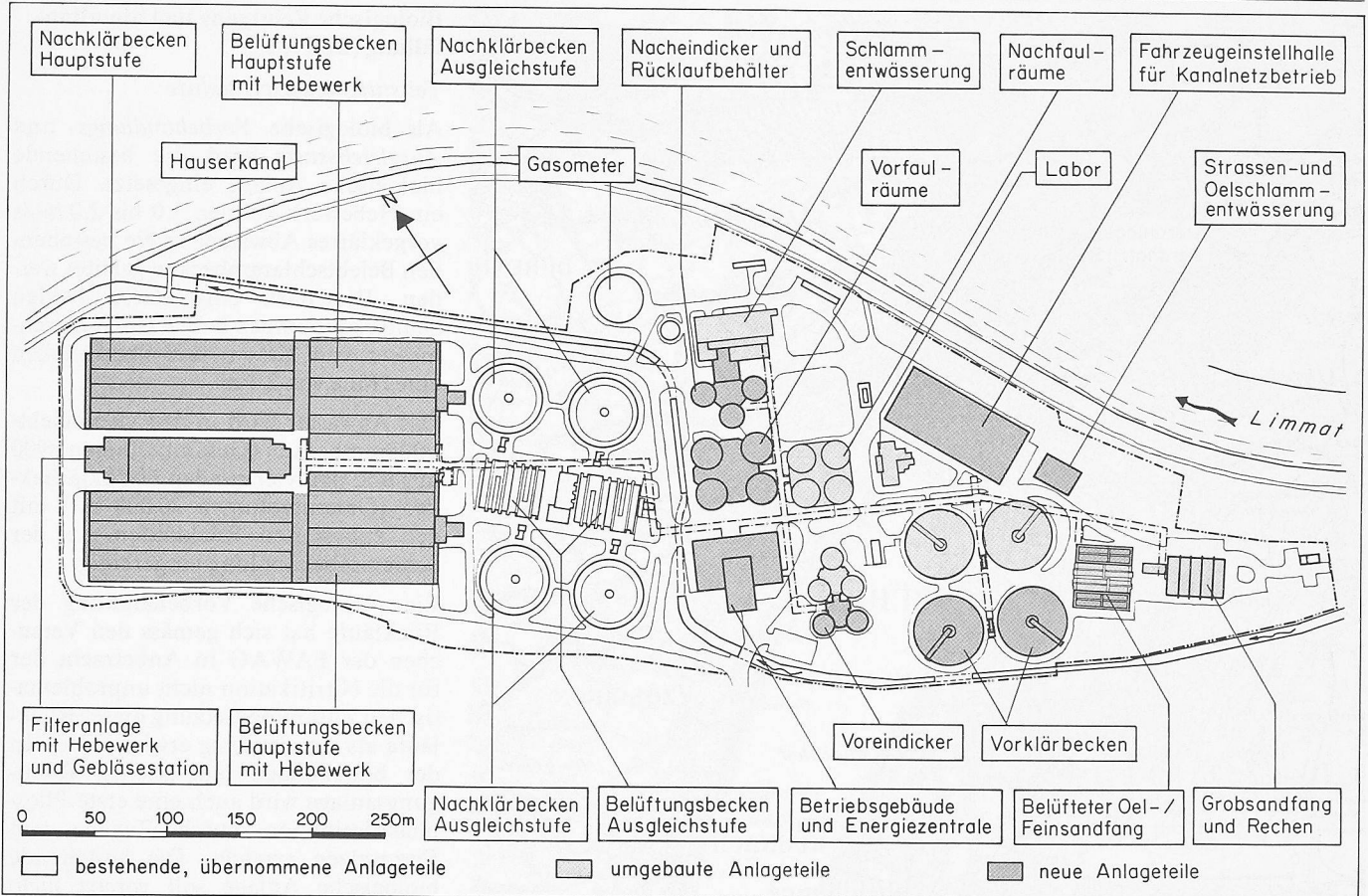


Bild 2a. Situation

dazugehörigen Kanäle wie geplant 1985 gebaut sind, kann ein Stapelvolumen von insgesamt 40 000 m<sup>3</sup> angeboten werden. Dies gestattet, dass bis auf wenige Stunden im Jahr sämtliches Entlastungswasser der Kläranlage zugeführt und dort gereinigt werden kann.

Die Regulierung des Kläranlage-Zulaufes geschieht über eine 150 m lange Drosselstrecke. Der daran anschliessende Schütz ist ausschliesslich für die Feinabstimmung bestimmt und soll auf Grund der Betriebserfahrungen fest eingestellt werden.

Im alten Zulaufkanal, der im Zusammenhang mit der ersten Kläranlage 1924/26 gebaut wurde, fliesst lediglich noch das Abwasser aus jenem benachbarten Gebiet, das nicht natürlich zur Anlage entwässern kann.

Das untere Teilstück bis zum Einlauf in die aus Emissionsgründen und wegen ihres Alters ausser Betrieb gesetzte Anlage 1930/32 wird aufgehoben. An seine Stelle tritt, entlang dem Hauptzulaufkanal, ein neuer Kanal, welcher das Abwasser dem Hebewerk vor dem eigentlichen Anlageeinlauf zuführt. Das Hebewerk ist mit drei Schneckenpumpen ausgerüstet. Die kleinste, für das Trockenwetter vorgesehen, hat eine Leistung von 50 l/s, die beiden übrigen eine solche von je 150 l/s.

Das Abwasser aus dem Stadtquartier Höngg, bis anhin über den alten Zulaufkanal zur Kläranlage fliessend, gelangt über eine neue Schmutzwasserleitung in den Hauptzulaufkanal und schliesslich so zur Kläranlage.

**Mechanische Klärung (Bild 4)**

Das Abwasser passiert zuerst den heute schon bestehenden *Grobsandfang*, in dem sich die mitgeführten schwersten anorganischen Stoffe absetzen können.

Anschliessend durchfliesst es drei neue *Stabrechen*, wo das Abwasser von Textilien, Papier und ähnlichen Grobstoffen befreit wird. Die Rechen haben einen Stababstand von 25 mm. Die Räumung der Rechen erfolgt automatisch auf Grund der Differenzhöhen vor und nach den Rechen.

Das Abwasser fliesst nun zum *belüfteten Ölsandfang*. Die bereits bestehenden zwei Becken mit je 550 m<sup>3</sup> Inhalt werden durch zwei neue mit je 700 m<sup>3</sup>

Bild 2b. Modellaufnahme

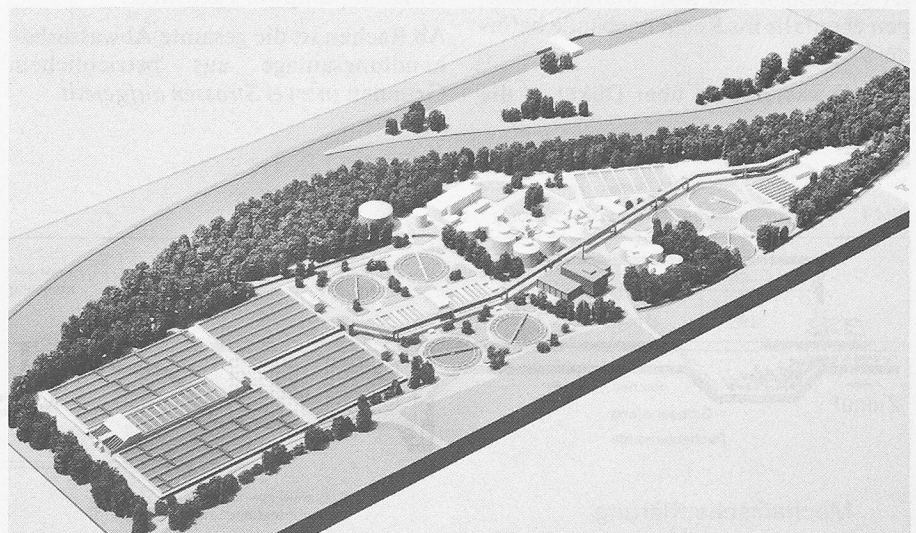






Bild 3. Einzugsgebiet. Reproduziert mit Bewilligung des Bundes für Landestopografie vom 8.3.1982

Inhalt ergänzt, so dass bei  $Q_{18}$  eine Durchflusszeit von 10 Minuten und eine Oberflächenbelastung von 25 m<sup>3</sup>/h erreicht werden kann. Das Öl und Fett, das durch das Einblasen von Luft in den mittleren Beckenabschnitt rasch an die Oberfläche steigt und in den seitlichen Beruhigungszonen eine Schwimmschicht bildet, wird durch einen in der Höhe verstellbaren Trichter abgezogen und über den Leitungskanal zur Entwässerung ins Rechengebäude gepumpt. Der sich am Boden ablagernde feine Sand wird mit periodisch arbeitenden Räumern in die Sandtrichter geschoben und über Mammutpumpen ebenfalls ins Rechengebäude befördert.

Das Abwasser wird über Düker in die

Mitte der vier runden Vorklärbecken geleitet und durchfließt die Becken radial. In den Becken (Gesamtvolumen 22 500 m<sup>3</sup>) setzen sich dank der bei  $Q_{18}$  erreichten Aufenthaltszeit von 1,4 h und der Oberflächenbelastung von 2,5 m<sup>3</sup>/h die im Abwasser enthaltenen übrigen absetzbaren Stoffe ab. Schlammräumer, die sich in den Becken, Durchmesser rund 50 m, ständig langsam drehen, schieben die Schmutzstoffe auf dem Beckenboden in einen zentralen Schlammtrichter. Der Schlamm wird durch die oberhalb liegende Wassersäule zum Frischschlammwerk gedrückt.

Ab Rechen ist die gesamte Abwasserbehandlungsanlage aus betrieblichen Gründen in zwei Strassen aufgeteilt.

**Biologische Reinigung und Simultanfällung (Bild 5, 6)**

*Teilstufe/Ausgleichsstufe*

Als biologische Vorbehandlungs- und Ausgleichsstufe wird die bestehende biologische Anlage eingesetzt. Durch ein Hebewerk können 1,0 bis 2,0 m<sup>3</sup>/s vorgeklärtes Abwasser in die bestehenden Belebtschlammbecken geleitet werden. Die dazu eingesetzten beiden Schneckenpumpen haben einen Durchmesser von 220 cm und überbrücken eine Höhe von 2,1 m.

Das Abwasser wird in den vier Belebtschlammbecken (Gesamtvolumen 8900 m<sup>3</sup>) und den vier runden Nachklärbecken (Gesamtvolumen 20 000 m<sup>3</sup>) mit den zudosierten Rückläufen aus der Schlammbehandlung vorgereinigt.

Eine biologische Vorbehandlung der Rückläufe hat sich gemäss den Versuchen der EAWAG in Anbetracht der für die Nitrifikation nicht unproblematischen Zusammensetzung dieser Rückläufe als zweckmässig erwiesen [10]. In der bestehenden biologischen Reinigungsanlage wird auch eine erste Phosphatelimination durch Zugabe von Eisensalzen erreicht. Die bestehende biologische Anlage soll *vorerst nicht umgebaut* werden. Der Betrieb der erweiterten Anlage wird zeigen müssen, wo noch Anpassungen zu machen sind.

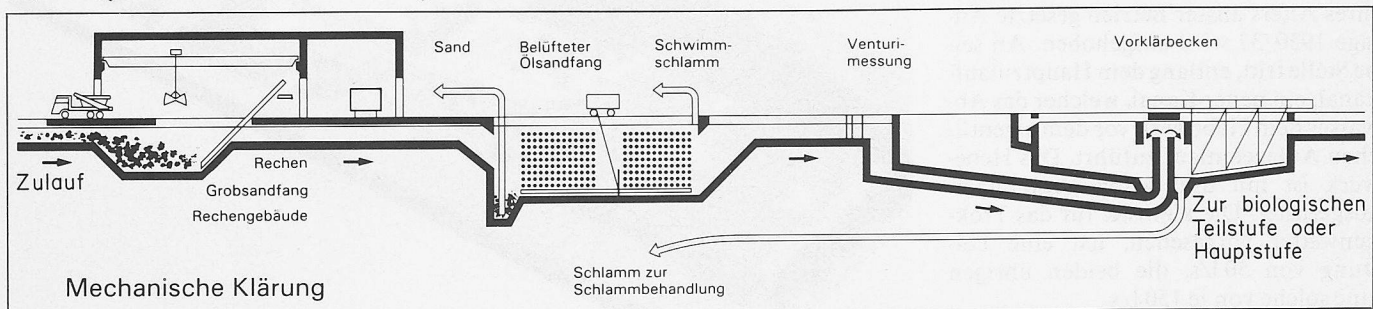
Das nicht durch die biologische Teilreinigung geleitete vorgeklärte Abwasser wird um die bestehende Anlage geleitet und vereinigt sich mit dem übrigen Teil in einem neuen Verbindungskanal, der gleichzeitig als Notauslauf dient.

Das Abwasser wird vom Verbindungskanal über 2 Hebewerke in die biologische Hauptstufe gefördert. Die beiden Hebewerke sind ausgestattet mit je drei Schneckenpumpen von 260 cm Durchmesser. Sie sind ausgelegt für eine Förderhöhe von 7,1 m und bringen eine Leistung von je 1,54 m<sup>3</sup>/s.

*Hauptstufe*

Die feinblasige Flächenbelüftung des Abwassers in der biologischen Hauptstufe spielt sich in zwei symmetrischen

Bild 4. Verfahrensschema. Mechanische Klärung



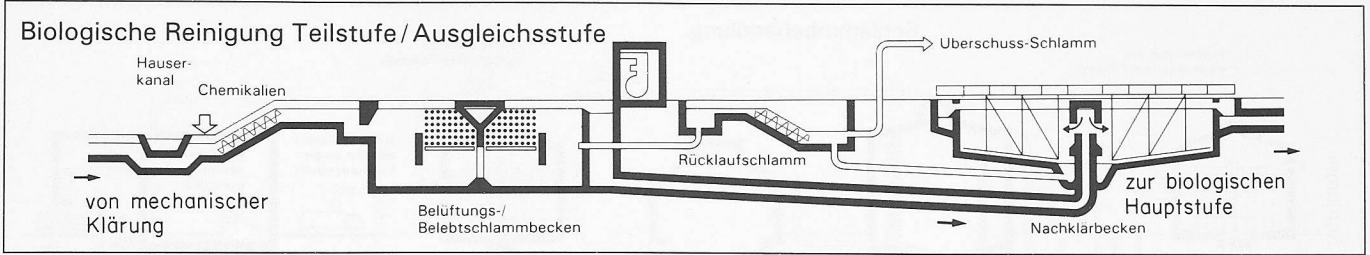


Bild 5. Verfahrensschema. Biologische Reinigung: Teilstufe/Ausgleichsstufe

Blöcken von je sechs Belebtschlammbecken ab. Ein Beckenblock ist 90 m lang, 80 m breit, rund 6 m tief und ragt etwa 5 m über das bestehende Terrain. Die Becken sind längsdurchströmt. Die Schlammbelastung von 0,16 kg BSB<sub>5</sub>/kg Trockensubstanz (TS) · d und der Schlammgehalt von 4,2 kg TS/m<sup>3</sup> bei mittlerem Abwasseranfall gestatten – neben dem Abbau der feinst verteilten Schwebstoffe und neben einer wesentlichen Reduktion der gelösten organischen Schmutzstoffe – eine ganzjährige Nitrifikation, das heisst eine Umwandlung des Ammonium-Stickstoffs in den für die Limmat harmloseren Nitrat-Stickstoff. Dieser Prozess wird deshalb durchgeführt, weil der Ammonium-Stickstoff stark sauerstoffzehrend ist und sich unter bestimmten Voraussetzungen in der Limmat in Ammoniak, d. h. in ein starkes Fischgift umsetzt.

Der erforderliche Sauerstoff für die Lebensfähigkeit der für die Reinigung benötigten Mikroorganismen wird mit der Druckluft aus sechs Turboverdichtern, Leistung zweimal 500 kW und viermal 400 kW, in einer Tiefe von 4,5 m in die Becken eingetragen. Die Turboverdichter garantieren den erforderlichen konstanten Druck von 5,7 bar. Die Gebläsestation mit ihren Turbomaschinen befindet sich zwischen Belebtschlammbecken und Filtrationsanlage.

Da das heute anfallende Abwasser für eine Nitrifikation vorerst noch nicht das gesamte Volumen der Belebtschlammbecken erfordert, wird im ersten Siebtel der Becken vorläufig eine Denitrifikation vorgenommen. Diese Umwandlung des Nitratstickstoffs in den gasförmigen Stickstoff, die ebenfalls durch Mikroorganismen verursacht ist, wird nicht aus der Notwendigkeit des Gewässerschutzes heraus durchgeführt, sondern aus energetischen und betrieblichen Gründen. Wird der Zeitpunkt erreicht, in dem das gesamte Beckenvolumen für die Nitrifikation benötigt wird, so können die Becken ohne bauliche Änderungen mit den notwendigen weiteren Belüftungseinheiten bestückt werden.

Ebenfalls in den Belebtschlammbecken erfolgt zur Elimination von Phosphaten eine Simultanfällung. Dazu wird dem Abwasser Eisensulfat beigegeben. Die angenommene Dosiermenge beträgt etwa 10 mg Eisen/l. Auch hier zeigt erst der Betrieb die richtige Zugabemenge.

Nach dem rund fünfstündigen Aufenthalt in den Belebtschlammbecken fließt das Abwasser zur Sedimentation des biologischen und chemischen Schlammes in die zwei symmetrischen Blöcke der Nachklärung. Ein Beckenblock ist 140 m lang, 60 breit und rund 6,5 m tief. Die insgesamt 12 Becken

sind querdurchströmt und weisen bei mittlerem Abwasseranfall eine Aufenthaltszeit von 5,6 h und eine Oberflächenbelastung von 1 m<sup>3</sup>/h auf. Die Becken sind mit je drei Zwillingsaugrümern ausgerüstet, die über Seilzüge angetrieben werden.

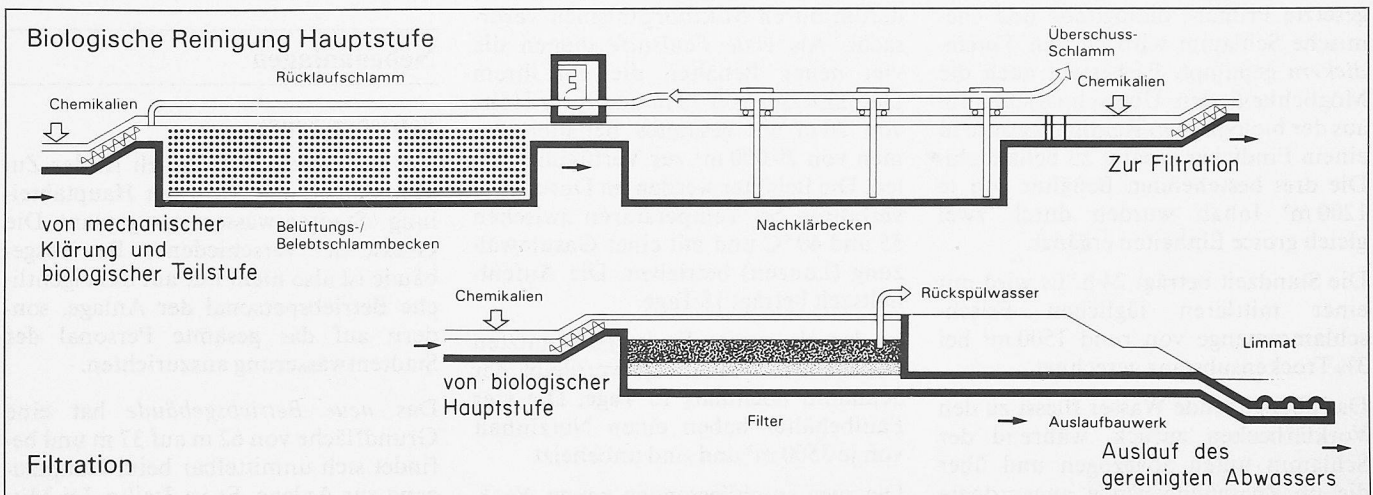
Die Rückführung des Rücklaufschlammes zum Einlauf in die Belebtschlammbecken geschieht über 2×6 Schneckenpumpen. Sie sind mengenverstellbar und haben einen Durchmesser von 160 cm. Ihre Leistungen sind zwischen 0,15 und 0,48 m<sup>3</sup>/s frei wählbar. Die Förderhöhe beträgt 2,5 m.

Der beim Reinigungsprozess in den Belebtschlammbecken nicht mehr benötigte Überschussschlamm kann wahlweise entweder direkt in die Eindicker, in den belüfteten Ölsandfang oder in die Vorklärbecken geleitet werden.

**Filtration (Bild 6)**

Der Ablauf aus den Nachklärbecken wird mit 5 Schneckenpumpen nochmals rund 4 m in die Filtrationsstufe gehoben. Die Schneckenpumpen haben einen Durchmesser von 220 cm. In der zwischen den beiden Nachklärbecken angeordneten *Schwerkraftfiltration* werden auch die feinsten Schwebstoffe noch aus dem Abwasser entfernt; zudem besteht die Möglichkeit, mit der Zugabe von geringen Mengen an

Bild 6. Verfahrensschema. Biologische Reinigung Hauptstufe (oben) und Filtration (unten)





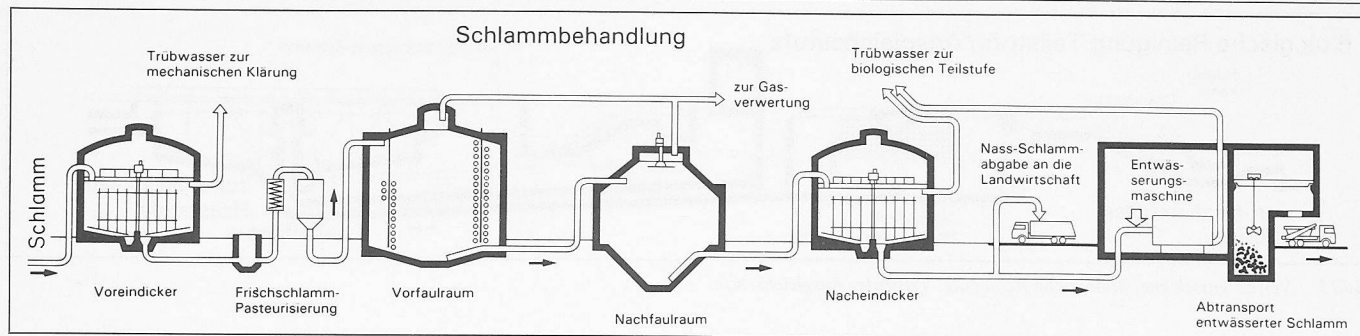


Bild 7. Verfahrensschema, Schlammbehandlung

Eisenchlorid und Polymeren den Phosphatgehalt weiter zu senken.

Die Filtrationsanlage ist 85 m lang, 32 m breit und rund 11 m tief. Sie ist ebenfalls in zwei Strassen mit je 11 Filterzellen, Grösse 7×12 m, unterteilt. Die Schichtstärke des Mehrschichtfilters beträgt rund 1,5 m. Sie kann in einer späteren Phase noch vergrössert werden. Das Filtermaterial ist im heutigen Zeitpunkt noch nicht ausgewählt.

Die Filtergeschwindigkeit beträgt bei  $Q_{18}$  10 m/h. Die maximale Druckhöhe ist bei 3 m erreicht. In diesem Falle wird der Filter mit Druckluft, ebenfalls geliefert aus den Turboverdichtern, und gereinigtem Abwasser rückgespült. Im Normalfall (bei Trockenwetter) geschieht die Rückspülung der Filter zeitabhängig alle 11 Stunden. Pro Strasse kann nur eine Filterzelle gleichzeitig gereinigt werden. Das Rückspülwasser wird zwecks Rückhalt von allfälligen Sandausschwemmungen über ein Absetzbecken geleitet, ehe es den Belebtschlammbecken zugeführt wird.

Die Übergabe des gereinigten Abwassers an die Limmat geschieht über den bestehenden Ablaufkanal im erweiterten *Auslaufbauwerk*, dessen Einleitungsstellen auf Grund von Färbversuchen auf der linken Seite festgelegt worden ist.

### Schlammbehandlung (Bild 7)

Der im Vorklärbecken gemeinsam abgesetzte Primär-, biologische und chemische Schlamm wird zu den *Voreindickern* gepumpt. Es besteht auch die Möglichkeit, den Überschussschlamm aus der biologischen Reinigungsstufe in einem Eindicker separat zu behandeln. Die drei bestehenden Behälter von je 1200 m<sup>3</sup> Inhalt wurden durch zwei gleich grosse Einheiten ergänzt.

Die Standzeit beträgt 24 h. Es wird mit einer mittleren täglichen Frischschlammmenge von rund 1500 m<sup>3</sup> bei 3% Trockensubstanz gerechnet.

Das überstehende Wasser fliesst zu den Vorklärbecken zurück, während der Schlamm unten abgezogen und über die im Zwischengebäude angeordnete

Schlammverteilanlage zur Frischschlammpasteurisierung gepumpt wird. Die Zu- respektive Ableitung des Schlammes erfolgt über den Leitungskanal.

Durch die *Frishschlammpasteurisierung* werden die im Schlamm vorhandenen Krankheitserreger abgetötet, so dass der Schlamm weiterhin in der Landwirtschaft als Dünger verwendet werden kann.

Die Anlage befindet sich im Zwischengebäude der neuen Faulanlage und arbeitet chargenmässig mit annähernd kontinuierlicher Beschickung. Der Pasteurisierungsreaktor ist dreiteilig. Während die erste Kammer, Inhalt 13 m<sup>3</sup>, mit auf 70 °C erhitztem Schlamm gefüllt wird, verbleibt in der zweiten der Schlamm während 30 Minuten. In dieser Zeit wird die dritte wieder entleert.

Die Erwärmung des Frischschlammes und die Abkühlung des pasteurisierten Schlammes auf rund 35 °C geschieht über Wärmeaustauscher. Vor der Erhitzung des Schlammes wird er über einen Zerkleinerer geleitet.

Es werden vorerst nur drei Pasteurisierungsstrassen gebaut, da Fragen betreffend tatsächliche Schlammmenge und Durchsatz erst im Betrieb beantwortet werden können. Der Platz für eine weitere Strasse ist vorhanden.

Die Faulung des Schlammes geschieht in zwei Stufen. Dieser Prozess wird wiederum durch Mikroorganismen verursacht. Als *erste Faulstufe* dienen die vier neuen Behälter, die mit ihrem Durchmesser von 22 m und ihrer Höhe von 20 m ein gesamtes Behältervolumen von 29 000 m<sup>3</sup> zur Verfügung stellen. Die Behälter werden im Durchlaufverfahren bei Temperaturen zwischen 35 und 40 °C und mit einer Gasumwälzung (Lanzen) betrieben. Die Aufenthaltszeit beträgt 18 Tage.

In der als *zweite Faulstufe* benutzten bestehenden Faulanlage verbleibt der Schlamm nochmals 13 Tage. Die vier Faulbehälter haben einen Nutzinhalt von je 3500 m<sup>3</sup> und sind unbeheizt.

Die zwei anschliessenden neuen *Nach-*

*eindicker* werden chargenmässig gefahren und haben ein Gesamtvolumen von 2400 m<sup>3</sup>. Dies gestattet, den Schlamm nochmals rund 24 h einzudicken. Die Behälter dienen aber auch der Stapelung vor der Schlammabgabe an die Landwirtschaft, welche sich zwischen den Nacheindickern und der Schlamm-entwässerung befindet.

Der als dritter, gleich grosser Behälter neben den beiden Nacheindickern erstellte *Rückkluftank* dient zur Aufnahme des stossweisen Anfalls von Trübwasser aus den Nacheindickern, von Faulwasser sowie von dem Filtrat aus der Schlamm-entwässerung. Das Rücklaufwasser wird in der biologischen Teilstufe einem Teil des vorgeklärten Abwassers zudosiert.

Für die Zeitperiode, in der der Flüssigschlamm nicht an die Landwirtschaft abgegeben werden kann, ist der Schlamm zu entwässern und auf einer Multikomponentendeponeie abzulagern. Die heute bestehende *Entwässerungsanlage* mit thermischer Konditionierung soll aus betrieblichen Gründen, aber auch wegen des erhöhten Schlamm-anfalls, angepasst werden. Zur Zeit ist die Wahl der für die Entwässerung benötigten Einrichtungen noch nicht getroffen, da zuerst Versuche gefahren werden müssen, die aber nur dann sinnvoll sind, wenn dies mit dem Schlamm der erweiterten Anlage geschehen kann.

### Nebenanlagen

#### Betriebsgebäude

Auf dem Areal Werdhölzli ist der Zusammenschluss der gesamten Hauptabteilung «Stadtentwässerung» geplant. Die Grösse der verschiedenen Betriebsgebäude ist also nicht nur auf das eigentliche Betriebspersonal der Anlage, sondern auf das gesamte Personal der Stadtentwässerung auszurichten.

Das *neue Betriebsgebäude* hat eine Grundfläche von 62 m auf 37 m und befindet sich unmittelbar beim Hauptzugang zur Anlage. Es ist 3teilig. Im Mit-



teltrakt, der 20 m hoch wird, befinden sich neben sämtlichen Büros auch die Garderoben der Betriebsmannschaft, eine Kantine und Sozialräume sowie der Vortragssaal.

Im Erdgeschoss dieses Gebäudeteiles ist auch die Kommandozentrale angeordnet. Das dort arbeitende Personal bedient nicht nur die Hauptschaltwarte der Kläranlage, sondern überwacht auch die Pumpwerke im Kanalnetz, nimmt Reinigungsaufträge entgegen und disponiert den Einsatz der Equipen des Kanalnetzbetriebs.

Im Untergeschoss des gleichen Gebäudetrakts sind u. a. diverse Lagerräumlichkeiten und die Brauchwasseraufbereitung platziert.

Im Nebentrakt West, der nur etwa halb so hoch ist, wie der mittlere Anlageteil, befinden sich die Werkstätten und das Prüflabor für sanitäre Einrichtungen. Im Nebentrakt Ost ist die Energiezentrale untergebracht.

Im *bestehenden Betriebsgebäude* wird das Labor der Stadtentwässerung platziert.

Die aus dem Betrieb genommenen Absetzbecken der ältesten Anlage 1924–1926 respektive der ersten Erweiterung 1930–1932, werden mit einer 94 m langen und 44 m breiten *Einstellhalle* für die Fahrzeuge des Kanalnetzbetriebs überstellt. Die Halle enthält auch für die Bedürfnisse der gesamten Stadtentwässerung ein rund 1500 m<sup>2</sup> grosses Magazin und eine Fahrzeugwaschanlage.

### Strassen und Umgebung

Um den Verkehr auf der Anlage reibungslos abzuwickeln, werden die *Strassen* im Einbahnsystem signalisiert. Damit können die Fahrwege schmal gehalten, die Asphaltbeläge reduziert und die Anlage möglichst grün gestaltet werden.

Der quer durch das Kläranlageareal fliessende *Hauserkanal*, ein ehemaliger Fabrikkanal, der mit Limmatwasser gespiesen ist, wird als gestaltendes Element beibehalten, musste aber an verschiedenen Stellen verlegt und an wenigen Orten eingedolt werden.

Mittels Hügelschüttungen, Biotopen und natürlichen Pflanzengemeinschaften ohne künstliche Düngung soll ein weiteres auflockerndes Gegengewicht zu den rein technischen Bauten geschaffen werden. Diese Art der *Umgebungsgestaltung* ist unterhaltsarm und vermindert zudem das abzuführende Oberflächenwasser beträchtlich.

Für die *Fassadengestaltung* wie auch für die Farbgebung der verschiedenen Anlageteile wurde ein Konzept erarbei-

tet, um eine einheitliche architektonische Handschrift zu erreichen. Die neuen Fassadenelemente sind entweder aus Eternit, Beton oder Aluminiumblech. Die Behälter und Gebäude sind in Braun oder Grau gehalten.

### Versorgungseinrichtungen und Abluftreinigung

Das Projekt hat als weitere Zielsetzung eine möglichst autarke Energieversorgung. Das in der Faulanlage gewonnene Methangas – es ist mit rund 20 000 m<sup>3</sup> pro Tag die eigentliche Energiequelle der Anlage – wird in drei *Gasturbinen*, Leistung je 450 kW, verbrannt. Als Verbrennungsluft wird die stark riechende Abluft aus den Gebäuden der Schlammbehandlung und der Rechenanlage verwendet, deren Stinkstoffe damit verbrannt werden. Somit ist die Reinigung von rund 900 000 m<sup>3</sup> Abluft pro Tag ohne weiteren Energieaufwand möglich. Der Rest der Abluft wird zusammen mit Frischluft in die Belebtschlammbecken geblasen, was ebenfalls eine Geruchsbesetzung zur Folge hat. Als Alternativlösung bietet sich zudem die bestehende Abluftwaschanlage der Schlammwässerung an. Sie soll aber aus Kostengründen nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden.

Die gewonnene Energie aus der Turbinenanlage deckt rund ¼ des benötigten Stroms und den gesamten Wärmebedarf der Kläranlage. Bei längeren Stromunterbrüchen ist es deshalb mit dem in der Turbinenanlage produzierten elektrischen Strom möglich, die Kläranlage bis zum Notauslaufkanal beim Hebewerk der biologischen Hauptstufe zu betreiben.

Inwieweit dem Abwasser vor der Einleitung in die Limmat mittels Wärmepumpen in naher Zukunft auch *Wärme für Dritte* entzogen werden soll, wird eine zur Zeit laufende Studie zeigen. Hauptproblem für die Abgabe der in grosser Menge, aber in einem niedrigen Temperaturbereich anfallenden Wärme ist das Finden von genügend Abnehmern.

Im Untergeschoss des neuen Betriebsgebäudes ist die *Brauchwasseraufbereitung* angeordnet. Das dazu notwendige Wasser wird dem am Betriebsgebäude vorbeifliessenden Hauserkanal entnommen. Das Brauchwasser wird eingesetzt für die Beckenreinigung, die Chemikalienaufbereitung und für die Speisung der Hydranten zur Feuerbekämpfung.

Der *Energie- oder Leitungskanal* versorgt die verschiedenen Anlageteile der Kläranlage mit elektrischer Energie, Wärme, Druckluft, Trink- und Brauchwasser. Ebenso dient er dem Transport von Schlamm, Faulgas, Abluft und in-

ternem Abwasser. Er verläuft 4,5 m über Boden, sein Querschnitt ist sechseckig und hat maximale Abmessungen von 7,5 m auf 5,5 m. Seine Länge beträgt rund 1000 m. Der Kanalquerschnitt weist 3 Ebenen auf. Die obere bleibt für die elektrischen Installationen, die untere für die Lüftungskanäle reserviert, während die mittlere die Sanitär- sowie Verfahrensleitungen enthält.

Die *Chemikalienanlieferung* geschieht vorerst über die Strasse. Im Projekt sind alle nötigen Vorkehrungen getroffen, dass später die Zulieferung über einen Geleiseanschluss ab Gaswerk Schlieren erfolgen kann. Das Chemikalienlager für die biologische Stufe und die Filtration befindet sich in der Gebläsestation, dasjenige für die Schlammbehandlung in der Schlammwässerung.

### Rückstands- und interne Abwasserbeseitigung

Die Schlammwässerung ist bereits im Kapitel Schlammbehandlung (Bild 7) beschrieben worden.

Die Rückstände aus Grobsandfang, Rechen und Ölsandfang sowie die Schwimmschicht aus der Nachklärung der biologischen Hauptstufe werden im Rechengebäude entwässert.

Das *Rechengut* gelangt über eine Presse mit einer Leistung von 5 m<sup>3</sup>/Std. in Welakimulden und schliesslich zur Kehrichtverbrennungsanlage.

Der *Grobsand* und der *Feinsand* werden in der vierten, nicht mehr benötigten Kammer des Grobsandfangs weiter entwässert und gelangen in Welakimulden zur Multikomponentendeponie.

Die Entwässerung des *Schwimmschlamm*s aus den belüfteten Ölsandfängen sowie aus den Nachklärbecken der biologischen Hauptstufe geschieht mit Hilfe eines Rotostrainers. Er weist eine Leistung von 220 m<sup>3</sup> pro Stunde auf und kann auch zur Entwässerung der angelieferten Fettschlämme benutzt werden.

Die zurückgehaltenen Schmutzstoffe werden ebenfalls in der Kehrichtverbrennungsanlage verbrannt.

Die *Strassenentwässerung* wird wegen allfälligen Chemikalienunfällen über zwei Pumpstationen und über den Energiekanal dem Kläranlagezulauf zugeleitet, während das *Dachwasser* der einzelnen Gebäude direkt zum Hauserkanal oder in die Limmat fliesst. Das *Schmutzwasser der einzelnen Hochbauten* gelangt durch die Leckwasserpumpen der Anlageteile über den Energiekanal zum Kläranlagezufluss. Durch diese Lösung sind die drei Ableitungssysteme klar voneinander getrennt.

## Mess-, Steuer- und Regelsystem

Das gewählte Mess-, Steuer- und Regelsystem (MSR-System) ist in drei Ebenen gegliedert. Die *Hauptschaltwarte* im neuen Betriebsgebäude ist die oberste Ebene des MSR-Systems. Sie verarbeitet und protokolliert die wichtigsten Daten und Meldungen und zeigt Störungen an. Ein Eingriff in den Prozess von hier aus ist nicht vorgesehen, abgesehen von Noteingriffen. Die sechs *Unterschaltwarten* in den wichtigsten Verfahrensstufen gelten als eigentliche Führungsebenen. Die Verfahren werden hier autonom überwacht und geführt. Über Bildschirm kann sowohl der Anlagezustand abgefragt wie auch in die Prozesse eingegriffen werden. Die unterste Ebene des MSR-Systems liegt bei den 19 verschiedenen Verfahrensschritten. Hier sind die einzelnen *Niederspannungsverteilanlagen* vorgesehen, die die einzelnen Anlageteile auf Grund von Messungen steuern und regeln.

Da zuverlässige Geräte für die Erfassung von verschiedenen Abwasserkennwerten bis heute noch nicht existieren, ist es wichtig, ein Steuer- und Messsystem zu wählen, das durch ein Baukastenprinzip eine grosse Flexibilität und eine Ausbaufähigkeit aufweist. Damit ist es möglich, den Automatisierungsgrad der Anlage in der Zukunft je nach der Entwicklung von neuen abwassertauglichen Messgeräten sukzessive zu erhöhen.

## Besondere technische Probleme

### Auswirkungen des Grundwasserstroms

Der unter dem Bauareal durchfliessende, genutzte Grundwasserstrom wirkt sich dreifach aus: Erstens darf der Grundwasserstrom in seinem Fluss nicht wesentlich gestört werden, zweitens muss eine Verunreinigung des Grundwassers mit allen Mitteln vermieden werden, und drittens ergeben sich Probleme der Wasserhaltung und der Auftriebssicherung der Bauwerke.

Die neuen Anlageteile werden deshalb soweit als möglich über dem mittleren Grundwasserspiegel erstellt. So liegen z. B. die Fundamente der neuen biologischen Reinigungsstufe nur wenige Meter unter der Oberfläche. Dies erweist sich auch kostenmässig als günstigste Lösung, da beim Beckenbau der Grundwasserspiegel mit einem *Filterbrunnensystem* lediglich 1 m abzusenken ist. Auf eine kostspielige Umspundung kann somit verzichtet werden. Ebenso liegen die neuen Voreindicker und Faulbehälter über dem mittleren Grundwasserspiegel, so dass auch hier

in einer offenen Baugrube gearbeitet werden kann.

Doch nicht alle Bauwerke können über dem Grundwasserspiegel fundiert werden. Die beiden neuen Ölsandfänge und Vorklärbecken sind durch die bereits bestehenden Becken in der Höhenlage fixiert. Die rund 5 m unter den mittleren Grundwasserspiegel reichenden Becken des Ölsandfanges wurden *mit Unterwasserbeton* und *in einer Umspundung* erstellt. Gegen das Aufschwimmen müssen sie mit rund 50 *Zugpfählen* gesichert werden.

Die Vorklärbecken werden zur Reduktion des Grundwasseranfalls mit kurzen Spundwänden und *Rüttelverdichtung*, der tief ins Grundwasser reichende Schlammtrichter mit Hilfe eines *Senkbrunnens* erstellt. Pro Becken müssen 78 Zugpfähle als Auftriebssicherung versetzt werden.

Die Filtrationsanlage ist dasjenige Bauwerk, das am tiefsten ins Grundwasser zu liegen kommt. Die Gründungstiefe liegt bei 7 m unter dem gewachsenen Terrain. Sie ist abhängig von den benachbarten Beckenblöcken der biologischen Hauptstufe. Für den Bau ist eine Baugrubenumschliessung mit 12 bis 24 m langen Spundwänden vorgesehen, die in die wenig wasserdurchlässige Sandschicht eingebunden sind. Die zusätzlich notwendige Grundwasserabsenkung geschieht mittels Filterbrunnen. Ein ähnliches Bauverfahren wird auch beim neuen Betriebsgebäude gewählt.

Die Hochlage des Energie- und Leitungskanals ist ebenfalls aus Gründen des hohen Grundwasserspiegels gewählt worden. Diese Anordnung bringt gegenüber einem Tiefkanal eine wesentliche Kosteneinsparung und weist auch betriebliche Vorteile auf.

Der vorhandene Grundwasserstrom stellt aber auch an die Dichtigkeit aller Bauwerke sehr hohe Anforderungen. Aus diesem Grunde erhalten verschiedene Bauwerke eine *Vorspannung*. So sind die Bodenplatten der Belebungs- und Nachklärbecken kreuzweise und die Wände längs vorgespannt. Die Fundamentplatte der neuen Faulbehälter wird mit einer Ringvorspannung versehen, während die schlaff armierten Behälterwände nachträglich nach dem Wickelverfahren vorgespannt werden.

Die Vor- und Nacheindicker sowie der Schlammrücklaufbehälter sind ringweise vorgespannt.

### Immissionsschutz

In Anbetracht der naheliegenden Wohngebiete hat der Immissionsschutz gegen Abluft und Lärm besondere Priorität.

Jene Verfahren, die zu speziellen *Geruchsproblemen* führen, werden von der Umwelt abgeschirmt. So sind der Grobsandfang und die Rechenanlage mit einem 10 m hohen Gebäude umstellt. Im Innern herrscht ein konstanter kleiner Überdruck, und die Abluft gelangt über den Leitungskanal in die Energiezentrale oder in die Belebtschlammbecken zur Abluftreinigung. Auch die Abluft der verschiedenen Schlammbehandlungsstufen wird einer Abluftreinigung unterzogen. Die Schlammabgabe in die Tankfahrzeuge ist wegen allfälligen Geruchsimmissionen überdeckt und geschieht, ähnlich einem Brennstoffverlad, direkt in den Tankzug.

Ein besonderer *Lärmschutz* mit geeigneten Schallisolationen ist vor allem bei den Gasturbinen und den Turboverdichtern vorgesehen, so dass die vorgeschriebenen Lärmwerte für ruhige Wohnzonen von 35 dBA eingehalten werden können. Mit der vorgesehenen Aufforstung wird aber auch der natürliche Immissionsschutz gegen Abluft und Lärm wiederhergestellt.

### Aufrechterhaltung des Kläranlagebetriebs

Die Aufrechterhaltung des Kläranlagebetriebs muss während der Bauzeit soweit gewährleistet sein, dass keine Einbusse der Reinigungsleistung eintritt. Eine Zuflussmenge von bis zu 5 m<sup>3</sup>/s muss ständig auf der Anlage verarbeitet werden können.

Diese Forderung bedingt eine sehr grosse Zahl von Provisorien sowie ein auf den laufenden Betrieb abgestimmtes Bauprogramm mit phasenweiser Inbetriebnahme von einzelnen Anlageteilen (Bild 1).

### Erwartete Reinigungsleistung

Mit der Inbetriebnahme der erweiterten Kläranlage Werdhölzli im Jahre 1985 können *mehr als zwei Drittel* der heute noch von stadtzürcherischem Boden in die Limmat abgeleiteten Schmutzstoffe *eliminiert* werden. Der Effekt der einzelnen Parameter ist aus Bild 8 zu entnehmen. Hier ist auch ersichtlich, dass der 1985 noch verbleibende Schmutzstoffeintrag in die Limmat über alles gesehen etwa zur Hälfte vom zukünftigen Ablauf der Kläranlage und zur Hälfte von den bei Regen notwendigen Entlastungen des überbelasteten Kanalnetzes herrührt.

Aussagekräftiger sind die erzielten prozentualen Reinigungsleistungen in bezug auf die verschiedenen *Verschmutzungsparameter* der gesamten Anlage



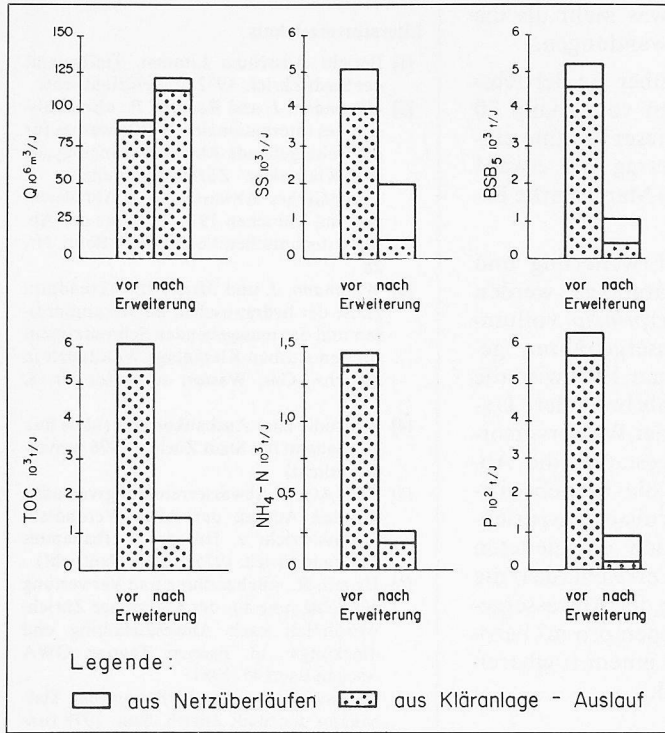
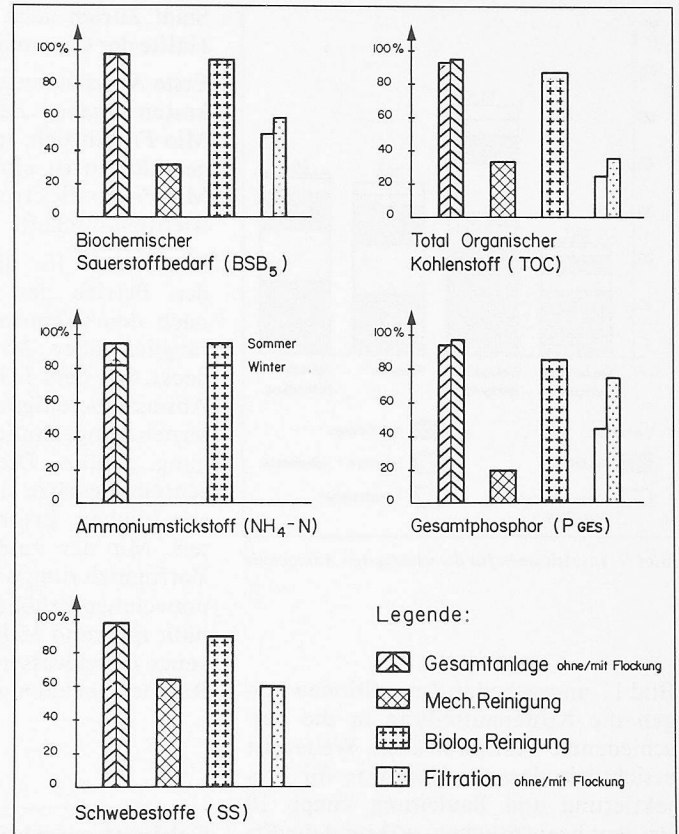


Bild 8 (oben). Jährliche Limmatbelastung der Stadt Zürich. Einfluss der Erweiterung Kläranlage Werdhölzli. Erwartete Werte

Bild 9 (rechts). Erwarteter Reinigungsgrad



wie auch der einzelnen Verfahrensstufen (Bild 9). Die spezifischen Phosphor-Reinigungsleistungen in der biologischen Reinigung und der Filtration sind abhängig von der zudosierten Menge der Chemikalien. Erst der Betrieb wird zeigen, wo welche Eisensalz-respektive Polymermengen beigegeben werden müssen, um mit möglichst minimalen Betriebskosten die erforderliche gesamte Reinigungsleistung zu erfüllen. Es zeigt sich, dass in bezug auf suspendierte Stoffe, leicht abbaubare organische Stoffe, Ammonium, aber auch Phosphor mit dem zum Teil auf die verschiedenen Stoffe zugeschnittenen Verfahrensstufen gesamthafte Reinigungseffekte von mehr als 95% erreicht werden können.

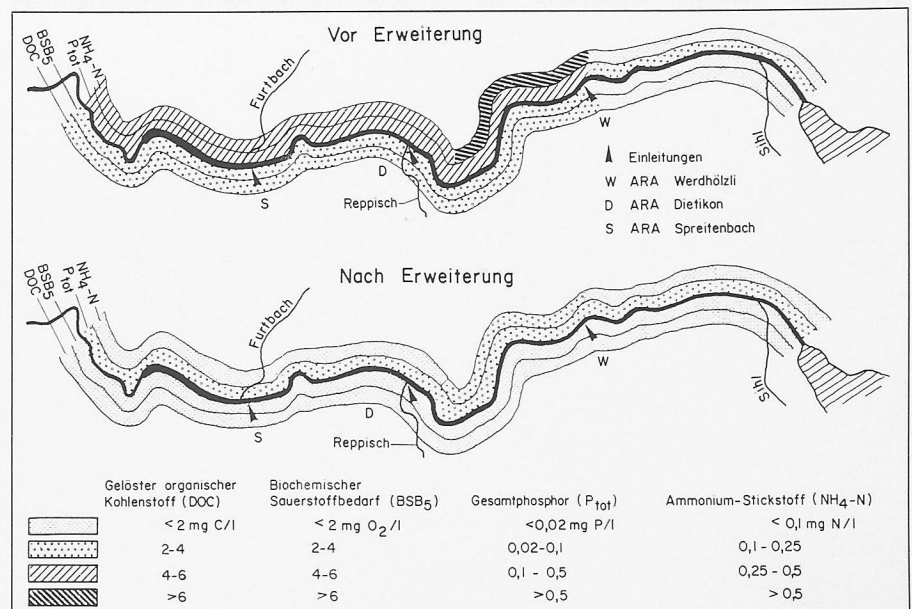
Der Reinigungserfolg mit den schwer abbaubaren Stoffen bleibt indessen, wie erwartet, gegenüber den anderen genannten Stoffen leicht zurück. Um hier bessere Werte zu erhalten, wäre eine Aktivkohlenstufe notwendig gewesen, was aus Kostengründen nicht in Frage kam. Hier führt der kostenmässig günstigere Weg über die Reduktion schon an der Quelle (im Haushalt, im Gewerbe, aber auch in der Landwirtschaft), sei es durch Abwasservorbehandlungsanlagen, sei es durch Verbote von besonders problematischen Stoffen.

Der Reinigungseffekt vom Gesamtstickstoff - in Bild 9 nicht aufgeführt - kann ohne Kostensteigerung auch auf

rund 50% erhöht werden, indem vorläufig, wie beschrieben, der erste Siebtel des Belebtschlammbeckens für die Denitrifizierung eingesetzt wird.

Vergleicht man die Schmutzstoffbelastungen des gesamten Limmatlaufes vor der Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli mit denjenigen nach Inbetriebnahme der Anlage (Bild 10), so kann festgestellt werden, dass durch die Erweiterung der Anlage ein entscheidender Schritt zu einer wieder sauberen Limmat geleistet wird.

Bild 10. Zustandskarte der Limmat



### Kosten und Finanzierung

Die in der Volksabstimmung vom 28. Mai 1978 bewilligten 232 Mio Fr. für die Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli basieren auf der Lohn- und Preisbasis vom August 1977. Wenn die bis heute bereits aufgetretene mittlere Teuerung von gegen 20% sich mit ähnlichen Zahlen fortsetzt, so muss mit einem Gesamtaufwand von gegen 300 Mio Fr. gerechnet werden. Die in



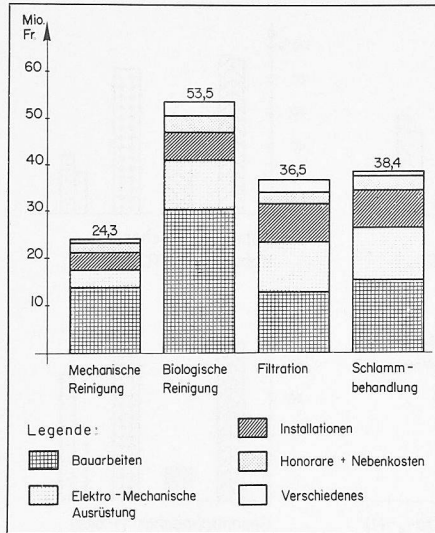


Bild 11. Investitionen für die wichtigsten Anlageteile

Bild 11 angegebenen Investitionen zeigen die Kostenaufteilung in die verschiedenen Verfahrenslose. Weiter ist ersichtlich, dass die Honorare für Projektierung und Bauleitung knapp 10 Prozent beanspruchen, während die Erstellungskosten sich etwa je zur Hälfte den Baumeister- und übrigen Bauarbeiten einerseits sowie den mechanischen Ausrüstungen und den Installationen andererseits zuordnen lassen.

Von den Investitionskosten übernehmen die anschliessenden Seegemeinden Kilchberg und Zollikon einen Gesamtbetrag von rund 14 Mio Fr. Die ordentliche Subvention des Bundes beträgt 13,5% und jene des Kantons 18%.

Zusätzlich beschloss der Regierungsrat des Kantons Zürich am 21. Dezember 1977, ausserordentliche Beiträge von 9% für diejenigen Anlageteile auszurichten, die bis 1985 in Betrieb genommen werden. Unter Berücksichtigung aller dieser Beiträge verbleibt für die

Stadt Zürich noch etwas mehr als die Hälfte der Gesamtaufwendungen.

Erste Abschätzungen über die Betriebskosten ergaben Zahlen von knapp 20 Mio Fr. jährlich. In dieser Summe eingeschlossen ist ein Betrag von etwa 4 Mio Fr. für die etwa 70 Mann starke Betriebsmannschaft.

Die Kosten für die Erweiterung und den Betrieb der Kläranlage werden nach dem *Verursacherprinzip* vollumfänglich über Abwassergebühren gedeckt. Seit dem 1. Januar 1979 wird die Abwasserbeseitigung als besondere Unternehmung, ähnlich der Wasserversorgung, geführt. Dies gestattet, die Abschreibungssätze auf die betriebswirtschaftlichen Erfordernisse auszurichten. Mit der zusätzlich eingeleiteten Vorfinanzierung wird erreicht, dass die notwendige Erhöhung der Abwassergebühr mit rund 35 Rappen pro m<sup>3</sup> bezogenes Frischwasser in einem tragbaren Rahmen gehalten wird.

### Schlussbemerkungen

Mit der Übergabe des gesamten Bauwerkes an die Betriebsmannschaft ist zwar ein entscheidender Schritt im Projekt Werdhölzli erreicht, das Projekt in dessen ist noch nicht abgeschlossen. Nun gilt es, die neu erstellte Anlage, die zwangsmässig auf Grund von manchen Annahmen ausgelegt werden musste, mit dem effektiv ankommenden Abwasser und dem daraus entstehenden Schlamm optimal zu fahren. Diese wichtige Aufgabe wird in Anbetracht des ständigen Wechsels in bezug auf Abwassermenge und Qualität für die Betriebsleitung zu einem Dauerauftrag.

Inwieweit die Anlage die Zielsetzung erfüllt, welche schon 1973 aufgestellt

### Literaturverzeichnis

- [1] Bericht Ausschuss Limmat. Tiefbauamt der Stadt Zürich, 1972 (unveröffentlicht)
- [2] Wiesmann, J. und Roberts, P.: «Ergebnisse eines internationalen Wettbewerbes für die weitergehende Abwasserreinigung auf der Kläranlage Zürich-Werdhölzli». 3. Europäisches Abwasser- und Abfallsymposium, München 1975, Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung Bonn, Nr. 28
- [3] Wiesmann, J. und Meier, H.: «Trendprognose der hydraulischen Bemessungsgrößen und der massgebenden Schmutzfracht für den Ausbau Kläranlage Werdhölzli in Zürich». Gas, Wasser, Abwasser Nr. 8, 1977
- [4] Vorstudie zum Ausbauplan («Los 0»). Tiefbauamt der Stadt Zürich, 1976 (unveröffentlicht)
- [5] EAWAG. Abwasserreinigungsversuche für den Ausbau der ARA Werdhölzli, Schlussbericht z. Hd. des Tiefbauamtes der Stadt Zürich, 1975 (unveröffentlicht)
- [6] Heierli, R.: «Behandlung und Verwertung der Schlämme aus der Kläranlage Zürich-Werdhölzli nach Abwasserfällung und -flockung». 13. Essener Tagung GWA Aachen Band 45 (1981)
- [7] Schlussbericht zum allg. Bauprojekt. Tiefbauamt der Stadt Zürich, Sept. 1978 (unveröffentlicht)
- [8] Detaillierter Kostenvoranschlag und Betriebskosten, Zusammenstellung. Tiefbauamt der Stadt Zürich, August 1977 (unveröffentlicht)
- [9] Schlussbericht der Klausurtagung Flims über die Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli. Tiefbauamt der Stadt Zürich, Feb. 1979 (unveröffentlicht)
- [10] EAWAG. Auswirkungen von abgesetztem Faulwasser auf die Nitrifikation. Bericht z.Hd. des Tiefbauamtes der Stadt Zürich, 1976 (unveröffentlicht)

wurde und die unter anderem eine betriebssichere, immissionsarme und wirtschaftliche Anlage fordert, wird sich erst nach einigen Betriebsjahren herausstellen.

Adresse der Verfasser: J. Wiesmann, dipl. Bauing. ETH/SIA, Leiter der Stadtentwässerung Zürich, und H.-J. Kiefer, Bau-Ing. grad., Projektleiter Kläranlage Werdhölzli, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Werdmühleplatz 3, 8023 Zürich.