

Ideenwettbewerb

Autor(en): **Wiesmann, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 13

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74777>

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.

Auch auf eine immissionsfreie oder doch *immissionsarme Anlage* wurde *grosses Gewicht* gelegt. Unter den Immissionen, die von Kläranlagen verursacht werden können, ist der Gestank wohl die lästigste. Das gilt in besonderem Masse für die Anlage Werdhölzli, denn Wohnbauten stehen in der Nähe und Erholungsgebiete umgeben sie.

Es wurde bereits bemerkt: Umweltschutzanlagen sollen *rechtzeitig* zur Verfügung stehen. Die Kläranlage Werdhölzli ist erst 1985 voll ausgebaut.

Durch *Sofortmassnahmen* wird deshalb seit 1975 versucht, die Verhältnisse zu verbessern. Durch eine *Vorfällung* gelingt nicht nur eine respektable Entlastung der Biologie, sondern auch eine massive Reduktion der Phosphorfracht. Von gegen 40 mg/l konnte die mittlere BSB₅-Konzentration immerhin auf unter 20 mg/l gesenkt werden.

1985 ist also die *Aufnahme des Vollbetriebs* in der ausgebauten Kläranlage Werdhölzli beabsichtigt. Bis dann werden mit der Teuerung wohl gegen 300

Mio Fr. in dieses Werk investiert sein. Eine hohe Summe, doch wir meinen, der Aufwand rechtfertigt sich als Schwerpunktmassnahme an der Limmat und als Beitrag zum Gewässerschutz im Rheineinzugsgebiet. 95 von 100 Zürchern waren bei der Volksabstimmung im Mai 1978 der gleichen Auffassung.

Adresse des Verfassers: Prof. R. Heierli, dipl. Bauing. ETH/SIA, Stadtgenieur, Werdmühleplatz 3, 8023 Zürich.

Ideenwettbewerb

Von Jürg Wiesmann, Zürich

Weshalb Ideenwettbewerb mit internationaler Beteiligung?

Die wichtigsten *Projektierungsgrundlagen*, welche den Projektanten zur Verfügung gestellt werden mussten, sind zweifellos Angaben über den zukünftigen *Zu- und Abfluss*. Ausgangspunkt für die Festlegung des zukünftigen *Kläranlageabflusses* bildete Artikel 2 des Eidgenössischen Gewässerschutzgesetzes. Auf Grund der hier formulierten Nutzungsziele wurde versucht, unabhängig vom bestehenden Zustand der Limmat die notwendige Wasserqualität und in der Folge den Kläranlageabfluss festzulegen. Bei der Schätzung der zu-

künftigen *Zuflusswerte* wurde vor allem die mutmassliche Änderung in der Zusammensetzung des Abwassers, insbesondere die Verschlechterung der Abbaubarkeit, berücksichtigt.

Wie Untersuchungen des heutigen Zustandes der Limmat zeigen, stellen die *Bedingungen*, welche auf Grund der Nutzungsziele aufgestellt wurden, *keine unerreichbaren Werte* dar. Für deren Erfüllung ist jedoch eine weitergehende Abwasserreinigung nicht zu umgehen.

Die Verfahren der weitergehenden Abwasserreinigung, die Phosphatfällung ausgenommen, waren für kommunale Abwässer in der Schweiz 1973 noch nirgends in Betrieb, so dass die notwendi-

gen Kenntnisse und Erfahrungen hier weitgehend fehlten. Deshalb wurde auf das sonst in der deutschen Schweiz übliche Vorgehen verzichtet, an Hand einer Honorarofferte ein Ingenieurbüro für die gesamten Projektierungsaufgaben auszuwählen. Stattdessen ist ein *Ideenwettbewerb* ausgeschrieben worden, an welchem sich auch ausländische Firmen beteiligen konnten [1]. Mit diesem Vorgehen sollten die *ausländischen Erfahrungen in der weitergehenden Abwasserreinigung* für die Erweiterung der Kläranlage Werdhölzli genutzt werden.

Ablauf des Wettbewerbes

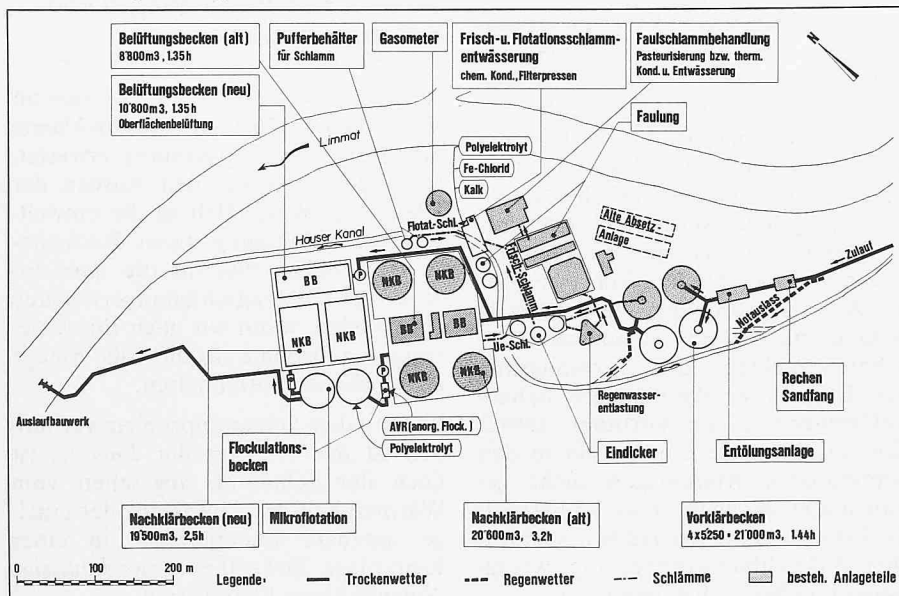
Die Durchführung des Wettbewerbsverfahrens, das im Rahmen des Projektes Erweiterung Kläranlage Werdhölzli als *Vorstudie* bezeichnet werden kann, erfolgte 1973/74 in drei Phasen:

- das Präqualifikationsverfahren,
- die Ausarbeitung der verfahrenstechnischen Lösungen,
- die Beurteilung mit Kostenschätzung.

Aus den 34 Bewerbungen, die aus Frankreich, Deutschland, Finnland, Österreich, den USA und natürlich der Schweiz eintrafen, konnten *sechs Arbeitsgemeinschaften* ausgewählt werden, wobei darauf geachtet wurde, dass bei jeder Arbeitsgemeinschaft mindestens ein Schweizer Bewerber vertreten war. Die Schweizer Firmen boten Gewähr für die Berücksichtigung der schweizerischen Gepflogenheiten bei der Projektierung.

Auf Grund eines bis ins Detail ausgearbeiteten Programms und den dazu abgegebenen Planunterlagen hatte der Wettbewerbsteilnehmer innerhalb von sechs Monaten einen Lösungsvorschlag auszuarbeiten. Genauere Angaben über *Erstellungs- und Betriebskosten*

Bild 1. Lösungsvorschlag der Arbeitsgemeinschaft Sulzer



wurden in dieser Phase vom Bewerber nicht verlangt. Erst nach dem Vorliegen der verfahrenstechnischen Lösungen war für die am ehesten Erfolg versprechenden Verfahren eine einheitliche Kostenschätzung vorzunehmen.

Die einzelnen Lösungen

Bestimmend für die Projektierung waren die Anforderungen bezüglich der organischen Substanz, vor allem wegen deren refraktären Anteile, sowie bezüglich Stickstoff und Phosphor.

- Die grossen refraktären Anteile der organischen Substanz machen Verfahren der weitergehenden Abwasserreinigung nötig.
- Die Bedingung bezüglich Ammonium, welche einer vollständigen Nitrifikation entspricht, erfordert bei den biologischen Verfahren sehr grosse Beckenvolumen.
- Die Abflusswerte bezüglich Gesamtstickstoff verlangen zwar nur eine Teildentrifikation. Eine entsprechende zusätzliche Reinigungsstufe ist jedoch kaum zu umgehen.
- Die Phosphorelimination bedingt den Einsatz grosser Mengen von Chemikalien.
- Bezüglich der hydraulischen Werte war das Trockenwetter mit 4 m³/s und der maximale Regenwetteranfall mit 14 m³/s zu berücksichtigen. Dabei mussten 8 m³/s durch die ganze Anlage geführt werden.
- Für die Regenwasserspitzen, für die ein Abflusswert von 80 mg/l ungelöste Stoffe gefordert wurde, war eine separate Behandlung notwendig.
- Entscheidend für die Bauweise und die Disposition der verschiedenen Verfahrensstufen waren aber auch die beschränkten Platzverhältnisse.

Während bei der Abwasserbehandlung neue Verfahrensmöglichkeiten aufgezeigt wurden, wichen die Verfahren der Schlammbehandlung im allgemeinen nicht von der bis heute angewendeten Verfahrenstechnik ab. Die Verfahrensvorschläge sind in Bild 1 bis 6 dargestellt.

Beurteilung und Kostenschätzung

Auswahl für Weiterbearbeitung

Auf Grund einer eingehenden verfahrenstechnischen Beurteilung gemäss den Kriterien, welche den Teilnehmern im Programm des Ideenwettbewerbes schon vorgängig bekanntgegeben wurden, konnten drei Studien für eine anschliessende Kostenschätzung und eine

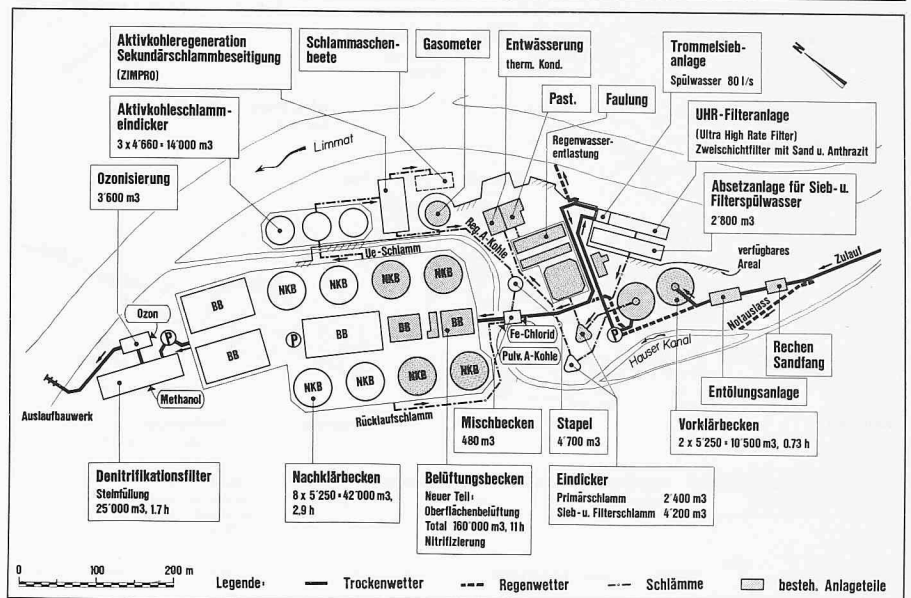


Bild 2. Lösungsvorschlag der Arbeitsgemeinschaft Zimpro

Bild 3. Lösungsvorschlag der Arbeitsgemeinschaft Rex

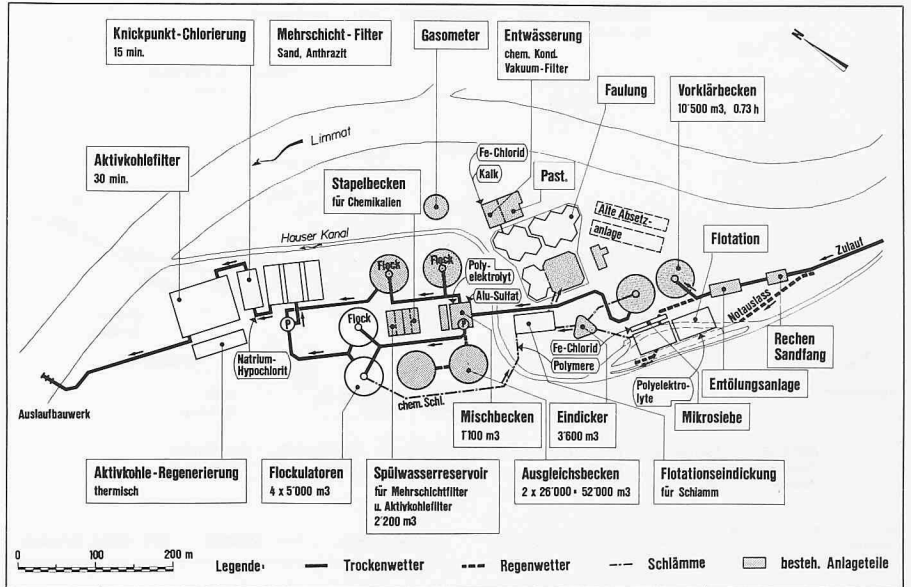
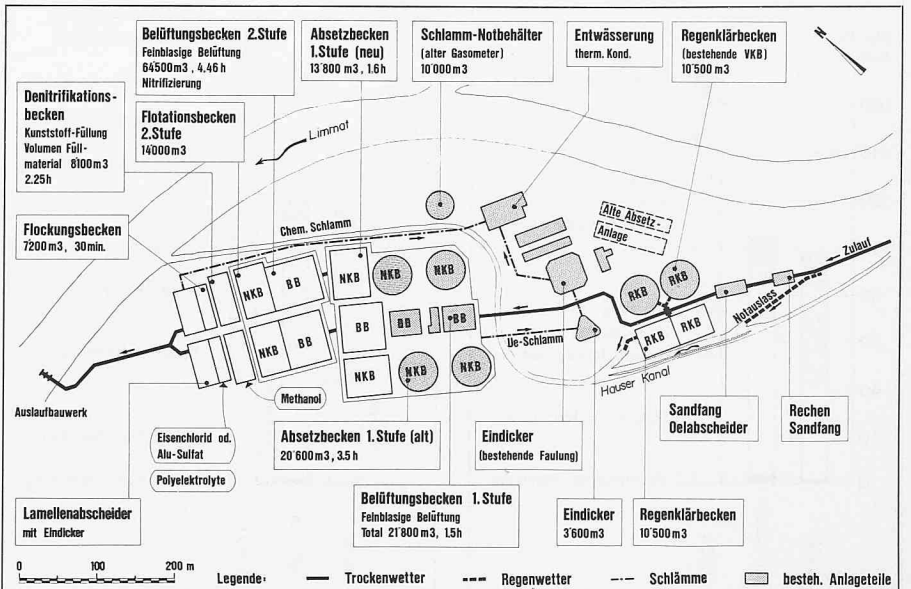


Bild 4. Lösungsvorschlag der Arbeitsgemeinschaft Dow



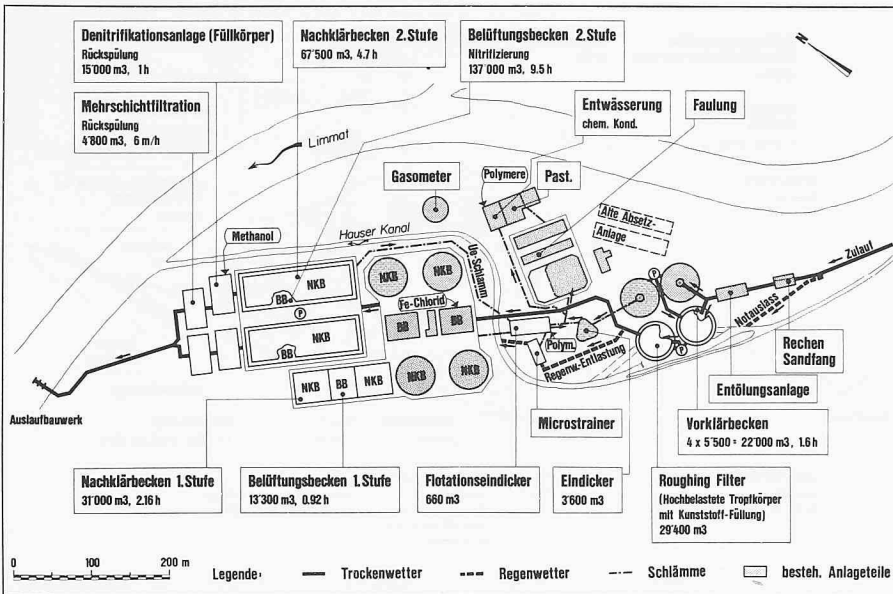


Bild 5. Lösungsvorschlag der Arbeitsgemeinschaft Metcalf

Bild 6. Lösungsvorschlag der Arbeitsgemeinschaft Unox

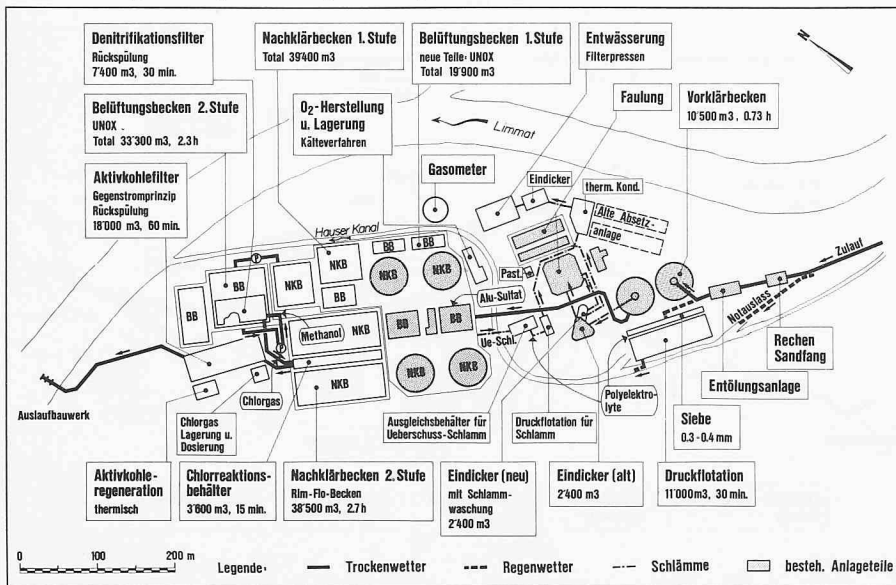


Bild 7. Investitionen

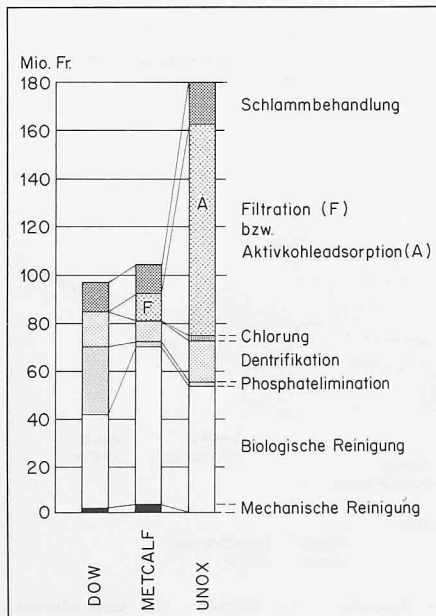
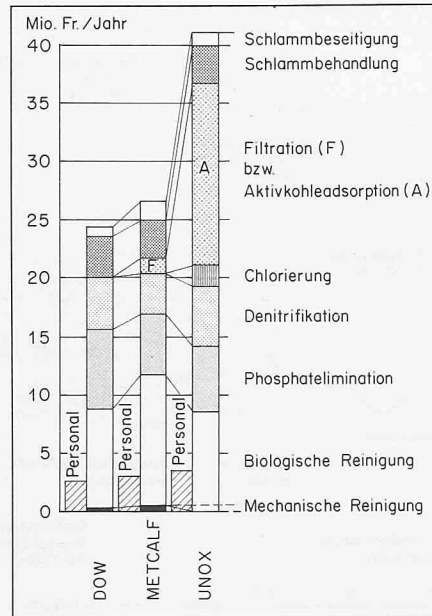


Bild 8. Jahreskosten



genaue Leistungsüberprüfung ausgewählt werden.

Es war dies die Verfahrensstudie der Arbeitsgemeinschaften:

- Metcalf & Eddy/Ingenieurgesellschaft Benz, Eichenberger, Kropf und Morgenthaler, Schmid.
- Union Carbide/Cornell, Howland, Hayes & Merryfield-Hill/Holinger
- Dow Chemical/Elektrowatt/Perrin.

Schätzung von Investitions- und Jahreskosten

Um einen relativ genauen und sauberen Kostenvergleich machen zu können, wurde die Kostenschätzung der Verfahren vom Veranstalter gemeinsam mit den Teilnehmern durchgeführt.

Einige im Ideenwettbewerb nicht oder nur schwer abschätzbare Positionen sind dabei ausgeklammert worden. Die Berücksichtigung dieser Positionen würde einen Zuschlag von zirka 20% zu den Investitionskosten und 8% zu den Jahreskosten erfordern. Auch die Investitionskosten und die Jahreskosten der bestehenden Anlage sind in den beiden Zusammenstellungen (Bild 7 und 8) nicht enthalten, ebenso der notwendige Ersatz von einigen bestehenden elektromechanischen Einrichtungen. Vergleicht man die Investitionskosten auf dem Säulendiagramm, so ist ersichtlich, dass der Vorschlag der Arbeitsgemeinschaft Unox mit rund 180 Mio Fr. deutlich über den Vorschlägen der beiden anderen Arbeitsgemeinschaften (je 100 Mio Fr.) obenausschwingt. Dabei macht die Aktivkohle-Adsorptionsstufe rund die Hälfte der gesamten Investitionskosten aus. Auf Grund der Leistungsüberprüfung muss aber angenommen werden, dass die Lösung Unox auch die einzige ist, die alle Abflussanforderungen zu erfüllen vermag. Sieht man von der Filtration respektive Aktivkohle-Adsorption ab, so werden alle drei Vorschläge etwa gleich teuer.

Die Jahreskosten verteilen sich gesamthaft etwa je zur Hälfte auf Kapitaldienst und Betriebskosten. Die Kapitalkosten wurden mit 7,5% Zins und mit einer Abschreibungszeit von 30 Jahren für den baulichen Teil beziehungsweise 15 Jahren für den elektro-mechanischen Teil berechnet. Das Gesamtbild weicht wenig von demjenigen der Investitionskosten ab.

Leistungsüberprüfung

Neben der Kostenbeurteilung wurden die ausgewählten Gesamtstudien, wie schon erwähnt, nochmals einer eingehenden Leistungsüberprüfung durch die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und

Gewässerschutz (EAWAG) unterzogen.

In Tabelle 1 ist das erhaltene Resultat dargestellt. Die geforderten Werte bezüglich BSB₅ und ungelöster Stoffe wurden von allen drei Teilnehmern mit grosser Sicherheit erreicht, ja sogar unterschritten. Zur Erreichung der geforderten Werte angelöstem COD und org C (DOC) ist hingegen eine Adsorption, wie sie die Studie *Unox* vorschlägt, oder ein gleichwertiges Reinigungsverfahren notwendig. Die volle Nitrifikation im Winter wie im Sommer scheint in den Vorschlägen *Metcalf* und *Unox* gewährleistet. Beim Vorschlag *Dow* ist im Winter nur mit einer Teilnitrifikation zu rechnen. Die erforderliche Eliminationsrate für den Gesamtstickstoff wird in allen drei Studien erreicht. Die geforderte Leistung bezüglich Phosphorelimination wird bei *Metcalf* und *Unox* übertroffen. Damit die diesbezügliche Anforderung auch mit dem Vorschlag *Dow* erfüllt wird, sind die angenommenen Chemikaliendosierungen wahrscheinlich zu erhöhen.

Die aufgestellten Bedingungen wurden also in den einzelnen Studien zum Teil übertroffen, zum Teil aber auch nicht ganz erreicht. Deshalb schien es verlockend, einen Kosten-Nutzen-Vergleich vorzunehmen, der eine objektive Rangliste der drei ausgewählten Gesamtstudien gestatten sollte. Leider musste dieses Unterfangen aufgegeben werden, weil bei der Zuordnung von Geldbeträgen zu einem bestimmten relativen Nutzen unüberwindbare Schwierigkeiten auftraten.

Aber auch der anschliessend durchgeführte Versuch, unabhängig von den Kosten wenigstens den Nutzen zu bewerten, gestaltete sich schwierig [1]. Dies hauptsächlich deshalb, weil die Auswirkungen der verschiedenen Komponenten des Abflusses auf den Vorfluter heute noch wenig erforscht sind und demzufolge eindeutige Verhältniszahlen des Nutzens einer Komponente gegenüber den anderen fehlen.

Spezifische Kosten

In Tabelle 2 wurde versucht, durch Umrechnung der Investitions- und Jahreskosten die Aufwendungen pro m³ Abwasser und diejenigen pro Einwohnergleichwert und Jahr zu erhalten. Die Werte beziehen sich auf den zukünftigen Trockenwetteranfall von 4 m³/s und enthalten einen Zuschlag für die in einem Ideenwettbewerb schwer abschätzbaren Positionen. Die Kosten der Regenwasserbehandlung wurden jedoch ausgeklammert. Es ist aber noch einmal darauf hinzuweisen, dass wahrscheinlich nur die vorgeschlagene Verfahrenskombination der Arbeitsge-

Tabelle 1. Leistungsüberprüfung. Abflusskonzentrationen der Endstufe [mg/l]

Komponenten	Berechnung der EAWAG für Projektstudie			Werte gemäss Pflichtenheft
	<i>Dow</i>	<i>Metcalf</i>	<i>Unox</i>	
BSB ₅	5	5	3	10
COD	40*	35*	10	20
DOC	15*	ca. 15*	< 5	5
SS	15	5	7	20
P	1,5*	< 1	< 1	1
NH ₄ - N	ca. 3*	1	1	2
N	15	15	15	15
Stufen nach der Nitrifikation	Denitrifikation mit Nachfällung	Denitrifikation mit Filtration	Denitrifikation mit Chlorung/Adsorption	

* Diese gemäss Pflichtenheft geforderten Werte konnten von der Projektstudie nicht eingehalten werden.

Tabelle 2. Spezifische Kosten (Preisbasis 1974)

	Investitionen		Jahreskosten	
	sFr. je 1000 m ³ /d	sFr. je l/s	sFr. je m ³ /a	sFr. je EG/a
Erweiterung				
- <i>Dow</i>	340 000.—	29 000.—	-21	38.—
- <i>Metcalf</i>	365 000.—	31 000.—	-23	41.—
- <i>Unox</i>	625 000.—	54 000.—	-36	66.—
Bestehende Anlage			-08	14.—
Gesamte Anlage bei Erweiterung nach				
- <i>Dow</i>			-29	52.—
- <i>Metcalf</i>			-31	55.—
- <i>Unox</i>			-44	80.—

meinschaft *Unox* die geforderten Abflussbedingungen erfüllen wird, was natürlich in den Kosten deutlich zum Ausdruck kommt. Als Vergleich sind auch die entsprechenden Werte der bestehenden Anlage beigefügt, wobei die Kosten auf der Preisbasis 1974 und den zukünftigen Trockenwetteranfall von 4 m³/s berechnet wurden.

Die allgemein bekannte Tatsache, dass in einer *Grossanlage*, bei gleichen Kosten pro angeschlossenen Einwohner, ein wirkungsvollerer Gewässerschutzbeitrag geleistet werden kann, konnte an Hand der erarbeiteten Zahlen eindrücklich belegt werden [1]. Eine weitergehende Abwasserreinigung in Abwasserschwerpunkten wie Zürich ist deshalb durchaus gerechtfertigt, ja musste sogar angestrebt werden. Dies wird auch bestärkt durch den Umstand, dass die relativ komplizierten Verfahren der weitergehenden Abwasserreinigung in einer *Grossanlage* besser überwacht und gesteuert werden können, da entsprechende Fachleute vorhanden sind.

Erkenntnisse

Das Ergebnis des Ideenwettbewerbes konnte gesamthaft als Erfolg bezeichnet werden. Auf Grund der Studien war

es möglich, ein ziemlich *umfassendes Bild über die praktischen Grenzen* der heutigen Abwassertechnologie und über die Ausbaumöglichkeiten der Kläranlage Werdhölzli zu machen.

So wurde unter anderem erkannt, dass für den Fall Werdhölzli der Weg nur über eine gutausgebaute biologische Reinigung mit entsprechender Nachbehandlung führt und ein Umbau der heutigen Kläranlage in eine rein physikalisch-chemische Anlage sowohl finanziell als auch in bezug auf die starken Eingriffe in die bestehende Kläranlage nicht in Frage kommt.

Leider wurden aber *nicht alle Ziele* des Wettbewerbes *vollständig erreicht*. Keine der vorgeschlagenen Verfahrenskombinationen konnte zum Beispiel für eine direkte Weiterbearbeitung als genügend ausgereift bezeichnet werden. Es zeigte sich nämlich, dass Erfahrungen von entsprechenden in Betrieb stehenden Anlagen auch in Amerika Anfang der 70er Jahre weitgehend fehlten.

Trotz all dieser Unsicherheiten konnte festgestellt werden, dass die strengen Anforderungen, die an den Abfluss der Kläranlage gestellt worden sind, mit den heute bekannten Abwasserreinigungsverfahren erfüllt werden können. Allerdings ist der finanzielle Aufwand sehr hoch.

Weiteres Vorgehen nach dem Ideenwettbewerb

Auf Grund des Wettbewerbsergebnisses war es angezeigt, mit dem Start zu einem Projektwettbewerb, aber auch mit einer Auftragserteilung für die weitere Projektierung einstweilen zuzuwarten. Zunächst mussten die notwendigen Grundlagen für eine weitere Projektierung bereitgestellt und die einzelnen in Betracht kommenden *Verfahrensschritte* genauer untersucht werden.

Um die deshalb notwendige praktische Leistungsüberprüfung möglichst neutral durchzuführen, wurden *umfangreiche Versuche* in der Versuchsanlage Tüffenwies der EAWAG im Winter 1974/75 vorgenommen [2]. Gleichzeitig konnten die weiteren Projektierungsgrundlagen gründlich und umfassend vorbereitet werden. Vor allem sind die Zu- und Abflusswerte unter Berücksichtigung

der im Ideenwettbewerb gewonnenen Erkenntnisse für den bevorstehenden Ausbau nochmals unter die Lupe genommen worden [3]. Es ging dabei nicht um eine Änderung der Zielvorstellung für den zukünftigen Zustand der Limmat, sondern es stellte sich heraus, dass *mit dem heutigen Abwasser die Nutzungsziele der Limmat* mit einem massiven Ausbau der biologischen Belebtschlammanlage inklusive Simultanfällung und einer anschliessenden Flockungfiltration *vor-erst erreicht* werden können.

In der Zukunft muss jedoch versucht werden, die *Qualität des heutigen Anla-gezuzufusses mindestens zu erhalten*, wenn möglich aber zu verbessern, so dass auf Verfahrensstufen, wie die teure Aktivkohlebehandlung, noch viele Jahre verzichtet werden kann. Um diese Zielsetzung zu erreichen, ist es aber notwendig, ein *besonderes Gewicht auf die Reduktion* der in der Kläranlage

nur ungenügend oder gar nicht abbaubaren Stoffe *aus Industrie und Gewerbe* zu legen.

Literaturverzeichnis

- [1] Wiesmann, J., Roberts P.: «Ergebnisse eines internationalen Wettbewerbes für die weitergehende Abwasserreinigung aus der Kläranlage Zürich-Werdhölzli». 3. Europäisches Abwasser- und Abfallsymposium, München 1975, Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung, Bonn, Nr. 28.
- [2] EAWAG (Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz). Abwasserreinigungsversuche für den Ausbau der ARA Werdhölzli, Schlussbericht an das Tiefbauamt der Stadt Zürich. 1974 (unveröffentlicht)
- [3] Wiesmann J., Meier H.: «Trendprognose der hydraulischen Bemessungsgrössen und der massgebenden Schmutzfracht für den Ausbau der Kläranlage Werdhölzli in Zürich». Gas-Wasser-Abwasser Nr. 8, 1977

Adresse des Verfassers: J. Wiesmann, dipl. Bauing. ETH/SIA, Leiter der Stadtentwässerung, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Werdmühleplatz 3, 8023 Zürich.

Abwasserreinigungsversuche der EAWAG

Von Willi Gujer und Markus Boller, Zürich

Einleitung

In Anbetracht der Bedeutung der Kläranlage Werdhölzli als grösste Abwasserquelle der Schweiz, wurden an die neue Anlage Anforderungen gestellt, die *nur mit weitergehender Abwasserreinigung* erfüllt werden können. Erstmals in der Schweiz musste damit eine Kläranlage dimensioniert werden, die in der Lage ist, das Abwasser während des ganzen Jahres zu nitrifizieren. Zusätzlich sollten die Schwebstoffe im Ablauf der Anlage durch Filtration zurückgehalten werden.

Wohl waren in der Fachliteratur Hinweise für die Dimensionierung einer solchen Anlage vorhanden. In der Schweiz bestanden aber kaum konkrete Erfahrungen über die Bemessung und die Betriebsstabilität dieser Verfahren.

Die Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) unterhält in der Tüffenwies (Zürich) eine Versuchsanlage, die in idealer Weise erlaubte, Versuche mit den in Erwägung gezogenen Abwasserreinigungsverfahren zu be-

treiben. Im September 1974 wurde die EAWAG durch die Baukommission für den Ausbau der Kläranlage Werdhölzli beauftragt, *Pilotversuche* durchzuführen, um Bemessungsunterlagen für die Erweiterung zu beschaffen. Mit der Ablieferung des Schlussberichts zu den Versuchen im September 1975 und einer späteren Ergänzung der Untersuchungen zur Abklärung des Effekts von Prozessrückläufen (Faulwasser) auf die biologische Abwasserreinigung (Nitrifikation) standen dann *zuverlässige Unterlagen für die Bemessung* der neuen Anlage zur Verfügung.

Versuchsprogramm

Bild 1 zeigt das *Betriebsschema* der Pilotanlagen. Die Belastungen der halbertechnischen Belebungsanlagen ($Q = 65-120 \text{ m}^3/\text{Tag}$) liessen ein breites Spektrum der Nitrifikationsergebnisse erwarten. Die Anlage 2 wurde bei gleicher mittlerer Belastung betrieben wie die Anlage 1, jedoch mit Simultanfällung. Die intensive Überwachung der Belebungsanlagen dauerte 19 Wochen

(Winter 1974/75). Die Laboranlagen mit einem Durchfluss von 130-400 l/Tag konnten mit Thermostaten im Temperaturbereich von 6-14 °C gehalten werden. Ihr Betrieb erlaubte, den *Grenzbereich der Nitrifikation als Funktion der Temperatur* zuverlässig zu bestimmen. In einer Ergänzungsstudie wurde in den Laboranlagen zusätzlich der Einfluss des Faulwassers aus der bestehenden Kläranlage auf die Nitrifikation untersucht.

Kolonnen mit einem Durchsatz von 4,3 bis 37 m³/Tag dienten zur *Untersuchung der Flockungfiltration*. Der maximale Druckverlust dieser Filter war auf 3 m WS beschränkt. Die Filtergehäuse mit einem Durchmesser von 20 cm wurden mit Mehrschichtfiltern in der Höhe von 1,40 m bis 1,55 m ausgerüstet.

Gesamthaft konnten für alle Grössen, die von Interesse sind, genügend Einzelwerte bestimmt werden, um die Resultate in statistischer Form darzustellen.

Resultate aus den Nitrifikationsversuchen

Die *Nitrifikation* dient der Oxidation von Ammonium (NH₄⁺) über Nitrit (NO₂⁻) zu Nitrat (NO₃⁻). Nitrifizierende Mikroorganismen unterscheiden sich