

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 93 (1975)  
**Heft:** 4: Bauwirtschaft heute und morgen: Umwelttechnik am Beispiel

**Artikel:** Ausgleichs- und Speicherbecken in der Abwassertechnik  
**Autor:** Dauber, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72663>

### **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:** 30.01.2025

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

# Ausgleichs- und Speicherbecken in der Abwassertechnik

Von L. Dauber, Dübendorf

DK 628.3

## 1. Problemstellung

In den kommunalen Kläranlagen ist der Abwasserzufluss grossen Schwankungen unterworfen. Wenn man einmal davon absieht, dass bei Regenwetter der Zufluss auf ein Mehrfaches des grössten Trockenwetterzuflusses steigen kann, so fallen vor allem die im Verlauf des Tages auftretenden Zuflussschwankungen ins Gewicht. Die in Bild 1 dargestellten Zuflussganglinien zeigen, dass die Form der Ganglinien, bzw. die Schwankung des Abwasserzuflusses von Ort zu Ort je nach den besonderen Verhältnissen sehr verschieden sein kann.

Im Bild 1 sind 6 Trockenwetterganglinien von 5 Kläranlagen eingetragen. Um die Ganglinien miteinander vergleichen zu können, wurden alle Abwasserzuflüsse auf das 24-Stunden-Mittel bezogen und letzteres 100% gleichgesetzt. Die Kurve A stammt von einer Stadt, die einige sehr abwasserintensive Industriebetriebe hat. Der Abwasserzufluss geht in den Nachtstunden auf rund 60% des 24-Stunden-Mittels zurück, d. h., die Kurve A stellt eine Ganglinie mit einer sehr grossen Schwankung des Abwasseranfalls dar.

Die Kurve C stellt das andere Extrem einer Ganglinie dar. Sie gehört einer kleinen, wenig industrialisierten Landgemeinde an, deren Kanalisationsnetz besonders nach Regenwetter grosse Fremdwassermengen führt. Diese Wassermengen sind allerdings, obschon mit abklingender Tendenz, noch viele Tage nach dem Regenwetter vorhanden, so dass die abgebildete Ganglinie mehr oder weniger den Normalfall des Abwasserzuflusses darstellt.

Die Kurve B stammt ebenfalls von einer kleinen Landgemeinde, deren Kanalisation allerdings weniger Fremdwasser führt.

Die Kurve F stellt den Abwasseranfall einer kleinen Industriestadt dar, in der verschiedene, aber wenig abwasserintensive Industriebetriebe niedergelassen sind.

Die Kurven D und E geben ein Bild vom Gang des Abwasserzuflusses zur Kläranlage einer Grossstadt. Die Kurve E ist, wie alle bisherigen Kurven, eine Werktagsskurve, während die Kurve D für den arbeitsfreien Sonntag massgebend ist.

Die für die Reinigung des Abwassers bestimmten Becken (Absatzbecken, Belüftungsbecken usw.) werden in der Regel für den kontinuierlichen Durchflussbetrieb bemessen. Das Ab-

wasser gelangt dabei nacheinander in die verschiedenen Becken, ohne dass sich die Zuflussganglinie in ihrem Aussehen wesentlich ändert. Sie erfährt bloss eine zeitliche Verschiebung, die der Aufenthaltszeit des Abwassers in den Becken entspricht.

Bei diesem retentionsfreien oder speicherfreien Konzept der Kläranlage werden die Becken aus wirtschaftlichen Gründen zwar nicht gerade für die grösste während des Tages bei Trockenwetter auftretende oder zu erwartende Zuflussspitze bemessen, aber immerhin doch für einen Zufluss, der erheblich über dem 24-Stunden-Mittel des Trockenwetterzuflusses und sehr hoch über dem Nachtzufluss liegt. Diese Art der Bemessung ist durch den Umstand bedingt, dass von einer Kläranlage auch noch zu Zeiten der grössten hydraulischen und biochemischen Belastung, d. h. in den Tagesstunden zumindest bei Trockenwetter, eine wirksame Reinigung des Abwassers verlangt wird. Dies hat zur Folge, dass die Kläranlagen tagsüber voll beansprucht, allenfalls sogar überbeansprucht werden, während sie in der Nacht, d. h. über rund 12 Stunden des 24-Stunden-Tages unterbelastet sind. Abgesehen davon werden sprunghafte Veränderungen des Zuflusses bei der speicherfreien Bauweise der Kläranlagen nur mit geringer Dämpfung durch die verschiedenen Becken geleitet, was zu Störungen des Reinigungsprozesses führen kann.

Die Schreiber-Kläranlagen bilden eine Ausnahme von der erwähnten Regel der speicherfreien Abwasserreinigung. Bei diesen Kläranlagen gehört ein Speicher- oder Ausgleichsraum, der baulich gesehen einen Teil der Vorklärung und der beiden Faulräume darstellt, zum System. Dieser Speicherraum ermöglicht eine gleichbleibende Beschickung des Tropfkörpers und des Nachklärbeckens mit dem vorgeklärten Abwasser. Daneben wurden auch verschiedene andere, nicht an ein System gebundene, kommunale Kläranlagen mit Speicherung des Abwasserzuflusses erstellt, wie aus dem Bericht von Lindner [1] hervorgeht. Es wäre hier ohne Schwierigkeiten möglich, noch weitere inzwischen erstellte kommunale Kläranlagen mit Speicherung des Zuflusses aufzuzählen. Auch dies würde an der Tatsache, dass solche Anlagen bis heute Ausnahmefälle darstellen, nichts ändern.

Es wäre jedoch zu prüfen, ob nicht dort, wo in Zukunft an die Reinigung des Abwassers höhere Ansprüche als bisher ge-

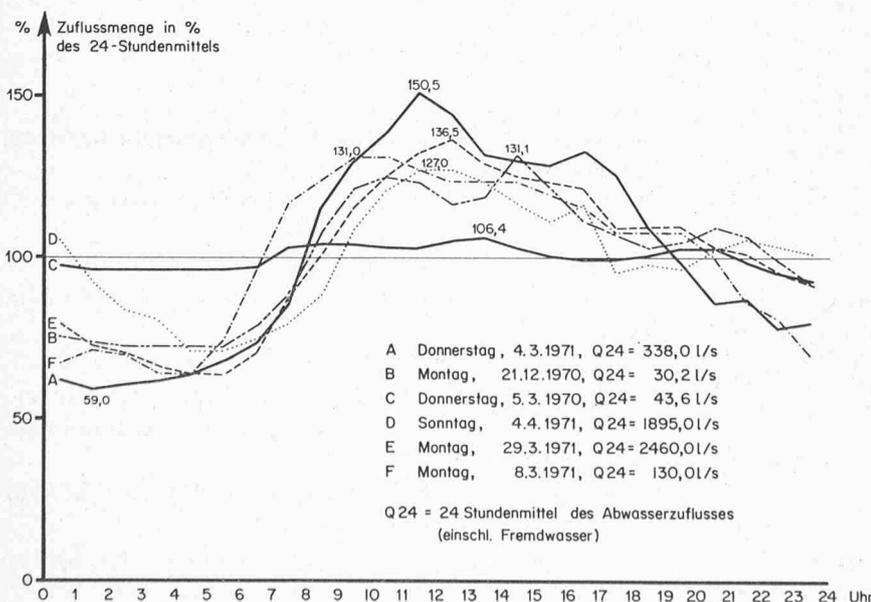


Bild 1. Tagesganglinien des Abwasserzuflusses von fünf Kläranlagen

stellt werden müssen und vor allem dort, wo anschliessend an die konventionellen Bauwerke einer biologischen Abwasserreinigungsanlage (Belüftungs- und Nachklärbecken) Bauwerke für zusätzliche Reinigungsstufen (Elimination der Pflanzennährstoffe und anderer Stoffe) vorzusehen sind, mit der Speicherung des Abwassers, bzw. mit dem daraus sich ergebenden Mengenausgleich wesentliche Vorteile erzielt werden können. Dabei bestehen zwei Möglichkeiten der Ausführung des Mengenausgleichs, je nachdem, ob für die Entleerung des Speicherraums, bzw. für die Beschickung der nachfolgenden Becken maschinelle oder mechanische Einrichtungen benutzt werden oder ob die Entleerung nur mittels baulicher Massnahmen erreicht wird. Im ersten Fall ist es möglich, z. B. mit Hilfe einer Pumpe, die nachfolgenden Becken über die ganze 24-Stunden-Periode des Tages mit einer gleichbleibenden Wassermenge zu beschicken. Die Berechnung des unter dieser Voraussetzung erforderlichen Speicherinhaltes erfolgt mit der graphischen Konstruktion der Summenlinie der Zuflüsse aus der angenommenen oder durch Messungen ermittelten Zuflussganglinie und wird hier nicht behandelt, da die erwähnte Konstruktion allgemein bekannt ist.

Hier soll vielmehr die andere Möglichkeit des Mengenausgleichs untersucht werden. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass der Abfluss aus dem Speicherbecken durch Öffnungen in den Beckenwänden unter der Wirkung des hydrostatischen Überdruckes des zurückgehaltenen Abwassers an die freie Atmosphäre erfolgt. Das Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung einer rechnerischen Methode zur Behandlung dieses Sonderfalles der Wasserspeicherung. Da sich die gefundene Lösung zu aufwendig für den unmittelbaren Gebrauch erwies, wurde ein Programm für die elektronische Berechnung aufgestellt.

Für diese rechnerische Lösung des oben beschriebenen Speichervorganges soll die in der Literatur eingeführte Bezeichnung «Retentionsberechnung» übernommen werden. Der rechnerischen wird noch die zeichnerische Retentionsberechnung vorangestellt, da letzterer nach wie vor eine grosse Bedeutung zukommt und nur von Fall zu Fall zu entscheiden ist, welcher Methode der Vorzug zu geben ist.

## 2. Zeichnerische Methode der Retentionsberechnung und Beispiel

Es gibt schon seit langem die Möglichkeit, mit einer zeichnerischen Methode die Aufgabe zu lösen, für einen gegebenen Zufluss zu einem Speicherbecken den Abfluss zu ermitteln. Diese Methode ist sehr vielseitig, bzw. bei beliebig gestaltetem Speicherraum, bei praktisch jeder Abflussart (Ausfluss durch Öffnungen, Abfluss über Wehr usw.) und sogar bei zeitlicher Änderung des Abflussregimes anwendbar, wie von Vischer [2] für ein Hochwasser-Speicherbecken in allen Einzelheiten gezeigt wurde. In Bild 2 ist die zeichnerische Retentionsberechnung für ein prismatisches Speicherbecken dargestellt. Die Zuflussmengen  $QZU$  sind die in der Tabelle 1, oben eingetragenen Wassermengen. Sie sollen den Abwasserzufluss zu einer Kläranlage darstellen und sich nach 24 Stunden wiederholen.

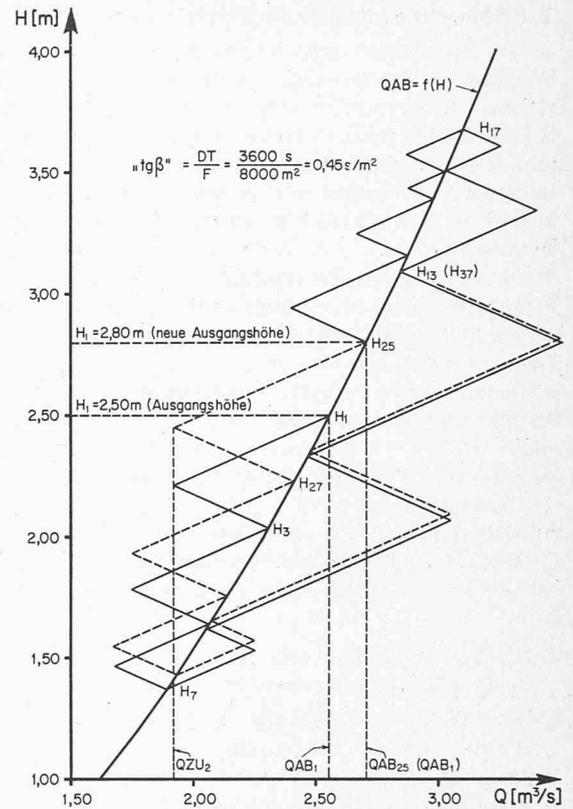


Bild 2. Retentionsberechnung im  $H$ - $Q$ -Diagramm

Der Abfluss soll durch Öffnungen in einer Beckenwand mit einem Gesamtquerschnitt  $AF$  von  $0,40 \text{ m}^2$  an die freie Atmosphäre erfolgen. Alle Öffnungen liegen auf gleicher Höhe. Da in diesem besonderen Fall der Abwasserspeicherung die Anfangshöhe des Beckenwasserspiegels nicht bekannt ist, musste zu Beginn der Berechnung eine Wasserspiegelhöhe als Ausgangshöhe gewählt werden. Dann wurde die ganze 24-Stunden-Periode zeichnerisch durchgerechnet, bis und mit  $H_{23}$ , bzw.  $QAB_{23}$  (Abflussmenge in der 23. Tagesstunde). Zur Kontrolle wurde in die nächste Tagesperiode weitergerechnet, bzw.  $H_{25}$  ermittelt. Dabei zeigte es sich, dass die für  $H_1$  angenommene Wasserspiegelhöhe noch nicht mit  $H_{25}$  übereinstimmte. Deshalb wurde die Retentionsrechnung nochmals, diesmal mit  $H_{25}$  als Ausgangshöhe begonnen. Es war nicht nötig, die ganze Periode durchzurechnen, da schon bei  $H_{37}$  die ermittelten Werte für  $H$  und  $QAB$  genügend genau mit den entsprechenden Werten des ersten Berechnungsganges übereinstimmten. Somit konnten die Wasserspiegelhöhen  $H_{25}$  bis  $H_{37}$  (anstelle von  $H_1$  bis  $H_{13}$ ) und  $H_{15}$  bis  $H_{23}$  als endgültige Höhen betrachtet werden. Auch diese Höhen und die entsprechenden Abflussmengen sind in der Tabelle 1 eingetragen.

Tabelle 1. Zuflussmengen  $QZU$  und Ergebnisse der rechnerischen und zeichnerischen Ermittlung der Wasserspiegelhöhen  $H$  und der Abflussmengen  $QAB$  für die Beckenoberfläche  $F$  von  $8000 \text{ m}^2$  und den gesamten Abflussquerschnitt  $AF$  von  $0,4 \text{ m}^2$

Zeitintervall Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zufluss $QZU$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	2,10	1,92	1,85	1,75	1,68	1,68	1,85	2,30	2,65	3,05	3,30	3,50	3,60	3,40	3,30	3,25	3,20	2,87	2,87	2,88	2,73	2,67	2,50	2,40
Rechnerisch ermittelte Werte:																								
Wasserspiegel $H$ [m]	2,90	2,64	2,36	2,11	1,87	1,66	1,51	1,46	1,59	1,84	2,18	2,55	2,92	3,27	3,47	3,59	3,67	3,72	3,62	3,54	3,47	3,36	3,24	3,08
Abfluss $QAB$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	2,75	2,63	2,48	2,35	2,21	2,08	1,98	1,95	2,04	2,19	2,39	2,58	2,76	2,92	3,01	3,06	3,10	3,11	3,07	3,04	3,01	2,96	2,91	2,84
Zeichnerisch ermittelte Werte:																								
Wasserspiegel $H$ [m]	2,80	2,23	1,76	1,43	1,65	2,35	3,11	3,50	3,67	3,50	3,39	3,16												
Abfluss $QAB$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	2,71	2,31	2,14	1,93	2,07	2,47	2,86	3,04	3,10	3,04	2,98	2,88												

### 3. Rechnerische Methode der Retentionsberechnung und Beispiel

In der Abwassertechnik kann von der erwähnten Vielseitigkeit der zeichnerischen Retentionsberechnung nicht der gleiche Nutzen gegeben werden, wie z.B. im Wasserbau, da ja praktisch als Speicherbecken nur der im vorangehenden Abschnitt behandelte Spezialfall eines prismatischen Beckens von Interesse ist. Hingegen ist es in der Abwassertechnik erforderlich, einen bestimmten Fall öfters, d.h. mit Veränderung der Randbedingungen, z.B. für verschieden grosse Beckenoberflächen, zu rechnen, bis schliesslich die wirtschaftlich günstigste Form und Grösse des Beckens ermittelt worden ist. Ausserdem ist, wie im Beispiel des vorangehenden Abschnittes, die hydraulische Ausgangslage im voraus nicht immer gegeben, so dass schon aus diesem Grunde die Berechnung mindestens zweimal durchgeführt werden muss, bis ein brauchbares Resultat erreicht wird. Die rechnerische Methode ermöglicht nun mit Hilfe einer EDV-Anlage, die Retentionsberechnung ohne grossen Aufwand beliebig oft mit veränderten Randbedingungen zu wiederholen. Wie bemerkt wurde, soll die Berechnung nur für einen Spezialfall eines Speicherbeckens abgeleitet werden, der durch die nachstehenden Voraussetzungen gekennzeichnet ist:

- Die Speicherbecken sind prismatisch, d.h., die Oberfläche ist für alle Fülltiefen dieselbe.
- Der Abfluss aus dem Becken erfolgt mit freiem Strahl durch Öffnungen in den Beckenwänden und ist somit nicht eingestaut.
- Alle Öffnungen liegen auf gleicher Höhe.
- Die Öffnungen sind im Verhältnis zu den Wasserständen über den Öffnungen klein.
- Die Fliessgeschwindigkeit des Wassers ist im Becken so klein, dass sie in der Berechnung vernachlässigt werden kann.

Unter diesen Voraussetzungen kann, sofern  $H$  bekannt ist, für die Berechnung der Abflussmenge die nachstehende Formel benützt werden.

$$(1) \quad Q_{AB} = AFv = AF \sqrt{(2gH)/(1 + \xi_E)}$$

Es bedeuten:

$Q_{AB}$	Abflussmenge	[L <sup>3</sup> /T]
$AF$	Summe der Querschnitte aller Abflussöffnungen	[L <sup>2</sup> ]
$v$	Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Becken	[L/T]
$g$	Fallbeschleunigung auf der Erde	[L/T <sup>2</sup> ]
$H$	Wasserhöhe über dem Schwerpunkt der Öffnungen	[m]
$\xi_E$	Koeffizient des Einlaufverlustes der Öffnungen in der Beckenwand	[-]

Für die Ermittlung der noch unbekannt Wasserhöhe  $H$  dient die Differenzgleichung des Retentionsvorganges, welche mit etwas veränderter Schreibweise folgendermassen dargestellt werden kann:

$$(2) \quad \frac{DH}{QZU - Q_{AB}} = \frac{DT}{F}$$

Es bedeuten:

$DH$	Änderung des Wasserstandes im Speicherbecken	[L]
$QZU$	Zuflussmenge	[L <sup>3</sup> /T]
$DT$	Zeitintervall, konstante Grösse	[T]
$F$	Beckenoberfläche, konstante Grösse	[L <sup>2</sup> ]

Die Anwendung der Gleichung (2) ermöglicht nach Einsetzen der Gleichung (1) und nach entsprechenden Umformungen eine rekursive Bestimmung der Wasserstände  $H$  im Speicherbecken bei gegebenem beliebigem Zufluss. Es ist je-

doch notwendig, vorher noch Abmachungen über die Indizierung der in der Gleichung auftretenden Variablen zu treffen:

- Das Zeitintervall  $n$  liegt zwischen den Intervallgrenzen  $n$  und  $n + 1$ .
- Die Zuflussmenge  $QZU_n$  liegt ebenfalls zwischen den Intervallgrenzen  $n$  und  $n + 1$  und soll während dieser Zeit konstant sein. Hingegen darf sich der Abwasserzufluss an den Grenzen sprunghaft verändern.
- Der Wasserzustand  $H_n$  ist nur an der Intervallgrenze  $n$  anzutreffen. Es wird vorausgesetzt, dass sich der Wasserstand des Speicherbeckens zwischen zwei benachbarten Intervallgrenzen angenähert linear verändert. Damit diese Voraussetzung zutrifft, müssen die Zeitintervalle genügend eng gewählt werden.
- Die über das Zeitintervall  $n$  konstante mittlere Abflussmenge  $Q_{ABM}_n$  wird folgendermassen definiert:

$$(3) \quad Q_{ABM}_n = AF \sqrt{2g \frac{H_n + H_{n+1}}{2(1 + \xi_E)}} = AF \sqrt{\frac{g}{(1 + \xi_E)}} \sqrt{H_n + H_{n+1}}$$

Die Retentionsgleichung (2) kann nun in nachstehender Form geschrieben werden:

$$(4) \quad \frac{H_{n+1} - H_n}{QZU_n - Q_{ABM}_n} = \frac{DT}{F}$$

Nach Einsetzen der rechten Seite der Gleichung (3) in den Nenner der Gleichung (4) erhält man eine quadratische Gleichung mit  $H$  als einziger Variablen. Ihre Auflösung ergibt für das gesuchte  $H_{n+1}$  folgende Rekursionsformel:

$$(5) \quad H_{n+1} = A^2/2 + B - \sqrt{(A^2 + 2B)^2/4 + A^2 H_n - B^2}$$

$A$  und  $B$  sind Hilfsgrössen und bedeuten:

$$(5a) \quad A = (DT/F) \sqrt{\frac{g}{1 + \xi_E}} AF$$

$$(5b) \quad B = (DT/F) QZU_n + H_n$$

Sobald mit Hilfe der Formeln (5) bis (5b) die Wasserstände über die massgebende Zeitperiode, z.B. über den 24-Stunden-Tag berechnet worden sind, können auch die Abflussmengen mit der Formel (1) berechnet werden. Die nur für die Aufstellung der Gleichung (5) benötigte mittlere Abflussmenge  $Q_{ABM}$  tritt bei der Berechnung der Abflussmengen nicht mehr auf. Statt dessen werden die an den Intervallgrenzen auftretenden Wassermengen  $Q_{AB}_n$  mit der Formel (1) berechnet.

Die Zuflussmengen werden in Wirklichkeit nicht gemäss der getroffenen Annahme in das Speicherbecken gelangen, sondern sich auch innerhalb des Zeitintervalls  $DT$  mehr oder weniger verändern. Deshalb muss noch vor Ausführung der Berechnungen die Zeitperiode in so viele gleich lange Zeitintervalle aufgeteilt werden, dass auch das Rechnen mit dem über das Intervall konstant angenommenen Zufluss zu genügend genauen Resultaten führt. Im vorliegenden Fall, bei dem es sich um den Abwasserzufluss zu einer kommunalen Kläranlage handelt, ergibt sich von selbst als Zeitperiode der Tag mit 24 Stunden. Als Zeitintervall wurde eine Stunde festgelegt. Für  $\xi_E$  wurde der Wert 0,20 angenommen, was einem hydraulisch gut ausgebildeten Einlauf entspricht.

Für die Gleichung (5) wurde ein Programm zur elektronischen Berechnung in Fortran IV geschrieben, welches die gleichzeitige Eingabe von mehreren Werten für die Abflussöffnungen  $AF$  und die Beckenoberfläche  $F$  für eine bestimmte Ganglinie des Abwasserzuflusses und ein bestimmtes Speicherbecken erlaubt. Auf diese Weise erhält man mit einer ein-

maligen Eingabe in die EDV-Anlage eine ganze Reihe von Berechnungsergebnissen, aus denen die zweckmässigste Lösung ausgewählt werden kann.

Die Bestimmung der konstanten Zuflussmengen  $QZU_n$  wurde für jedes Zeitintervall an Hand der Ganglinie der Zuflussmengen durchgeführt. Dabei wurde  $QZU_n$  als mittlere Zuflussmenge der in Wirklichkeit über das Zeitintervall nicht konstanten Zuflussmenge mit genügender Genauigkeit von Auge ermittelt. Abgesehen davon wurden Schwallerscheinungen, die bei plötzlichen grossen Abwasserzuflüssen auftreten, nicht berücksichtigt. Dieses einfache Vorgehen ist natürlich nicht immer zulässig.

Im Falle des Abwasserzuflusses zu einer kommunalen Kläranlage ist der für die Rekursionsberechnung gemäss Gleichung (5) erforderliche Ausgangswert für den Wasserstand  $H_1$  zu Beginn der Zeitperiode im voraus nicht bekannt und muss deshalb angenommen werden. Man wird dabei, um schnell zum wirklichen Wert von  $H_1$  zu gelangen, nicht von irgendeinem willkürlichen Wert, sondern z.B. vom Wasserstand für  $H_1$ , der sich beim Abfluss des 24-Stunden-Mittels des Abwasserzuflusses ergibt, ausgehen. Die Berechnung muss dann über mehrere, wenn ein günstiger Ausgangspunkt für  $H_1$  gewählt wurde über mindestens drei Zeitperioden geführt werden, bis schliesslich eine ausreichende Konvergenz zwischen dem Ausgangswert von  $H_1$  und dem sich nach jeder Zeitperiode neu ergebenden Wert von  $H_1$  erreicht worden ist.

Als Beispiel für die rechnerische Methode der Retentionsberechnung wurde derselbe Fall wie für die zeichnerische Berechnung genommen.

#### 4. Vergleich der Berechnungsergebnisse

In der Tabelle 1 sind die aus beiden Berechnungen erhaltenen Ergebnisse eingetragen. Da die zeichnerische Berechnung über zwei Zeitintervalle  $DT$  erfolgte, ergibt sich bei dieser Methode dementsprechend auch nur für jedes zweite Zeitintervall ein Wert für den Wasserspiegel  $H$ .

Die Werte für die Wasserspiegel weichen teilweise etwas voneinander ab. Dafür kann als Ursache der Umstand angegeben werden, dass bei der zeichnerischen Methode nur die Hälfte der Ausgangsdaten der Berechnung, d.h. der Zuflussmengen  $QZU$  benützt wurde. Für praktische Zwecke fallen die Abweichungen jedoch kaum ins Gewicht, wie aus Bild 3 hervorgeht. Dort sind die Ergebnisse der beiden Wasserspiegelberechnungen als Kurven dargestellt. Darunter befinden sich die für die elektronische Berechnung in ein Treppendiagramm umgewandelte Ganglinie des Abwasserzuflusses  $QZU$  und die Ganglinie des Abflusses  $QAB$ .

#### 5. Ausgleichswirkung der Speicherbecken

Zuletzt stellt sich noch die Frage, wie die Ausgleichswirkung eines Speicherbeckens zu beurteilen ist und ob es möglich ist, einen Massstab für die Ausgleichswirkung zu finden.

Die Aufstellung eines solchen Massstabes soll nachstehend versucht werden. Dabei sollen im voraus, und zwar von der Praxis der Abwassertechnik her gesehen, zwei verschiedene Ausgleichswirkungen betrachtet werden. Die erste bezieht sich auf diejenige Wirkung des Speicherbeckens, welche bei einem Zufluss auftritt, dessen Ganglinie das Aussehen einer der Ganglinien des Bildes 1 hat. Bei all diesen Ganglinien hat sich der Ausgleich von allenfalls stossweise anfallenden Zuflüssen bereits im Kanalisationsnetz vollzogen, so dass diese Kurven einen mehr oder weniger stetigen Verlauf haben. Bei dieser Gelegenheit sei noch bemerkt, dass sich ein Speicherbecken für einen Zufluss gemäss der Ganglinie C erübrigt, da der Ausgleich infolge unerwünschter, verhältnismässig grosser Fremdwasserzuflüsse praktisch vollständig bereits im Kanalisationsnetz stattgefunden hat.

Die zweite Ausgleichswirkung befasst sich mit stossweisen Zuflüssen, welche zwar von verhältnismässig kurzer Dauer, aber so stark sind, dass sie sich noch in der Kläranlage auswirken und eine vollkommen veränderte Ganglinie des Zuflusses zur Folge haben.

Für die Darstellung der ersten Ausgleichswirkung wurde die Zuflussganglinie der Tabelle 1 herangezogen. Dabei wurden für verschiedene Grössen der Beckenoberfläche bei gleichbleibender Grösse des Gesamtquerschnittes der Abflussöffnungen die entsprechenden Ganglinien der Wasserstände  $H$  und der Abflussmengen  $QAB$  berechnet. Der Wasserstand schwankt für jede einzelne Grösse der Beckenoberfläche zwischen einem Höchst- und einem Mindestwert innerhalb der Zeitperiode des 24-Stunden-Tages. Sogar der Mindestwert kann, wie es im Bild 4 angedeutet ist, in beträchtlicher Höhe über den Abflussöffnungen des Speicherbeckens liegen. Dadurch ist es erforderlich, das gesamte Volumen  $V_1 = H_{\max} F$  in das Volumen  $V_2 = (H_{\max} - H_{\min}) F$  und in das darunter liegende Volumen  $V_3 = H_{\min} F$  zu unterteilen. Das Teilvolumen  $V_2$  ist das eigentliche Speichervolumen, während das Teilvolumen  $V_3$  für die Retention keine Rolle spielt, sondern nur zur Erzeugung der hydraulischen Druckhöhe in der Abflussöffnung dient. Aus diesem Grunde kann das Volumen  $V_3$ , wie es im Bild 4 angedeutet ist, auch weggelassen werden. Es kann natürlich auch als Absetzraum oder als Schlammraum benützt werden, wenn dies zweckmässig erscheint. Das eigentliche Speichervolumen  $V_2$  nähert sich mit zunehmender Beckenoberfläche offensichtlich einem Grenzwert. Dieser Grenzwert dürfte im vorliegenden Fall das Volumen von  $22\,842\text{ m}^3$  (rund 10% des Tagesanfalles) sein, da das Speichervolumen so gross sein muss, wenn über die Zeitperiode von 24 Stunden ein gleichmässiger Abfluss vorhanden sein soll.

Mit der Zunahme der Beckenoberfläche bzw. mit der Zunahme des Speichervolumens ergibt sich eine Verringerung der Schwankung zwischen der grössten Abflussmenge  $QAB_{\max}$  und der kleinsten Abflussmenge  $QAB_{\min}$  innerhalb der Zeitperiode. Damit lässt sich zur Beurteilung der Ausgleichswirkung eine

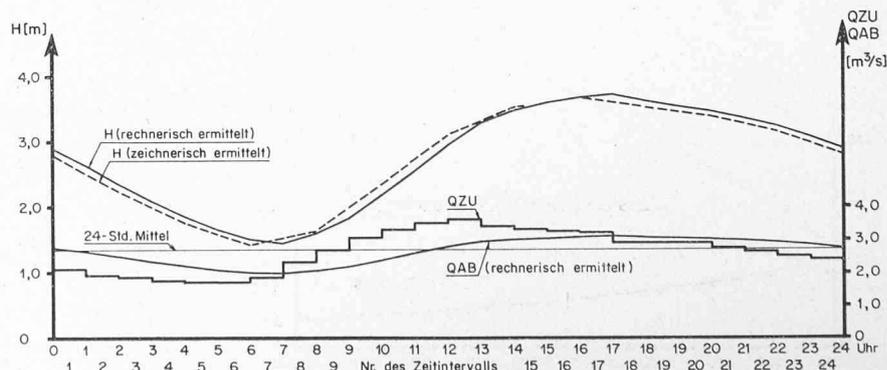


Bild 3. Wasserspiegelhöhen des Speicherbeckens. Ganglinien des Zuflusses  $QZU$  und des Abflusses  $QAB$  für die Beckenoberfläche  $F$  von  $8000\text{ m}^2$  und den gesamten Abflussquerschnitt  $AF$  von  $0,4\text{ m}^2$

relative Amplitude des Ausgleichs  $A_{QAB}$  folgendermassen festlegen:

$$A_{QAB} = \frac{QAB_{\max} - QAB_{\min}}{QMI}$$

$QMI$ : 24-Stunden-Mittel des Zuflusses bzw. Abflusses

Analog zu  $A_{QAB}$  ergibt sich auch eine relative Amplitude des Zuflusses, welche natürlich für eine bestimmte Ganglinie ein konstanter Wert ist:

$$A_{QZU} = \frac{QZU_{\max} - QZU_{\min}}{QMI}$$

Im Bild 4 ist für den untersuchten Bereich der Beckenoberflächen die Kurve für  $A_{QAB}$  eingetragen. Es erscheint auch sinnvoll, einen Wirkungsgrad  $\eta_A$  der Ausgleichswirkung in der Form von:

$$\eta_A = 1 - \frac{QAB_{\max} - QAB_{\min}}{QZU_{\max} - QZU_{\min}}$$

festzulegen, welcher alle Kennwerte vereinigt. Die Beckenoberfläche von 12000 m<sup>2</sup> entspricht der Oberfläche, welche das Speicherbecken haben müsste, wenn es gleichzeitig Absetzbecken für rohes Abwasser sein sollte. Bei dieser Oberfläche ist die Retentionswirkung schon erheblich, was in den Werten von 0,33 für  $A_{QAB}$  und von 0,55 für  $\eta_A$  zum Ausdruck kommt, während mit einer Beckenoberfläche von 4000 m<sup>2</sup> ein  $\eta_A$  von nur 0,21 erreicht werden kann.

Der Ausgleich, welcher einem  $\eta_A$  von 0,55 entspricht, muss allerdings mit einem Speichervolumen  $V_2$  von 20400 m<sup>3</sup> erkauft werden, zu dem noch ein ungefähr gleich grosses Volumen  $V_3$  hinzukommt. Eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrades  $\eta_A$  hat eine starke Zunahme der erforderlichen Volumen zur Folge. Es ist deshalb zu vermuten, dass zumindest in der Abwassertechnik die Speicherung des Zuflusses auf die vorstehend beschriebene Weise nicht immer wirtschaftlich sein kann. Selbst dann nicht, wenn das Bauland für die erforderlichen grossen Beckenoberflächen zur Verfügung stünde. Es besteht natürlich die Möglichkeit, mittels Verkleinerung

der Abflussquerschnitte mit dem Speichervolumen in die Höhe auszuweichen. Aber auch hier sind Grenzen gesetzt, wie z. B. die Verstopfungssicherheit der Abflussöffnungen usw. Das Ausweichen in die Höhe hat für einen bestimmten Dämpfungsquotienten keine Änderung des erforderlichen Speicherinhaltes zur Folge.

Das letzte Wort über die Wirtschaftlichkeit der Speicherbecken kann in einem konkreten Fall allerdings nur auf Grund einer Vergleichsberechnung gesprochen werden, welche alle Bau- und Betriebskosten der vom Vergleich betroffenen Bauwerke einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage berücksichtigt.

Um die zweite Ausgleichswirkung prüfen zu können, wurde aus der bereits benützten Ganglinie des Abwasserzuflusses eine hypothetische Ganglinie gebildet, indem an drei Stunden des 24-Stunden-Tages der ursprünglichen Ganglinie ein zusätzlicher Zufluss von 10 m<sup>3</sup>/s aufgestockt wurde. Diese Ganglinie ist in Bild 5 dargestellt. Die Berechnung der Abflussmengen ergab schon bei einer Beckenoberfläche von 8000 m<sup>2</sup> eine sehr gute Ausgleichswirkung. Diese wird durch eine Verdoppelung der Oberfläche erheblich verstärkt.

Das Speicherbecken erweist sich somit sehr wirkungsvoll für die Brechung von extremen Zuflussspitzen.

## 6. Speicherbecken mit gleichbleibendem Abfluss

Ein gleichbleibender Abfluss aus einem Speicherbecken kann durch folgende Massnahmen erreicht werden:

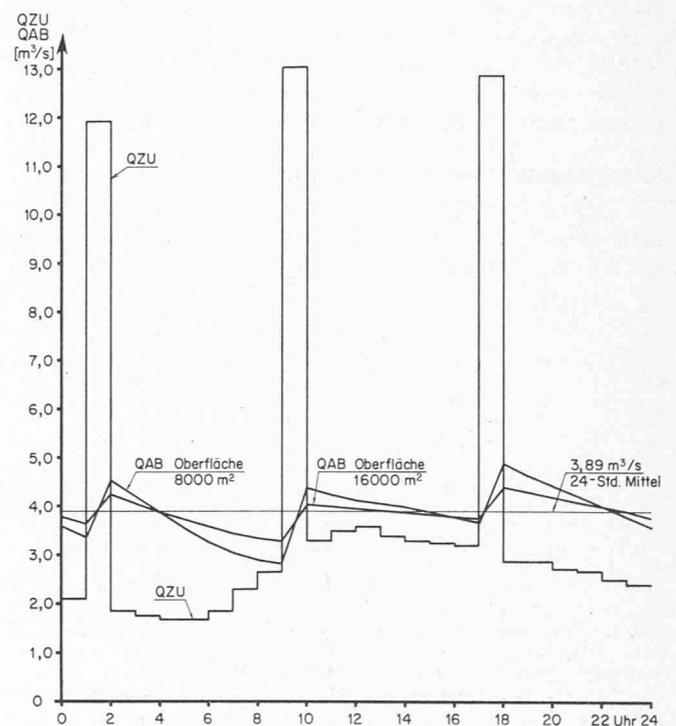
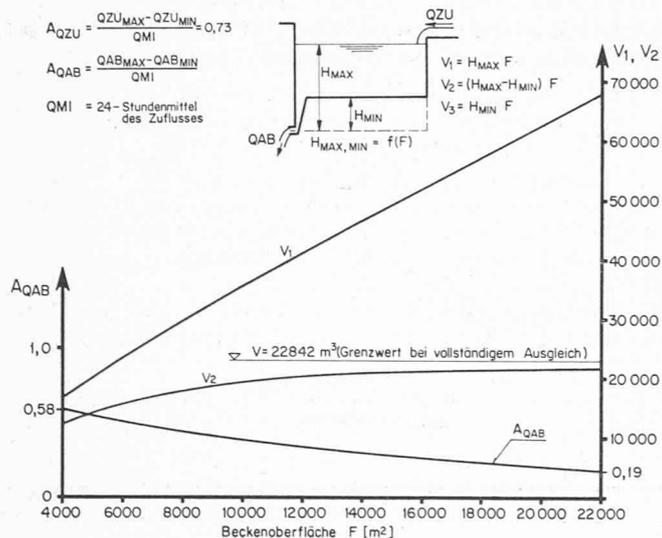
- Einsatz einer Pumpe zwecks Entnahme des Abwassers.
- Entnahme des Abwassers in konstanter Wassertiefe und damit in veränderlicher Höhenlage z. B. mit einem im Becken montierten Schwenkrohr.
- Steuerung des Abflusses mittels Veränderung des Abflussquerschnittes während des Betriebes.

Für die letztgenannte Möglichkeit kann die Retentionsgleichung (4) zu Hilfe genommen werden. Sie braucht bloss nach  $DH$  aufgelöst werden, wobei der Ausdruck  $QABM_n$  durch  $QAB$  zu ersetzen ist. Die Gleichung lautet jetzt:

$$(6) \quad H_{n+1} = \frac{DT}{F} (QZU_n - QAB) + H_n$$

Bild 5, rechts. Retentionswirkung des Speicherbeckens bei stossweisem Abwasserzufluss

Bild 4. Zusammenhang zwischen Beckenoberfläche, Beckeninhalte und Ausgleichswirkung für den Abflussquerschnitt  $AF$  von 0,4 m<sup>2</sup> und die Zuflussganglinie der Tabelle 1



Da die Abflussmenge  $Q_{AB}$  jetzt ein konstanter vorgegebener Wert ist, sind alle Ausdrücke der rechten Seite der Gleichung (6) bekannt, so dass  $H_{n+1}$  aus einem vorgegebenen  $H$  berechnet werden kann. Die Abflussquerschnitte  $AF$  können direkt aus den Wasserständen  $H$  berechnet werden, und zwar unter der Bedingung, dass die Abflussmenge  $Q_{AB}$  dem gewünschten Wert entspricht.

Der für  $Q_{AB}$  eingegebene Wert muss nicht gleich gross sein wie der Mittelwert der Abflussmengen der massgebenden Zeitperiode. Wenn er darunter liegt, füllt sich das Speicherbecken über mehrere Zeitperioden betrachtet auf; wenn er darüber liegt, entleert sich das Becken.

Als Resultat der Berechnung erhält man eine Liste der Abflussquerschnitte  $AF$  des Speicherbeckens, welche im gegebenen Zeitintervall einzustellen sind. Da sich der Abflussquerschnitt aus den Querschnitten der Einzelöffnungen zusammensetzt, wird man praktisch dabei so vorgehen, dass man entsprechend der Liste verschiedene Öffnungen nacheinander schliesst oder öffnet.

Bemerkenswert ist noch, dass bei dieser Aufgabenstellung die für  $H$  gewählte Ausgangshöhe der Berechnung erhalten bleibt und eine Wiederholung des Berechnungsganges über eine zweite Zeitperiode nicht erforderlich ist. Dadurch ist die Speicherung des Abwassers auf einem beliebigen Höhengniveau über den Abflussöffnungen möglich.

## 7. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Frage behandelt, mit welchen Methoden die Retentionswirkung eines Speicherbeckens auf den Abwasserzufluss zu einer kommunalen Kläranlage ermittelt werden kann. Dabei wurden nur die hydraulischen Auswirkungen der Retention, jedoch nicht die gleichzeitig zu erwartenden Änderungen der Konzentrationen der im Abwasser enthaltenen Stoffe untersucht.

Es wurde an Hand eines Beispiels darauf hingewiesen, dass das auf der Methode der Charakteristiken beruhende zeichnerische Berechnungsverfahren in allen auftretenden Fällen, also bei beliebiger Form des Speicherbeckens, bei beliebiger Abflussart (Abfluss durch Öffnungen, Abfluss über ein

Wehr usw.) und sogar bei veränderlichem Abflussregime anwendbar ist.

Anschliessend wurde für einen in der Abwassertechnik wichtigen Sonderfall der Retention bzw. der Abwasserspeicherung ein rechnerisches Verfahren abgeleitet, das für die elektronische Berechnung geeignet ist. Dieser Sonderfall ist ein Speicherbecken, das durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet ist:

- Das Becken ist prismatisch.
- Der Abfluss aus dem Becken erfolgt unter der Wirkung des hydrostatischen Überdruckes des im Becken gespeicherten Abwassers mit freiem Strahl durch Öffnungen in den Beckenwänden und ist nicht eingestaut.
- Alle Öffnungen liegen auf gleicher Höhe.

Die elektronische Berechnung ermöglicht es, mit einer einzigen Eingabe die Ganglinien der Wasserstände und der Abflüsse für verschiedene Grössen der Beckenoberfläche und der Abflussöffnungen zu erhalten. Auf diese Weise ist mit geringem Aufwand eine Optimierung der Beckenform und -Grösse ausführbar.

Eine allgemeine Untersuchung der Retentionswirkung an Hand einer typischen Ganglinie des Abwasserzuflusses ergab, dass für einen wirksamen Ausgleich des Zuflusses erhebliche Beckeninhalte erforderlich sind, so dass der untersuchte Sonderfall der Retention nicht immer zweckmässig oder wirtschaftlich vorteilhaft sein muss. Hingegen ist er sehr wirksam für den Ausgleich von kurzzeitigen Abwasserstössen.

Zuletzt wurde noch geprüft, mit welchen Mitteln ein gleichbleibender Abfluss aus dem Speicherbecken erzielt werden kann.

## Literatur

- [1] *W. Lindner*: Konstruktive Überlegungen zur wirtschaftlichen Gestaltung von Kläranlagen. «Verbandsbericht Nr. 64» (März 1959) des Verbandes Schweizerischer Abwasserfachleute.
- [2] *D. Vischer*: Die Berechnung der Hochwasserretention von Seen. «Schweizerische Bauzeitung», 89 (1971), H. 12, S. 279-284.

Adresse des Verfassers: *Leo Dauber*, dipl. Ing. ETH, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Überlandstrasse, 8600 Dübendorf.

## Wettbewerbe

**Orientierungsabend über das Wettbewerbswesen.** Die Sektion Aargau des SIA veranstaltet am 4. Februar, 20.15 h, im Restaurant «Affenkasten» in Aarau einen Orientierungsabend über die Tätigkeit ihres Wettbewerbsberatungsdienstes und über aktuelle Fragen des Wettbewerbswesens. Zu dieser Veranstaltung sind auch Gäste willkommen.

**Ideenwettbewerb «Zollrain» in Rheinfelden.** In diesem Wettbewerb auf Einladung wurden fünf Entwürfe beurteilt. Ergebnis:

1. Preis (3000 Fr.) Hans Immoos, Rheinfelden, und H. Hirt, Basel
2. Preis (1500 Fr.) Rudolf und Esther Guyer, Zürich, und Manuel Pauli, Zürich
3. Preis (1000 Fr.) Franz Hauser, Rheinfelden

Das Preisgericht empfiehlt, den Verfasser des erstrangierten Entwurfes mit der Ausarbeitung eines Gestaltungsplanes zu beauftragen. Fachpreisrichter waren Franz Steiger, Rheinfelden, Th. Rimli, Aarau, Kurt Raggenbass, Ottenbach, Prof. Dr. Paul Hofer, Zürich, Erwin Moser, Aarau, Fritz Lauber, Zürich.

**Alters- und Pflegeheim Stammertal** (SBZ 1974, H. 49, S. 1084). Anlässlich der Beurteilung der Entwürfe für den Bau eines Alters- und Pflegeheimes Stammertal im September 1974

beantragte das Preisgericht, die drei erstprämiierten Entwürfe überarbeiten zu lassen. Dieser Überarbeitung ist nun abgeschlossen, und das Preisgericht empfiehlt, die Architekten Guhl, Lechner und Philipp mit der Ausführung ihres Entwurfes zu beauftragen. Fachpreisrichter waren K. Keller, Stadtbaumeister, Winterthur, H. Locher, Baudirektion, Zürich, R. Kuenzi, Kilchberg, P. Germann, Zürich.

**Katholische Kirche in Widen BE.** In diesem Wettbewerb auf Einladung wurden vier Projekte beurteilt. Ergebnis:

1. Preis (2600 Fr.) Viktor Langenegger, Muri
2. Preis (2400 Fr.) Nino Gervasoni und Elmar Kunz-Rüedi, Olten

Das Preisgericht empfiehlt, die Verfasser dieser Projekte mit der Überarbeitung ihrer Entwürfe zu beauftragen. Fachpreisrichter waren Rudolf Mathys, Walter Moser und Bruno Wick, Zürich. Die Ausstellung ist geschlossen.

**Zentralschulanlage in den «Lösern», Thusis.** In einem Projektwettbewerb auf Einladung sind 10 Entwürfe beurteilt worden. Ergebnis:

1. Preis (5500 Fr.) mit Empfehlung zur Weiterbearbeitung  
Andres Liesch, Zürich/Chur
2. Preis (4500 Fr.) Richard Brosi, Chur
3. Preis (3000 Fr.) Gaudenz Risch, Zürich/Chur; Mitarbeiter:  
K. Fischli, J. Schaufelberger