

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	90 (1972)
<b>Heft:</b>	30
<b>Artikel:</b>	Hochwasserrückhaltebecken: deutsche und französische Beispiele
<b>Autor:</b>	Tschopp, J.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-85271">https://doi.org/10.5169/seals-85271</a>

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 14.02.2026

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

kirchliche Autoritäten über naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu urteilen weder zuständig noch in der Lage sind, so muss anderseits nachdrücklich hervorgehoben werden, dass es zur Grundaufgabe aller Menschen gehört, sich der wesensgemäßen Zuordnung beider Lebensformen immer wieder neu bewusst zu werden und in sie sich selbst gleichermassen und als einer übergeordneten Einheit zugehörige Teile zu pflegen.

Nun ist aber die Möglichkeit solcher Pflege an gewisse Voraussetzungen gebunden. Eine davon ist die innere Bereitschaft, das Wort zu vernehmen, das den Glauben entzündet. Bereit, sich solcherart ansprechen zu lassen, sind nicht die Selbstsicheren, die meinen, den rechten Glauben zu besitzen, sondern die Suchenden, die Angefochtenen, die an ihrem Glauben Zweifelnden, die unter der religiösen Krise von heute Leidenden. Sie mag die Haltung beeindrucken, zu der sich die Physiker am Ende der zwanziger Jahre durchfanden, um aus der damaligen Krise der Physik herauszukommen. Es ist die Haltung, die sich auszeichnet durch vertieftes Besinnen auf das Zugrundeliegende, durch intuitives Schauen ursprungsnaher Strukturen und durch unerbittliches Wahrheits suchen.

Damit ist schon ein beachtlicher Dienst genannt, den die Wissenschaftler den in ihrer Glaubenskrise Stehenden zu leisten vermögen. Ein zweiter besteht darin, Grenzüberschreitungen und Erstarrungserscheinungen aufzudecken, die sich Vertreter der Kirchen haben zuschulden kommen lassen. Das geschah beispielsweise, als Galilei die Unhaltbarkeit antiker Vorstellungen vom Himmelsgewölbe als materielles Gebilde und als Aufenthaltsort Gottes und seiner Heerscharen aufgrund genauer Beobachtungen nachwies, oder als Astronomie und Genetik das übliche materialistische Verständnis des biblischen Schöpfungsberichtes als irreführend hinstellten. Ganz besonders haben moderne Mikro- und Astrophysik sowie die Psychotherapie bisherige Vorstellungen über die Grundstrukturen des Universums und über das Wesen menschlichen Seins auf neue Grundlagen gestellt, was tiefgreifende Wandlungen der seelischen Befindlichkeit sowie des religiösen Denkens auslöste. Wiederum sind es Wissenschaftler, hauptsächlich Physiker und Psychologen, die sich heute bemühen, die Tragweite der gewonnenen Einblicke allgemein verständlich darzustellen und so zum Nachdenken anzuregen.

Auf den hohen Grad von Abstraktionsfähigkeit, den das Eindringen in die Geheimnisse der neuen Wissensbereiche erfordert, wurde schon oben hingewiesen. Nun bildet aber das Einüben solchen Denkens eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die Glaubensinhalte in ihrer alles anschauliche Verstehen unendlich übersteigenden Wirklichkeitsordnungen erlebt und in ihrer wandelnden und erneuernden Kraft erfahren werden können.

## Hochwasserrückhaltebecken

### Deutsche und französische Beispiele

Von J. Tschopp, Zürich

#### 1. Einleitung

Die in der Schweiz gebräuchlichste Hochwasserschutzmaßnahme ist der Gerinneausbau. Er umfasst eine Reihe von flussbaulichen Arbeiten, mit denen die Abflusskapazität der Gerinne soweit erhöht wird, dass die Hochwasser schadlos abfließen. Der Gerinneausbau ist ein korrigierender Eingriff in ein Bach- oder Flussregime und erfolgt im hochwassergefährdeten Gebiet selbst oder flussabwärts desselben.

Ein Blick über die Landesgrenzen zeigt, dass dort – besonders bei kleineren und mittleren Einzugsgebieten mit ausgesprochenen Hochwasserspitzen – oft zu einer anderen Hochwasserschutzmaßnahme gegriffen wird, zur Erstellung von

Der für die unsichtbaren, ursprungsnahen Strukturen des Seins geschärzte Blick ist nicht nur offen für die spannungsvolle Dynamik aller sichtbaren Ausformungen, sondern bewahrt uns auch vor dem Abgleiten in die engen, starren Denkkategorien unserer so sehr materialistisch bestimmten Erwerbs- und Konsumwelt.

Wahrheitssuchen beruht immer, auch wenn es sich um physikalische Welterkenntnis handelt, sowohl auf genauem Beobachten und strengem sachlichem Denken als auch auf intuitivem Schauen der tieferen Ursachen und Zusammenhänge. Die Offenheit hiefür war beispielsweise bei Albert Einstein, Niels Bohr und Werner Heisenberg besonders stark ausgeprägt. Intuitives Schauen und nach logischen Kategorien geordnetes Festhalten des Geschauten sind in hohem Masse Akte *schöpferischer Weltgestaltung*. Sie nähren sich vom Glauben an eine kosmische Ordnung von letzter Vollkommenheit und an eine höchste Instanz, die diese Ordnung schafft und erhält. Der solcherart Gläubige weiss sich dazu berufen, durch sein Schaffen nachzuvollziehen, was grundsätzlich «vor der Zeit der Welt» entschieden war.

Indem die Forscher sowohl in der Mikro- als auch in der Astrophysik in Bereiche vorgedrungen sind, die all das weit hinter sich lassen, was menschlicher Fassungskraft erreichbar ist, haben sich nicht nur die Gegenstände ihres Bemühens in unerhörter Weise vergeistigt, sondern sie selbst sind dem Ursprung der sichtbaren Geschehnisse nahe gekommen und haben die Grenzen menschlichen Erkennens erfahren. Dabei konnte es nicht ausbleiben, dass die spannungsvollen Erlebnisse der dabei gewonnenen Einblicke sie zu ehrfürchtigem Staunen über die geheimnisvollen Wunder der Schöpfung veranlasste, ebenso aber auch zu demütigem Anerkennen der engen Grenzen Bereiche, die unserem Verstehen und Vollbringen gesetzt sind.

Das Buch von Siegfried Müller-Markus ist ein vorzüglicher Führer durch das vielgestaltige, gebirgige Neuland der modernen Physik wie auch durch die Grenzgebiete, die zu den Höhen des Glaubens hinüberleiten. Es ist mit umfassender Sachkenntnis, didaktischem Geschick, hohem Verantwortungsbewusstsein und glühendem Herzen geschrieben. Wenn der Leser auch nicht allen Stellungnahmen zu metaphysischen Fragen zustimmen wird, so besteht doch einer seiner besonderen Vorzüge gerade darin, dass es nicht nur zu sorgfältigem Studium der neuen Erkenntnisse, sondern auch zu kritischem Erwägen der überaus wichtigen, zwischen Physik und Glauben bestehenden Beziehungen anregt. Solcher Klärung der Grundverhältnisse bedarf aber, wer sich in den Umbrüchen unserer Zeit bewahren will. A. Ostertag

DK 627.51

Hochwasserrückhaltebecken. Mit diesen Becken wird versucht, die Hochwässer oberhalb der hochwassergefährdeten Gebiete aufzufangen und in schadlosen Mengen abzugeben.

Mit dem vorliegenden Aufsatz soll auf die Besonderheiten dieser Massnahmen hingewiesen werden – sie wurden bis jetzt in der Schweiz nur in einem einzigen Fall (Orden GR) verwirklicht.

#### 2. Blick auf deutsche und französische Beispiele

Der Bau von Hochwasserrückhaltebecken ist in der Bundesrepublik seit 1950 kräftig vorangetrieben worden. Bis heute sind gegen 80 Becken in Betrieb. Vor allem im Bayrischen

Tabelle 1. Beispiele von Rückhaltebecken in Deutschland und Frankreich

Name des Rückhaltebeckens	Vorfluter	Einzugsgebietsgrösse [km <sup>2</sup> ]	Höchsthochwasser-Spitzenabfluss [m <sup>3</sup> /s]	HW-Volumen [mio m <sup>3</sup> ]	Rückhaltevolumen [Mio m <sup>3</sup> ]	Sperren-Höhe [m]	Sperren-Länge [m]	Art der HW-Entlastung FÜ = fester Überfall BV = bewegl. Verschluss	M = Mauer D = Damm
<i>Deutschland (BRD)</i>									
Windachspeicher	Windach-Amper	60	95	2,6	2,5	13	240	BV	D
Täferrot	Lein-Kocher	108	110	18	1,7	12	200	FÜ	D
Orrot	Jagst	18	68	2,5	0,3	11	170	FÜ	D
Fürth	Weschnitz	8	15	0,6	0,09	8	240	FÜ	D
<i>Frankreich</i>									
Sénèches	La Cèze	113	2390	19	9,2	56	240	FÜ	M
Ste-Cécile	Le Cardon	109	1650	16	9,2	39	150	FÜ	D
Ceyrac	Le Vidourle	44	1070	6,5	5	15	390	FÜ	M
La Rouvière	Le Vidourle	44	600	—	8	18	128	FÜ	M

Alpenvorland, in den Einzugsgebieten der Kocher-Lein, und der Jagst östlich von Stuttgart, der Weschnitz südlich von Darmstadt, der Aller, Leine und Oker in Niedersachsen und in der Region von Hamburg wurden solche Anlagen erstellt.

In Frankreich wurden bis heute ungefähr 30 Hochwasserrückhaltebecken, insbesondere im Département Gard im Süden und im Seinebecken gebaut. Ab diesem Jahr stehen für den Hochwasserschutz von Paris – bei einem Einzugsgebiet von 44000 km<sup>2</sup> – rund 700 Mio m<sup>3</sup> Hochwasserrückhalteraum zur Verfügung, womit die Höchstwasserstände um rund 1,50 m gesenkt werden können.

Um sich ein Bild von der Vielfalt und der Größenordnung ausgeführter Anlagen machen zu können, sind in Tabelle 1 je vier ausgewählte Beispiele mit einigen kennzeichnenden Daten aufgeführt. Der grosse Bereich der einzelnen Werte ist

im Vergleich gut zu erkennen. Die höchsten spezifischen Abflusswassermengen in Deutschland liegen zwischen 1 und 4 m<sup>3</sup>/s und km<sup>2</sup>, in Südfrankreich zwischen 6 und 25 m<sup>3</sup>/s und km<sup>2</sup>. Ähnliche grosse Unterschiede treten im Verhältnis von Rückhalteraum zum Hochwasservolumen auf.

### 3. Zur Projektmotivierung

Um die Möglichkeiten des Einsatzes von Hochwasserrückhaltebecken zeigen zu können, sei ideell eine durch Bild 1 charakterisierte Gewässerstrecke vorgegeben. Der Ausbau des Gerinnes genüge dem bordvollen Abfluss  $Q_B$ . Vorgesehen sei ein Projekt zum Schutz vor dem Bemessungshochwasser bestimmter Jährlichkeit  $Q_p(z)$  mit dem als bekannt vorausgesetzten Hydrographen  $Q_p(t)$  an der am Oberlauf erkundeten Sperrstelle. Es sind drei Fälle des Ausbaues möglich:

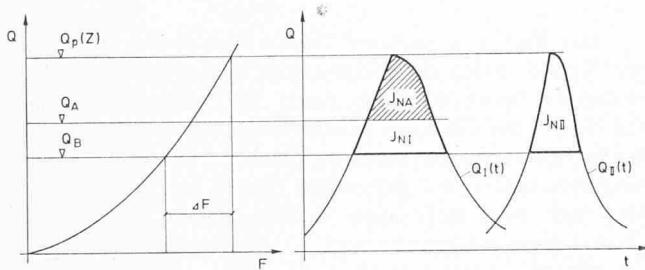


Bild 1. Über den Einsatz von Hochwasserrückhaltebecken

$Q_p(z)$  Projektwassermenge bestimmter Jährlichkeit  $Z$

$Q_A$  Gerinneausbauwassermenge

$Q_B$  Aktueller, bordvoller Gerinneabfluss

$F$  Gerinnequerschnittsfläche

$J_N$  Nettostauraumvolumen

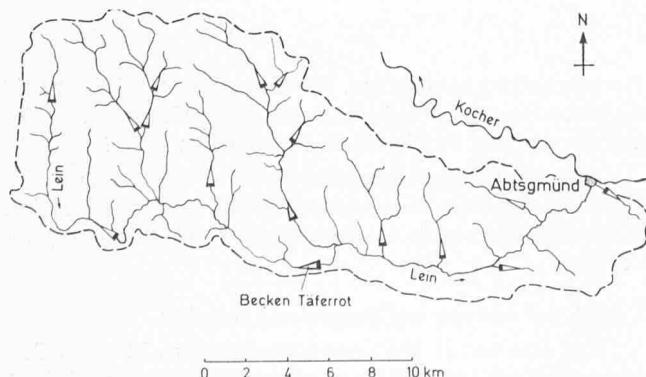


Bild 2. Hochwasserschutz durch Rückhaltebecken im Leingebiet

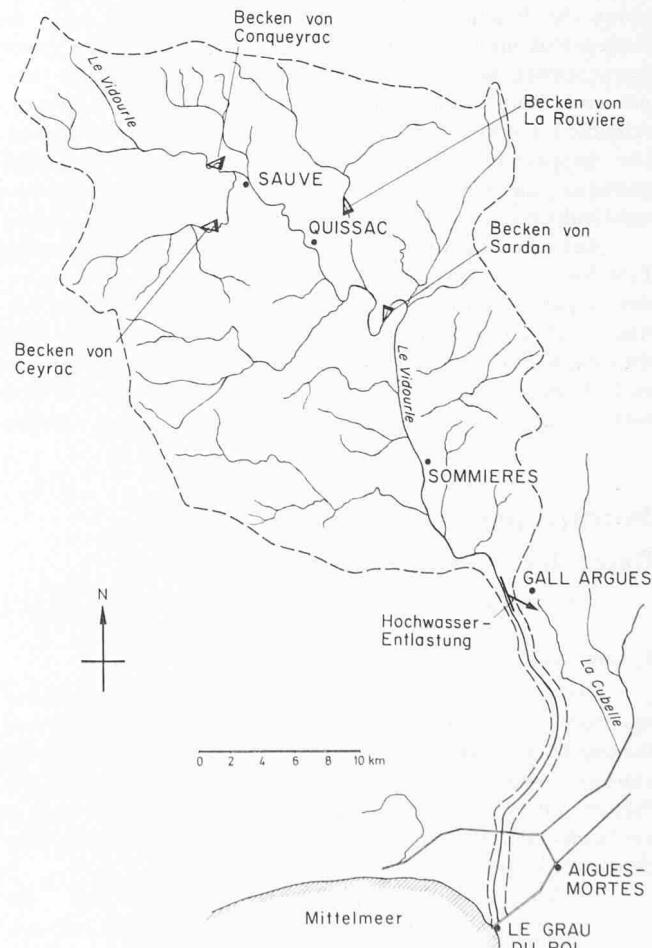


Bild 3. Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Vidourle

- a) Vollausbau des Gerinnes auf  $Q_p(z)$  durch Vergrösserung des Durchflussquerschnittes um  $\Delta F$  oder Verringerung der Gerinnerauigkeit um  $\Delta k$ .
- b) Kein Gerinneausbau über  $Q_B$ , dafür Bau eines Speichers zur Aufnahme des Volumens  $J_{N1}$ .
- c) Teilausbau des Gerinnes auf  $Q_A$  und gleichzeitiger Bau eines Beckens mit dem verminderten Retentionsvolumen  $J_{NA}$ .

Die Speichergrösse  $J$  ist vom Verlauf der Hochwasserwelle  $Q(t)$  abhängig. Würde für das Hochwasser bei anderer Charakteristik des Einzugsgebietes, aber gleichem Spitzenabfluss  $Q_p(z)$ , ein akzentuierterer Verlauf, zum Beispiel nach  $Q_{II}(t)$ , angenommen, dann könnte die gleiche Ausbauwirkung durch ein geringeres Speichervolumen erreicht werden ( $J_{NII}$ ). Die Wirkung eines Rückhaltebeckens ist gegenüber dem Gerinneausbau um so wirtschaftlicher, je ausgeprägter der Unterschied zwischen der Mittel- und Hochwasserführung ist. Dies bestätigten ausländische Beispiele, bei denen das Verhältnis  $HHQ:MQ$  durchwegs grösser als 30 ist. Beim Orrot-Becken im Jagstgebiet wird nach einer Zusammenstellung von *F. Zimmermann* [1] sogar der Wert 1900 erreicht.

Da die dämpfende Wirkung eines Rückhaltebeckens kleiner wird je weiter das zu schützende Gebiet von ihm entfernt ist, und der hydrologisch günstigste Standort aus Gründen der Besiedlung und Topographie selten gewählt werden kann, wird der Hochwasserschutz eines grösseren Einzugsgebietes oft durch den Bau einer ganzen Reihe von Becken erreicht. Die Ermittlung der optimalen Projektvariante ist ein anspruchsvolles Problem. Auf einige Gesichtspunkte wird in den nachfolgenden Abschnitten hingewiesen.

#### 4. Beispiele

Anhand zweier Beispiele in Deutschland und Frankreich soll gezeigt werden, wie der integrale Hochwasserschutz für mittlere Einzugsgebiete mit dem Bau von Rückhaltebecken gelöst werden konnte.

##### 4.1. Die Hochwassersanierung im Gebiet der Lein

Die Lein entwässert ein  $247 \text{ km}^2$  grosses, östlich von Stuttgart gelegenes Einzugsgebiet in den Kocher (Bild 2). Periodische Überschwemmungen in der Haupttalsschaft infolge ungenügender Hochwasserabfuhr im bestehenden Gerinne der Lein machten eine Sanierung nötig. Ein Vollausbau von rund  $35 \text{ km}$  Flussstrecke hätte die Hochwassergefahr beseitigt, dies jedoch nicht ohne erhebliche Veränderungen im Landschaftsbild und mit der Gefahr einer Erhöhung der Hochwasser im Unterlauf. Die in einem Wasserverband zusammengeschlossenen Gemeinden entschlossen sich, den Hochwasserschutz mit den bestehenden Gerinnen durch den Bau von insgesamt 16 Hochwasserrückhaltebecken zu verwirklichen.

Als hydrologische Projektgrundlagen standen die Ablesungen von zwei Limnigraphen bei Abtsgmünd und Täferrot und an möglichen Beckenstandorten zusätzlich angeordnete Pegel zur Verfügung. Für die Bemessung wurde das grösste je beobachtete Abflussereignis vom März 1956 als massgebend erachtet; beim Auftreten eines gleichen Hochwassers soll der Durchfluss bei Abtsgmünd von  $205 \text{ m}^3/\text{s}$  auf  $125 \text{ m}^3/\text{s}$  verringert werden. Die zugehörige spezifische Abflussfülle beträgt  $0,132 \text{ Mio m}^3/\text{km}^2$ , der spezifische Abfluss rund  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $\text{km}^2$ . Mit den in Bild 2 dargestellten bereits gebauten und geplanten Rückhaltebecken in den schwach besiedelten Seitentälern ergibt sich ein spezifischer Stauraum von  $0,053 \text{ Mio m}^3/\text{km}^2$  oder rund 40 % der Hochwasserfracht.

Die Stauwerke selbst sind durchwegs Erddämme mit 8 bis 15 m Höhe. 14 Becken weisen kleinere Dauerstauräume auf, jenes bei Täferrot mit dem grössten Gesamtstauraum von  $2,2 \text{ Mio m}^3$  einen solchen von  $40\,000 \text{ m}^3$ .

Tabelle 2. Einfluss der einzelnen Rückhaltebecken auf den Spitzenabfluss

Rückhaltebecken	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]	Länge des Hauptzubringers [km]	Einfluss auf die Dämpfung des Spitzenabflusses bei Quissac Sommières [%]	[%]
Conqueyrac	83	16	40	20
La Rouvière	94	11		20
Ceyrac	44	10	26	14
Sardan	445	42	—	Abfluss reduziert auf $700 \text{ m}^3$

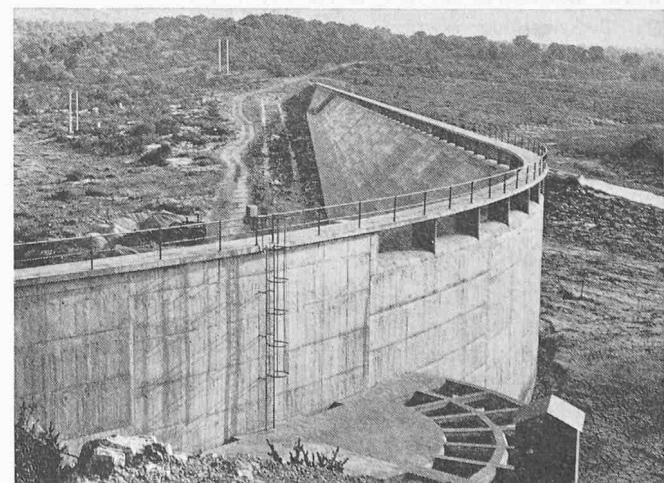
Es wird ausnahmslos von guten Betriebserfahrungen berichtet [2]; dabei aber auch darauf hingewiesen, dass zum optimalen Einsatz des ganzen Beckensystems eine zentrale Steuerung angestrebt werden sollte [3] (vgl. dazu Abschnitt 7).

##### 4.2. Hochwasserschutz des «Bassin du Vidourle»

Der Kampf gegen die Hochwassergefährdung wird in der Region Languedoc im Süden Frankreichs seit Jahrhunderten geführt. Der Charakter der in den Cevennen entspringenden Flüsse Hérault, Vidourle und Cèze kann als hydrologisches Phänomen angesehen werden. Die aufsteigenden maritimen Feuchtluftmassen verursachen bei besonderen Wetterlagen Niederschläge von gewaltigem Ausmass:  $950 \text{ mm}$  in  $24 \text{ h}$  (!) und  $135 \text{ mm}$  in  $1 \text{ h}$  sind die aus der Literatur [4] entnommenen Höchstwerte regionaler Stationen. Im folgenden soll am Beispiel des Einzugsgebietes des Vidourle eine Lösungsmöglichkeit des Hochwasserschutzes bei extremen Verhältnissen skizziert werden.

Das Einzugsgebiet von  $710 \text{ km}^2$  hat eine ballonartige Form (Bild 3), die, zusammen mit den steilen und kahlen Hangflanken und dem grossen Gefälle im Oberlauf (im Mittel bis Sauve 26 %), wesentlich zu den enormen Spitzenabflüssen beiträgt. Der Wildbachcharakter wird am besten durch den gemessenen Höchstabfluss bei Quissac, nur  $20 \text{ km}$  unterhalb der Quelle, von  $2200 \text{ m}^3/\text{s}$  veranschaulicht; was einem spezifischen Flächenabfluss von  $11 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $\text{km}^2$  entspricht (der Rhein bei Basel,  $E = 26000 \text{ km}^2$ , führt vergleichsweise im langjährigen Mittel nur während 9 Tagen im Jahr eine höhere Wassermenge). Das Gefälle nimmt rasch ab. Zwischen Quissac und Sommières beträgt es rund 2 %, beim Eintritt in die Ebene bis zum Meer nur noch 0,7 %; wobei die Sohle bei Marsillargue bereits unter das mittlere Meeresniveau sinkt. Seit altersher war die ganze vom Unterlauf durchflossene Ebene

Bild 4. Sperre des Hochwasserrückhaltebeckens bei Ceyrac



häufigen Überschwemmungen ausgesetzt, ebenso die Gegend von Sommières, wo eine alte Römerbrücke Rückstau verursachte. Die schon im Mittelalter begonnene beidseitige Einräumung zwischen Gallargue und Le-Grau-du-Roi stellte stets nur einen beschränkten Schutz dar. Eine Überflutung der Dämme wurde durch eine Entlastungsanlage bei Gallargue verhindert, über die bis zu  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  der Cubelle zuflossen und dabei weite Kulturländer (bis zu  $100 \text{ km}^2$ ) unter Wasser setzten.

Eingehende Studien zeigten, dass die beste Wirkung mit den 4 in Bild 3 eingezeichneten Rückhaltebecken (Barrage écrêteur de crues) zu erwarten wäre, denn diese könnten auch bei extremen Abflüssen sowohl eine Gefährdung der Dämme im Unterlauf, wie auch der Talschaft bis Sommières verhindern. Die Tabelle 2 gibt eine Zusammenstellung der Sperren sowie deren Einfluss auf die Abflussminderung bei Sommières; wobei zu beachten ist, dass die Sperre bei Sardan nur im Verbund mit den übrigen eine vernünftige Wirkung zeitigt und demnach auch zuletzt gebaut wird. Eine Nachrechnung des katastrophalen Hochwassers aus dem Jahre 1958 zeigte, dass die damalige Abflussspitze bei Sommières von  $1900 \text{ m}^3/\text{s}$  mit den drei Rückhaltebecken bei Conqueyrac, La Rouvière und Ceyrac auf  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$  hätte abgemindert werden können, jedoch erst das Becken bei Sardan die Reduktion auf die auch für die Unterlieger massgebende, schadlose Abflussmenge von  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  bringen wird.

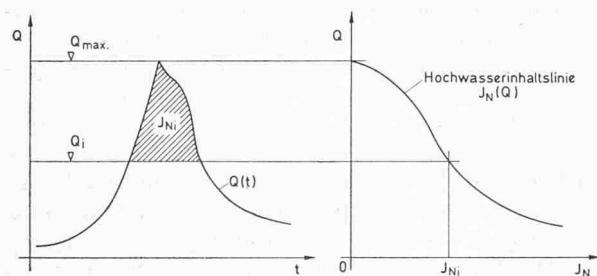


Bild 5. Die Hochwasserinhaltlinie

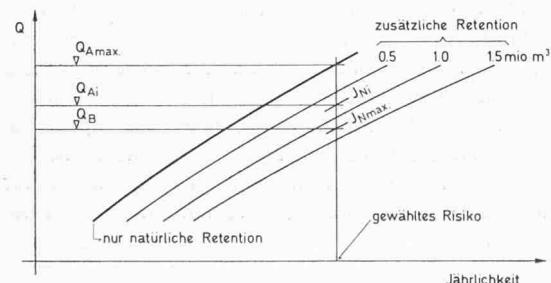


Bild 6. Bestimmung des Nettostauraumvolumens  $J_N$

$Q_A$  Beckenausflusswassermenge

$Q_B$  Aktueller, bordvoller Gerinneabfluss

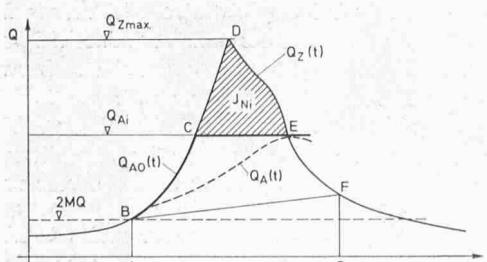


Bild 7. Der Einfluss der Beckenausflussbedingungen

$Q_Z$  Beckenzufluss

$Q_A$  Beckenausfluss

$Q_{Ai}$  Projektierter, maximaler Gerinneabfluss

Die Sperren selbst sind Staumauern mit stets vollgeöffneten Betriebsauslässen. Wuchtige Zulaufwerke schützen diese vor Verkiesung und gestatten zudem das Halten eines Dauerstaues. Der völligen Entleerung dienen zwei Grundablässe, die je nach Bauwerk mit Schieber, Schützen und Notsprengverschlüssen versehen sind. Bild 4 zeigt als Beispiel die Sperre bei Ceyrac mit Blick auf das Einlaufbauwerk und die Hochwasserentlastung. Die Ausmasse sind enorm für ein Einzugsgebiet von nur  $44 \text{ km}^2$ , für das Ausbaukonzept dieser Region jedoch typisch, wenn man bedenkt, dass der kontrollierte Beckeninhalt für durchschnittlich 500jährliche Ereignisse bemessen wurde und die feste Entlastung über die Krone einem 5000-jährlichen Hochwasser auf ein gefülltes Becken genügen muss.

Die Projektverfasser weisen u.a. auf folgende Punkte hin:

- Der Hochwasserschutz eines Einzugsgebiets stellt eine Aufgabe dar, die meist das Vermögen der unmittelbaren Flussanlieger übersteigt.
- Die zweckmässige zeitliche Erstellung von Schutzbauten im Hinblick auf ihre Wirksamkeit und Finanzierung, setzt einen Gesamtplan optimaler Massnahmen voraus.
- In den Stauräumen sind nur überschwemmungsresistente Kulturen anzubauen, und ein absolutes Bauverbot (wie auch ein Campingverbot) ist durchzusetzen.

Das erste Rückhaltebecken bei Ceyrac wurde 1968 fertiggestellt. Die Finanzierungsplanung sieht den Bau der weiteren Sperren in einem zweijährigen Rhythmus vor. – Bis heute sind uns noch keine betrieblichen Erfahrungen bekannt geworden.

## 5. Hinweise zur hydraulischen Bemessung

### 5.1. Bemessungsgrundlagen

Eine seriöse Projektierung von Hochwasserrückhaltebecken erfordert umfangreiche Erhebungen. Abgesehen von den topographischen und geotechnischen Sondierungen möglicher Staustellen, allfälligen Überschwemmungskartierungen und Schadenkostenanalysen, soll hier das Augenmerk auf hydrologische Vorarbeiten gerichtet werden.

Erforderlich ist vor allem die Kenntnis der Hochwasserganglinie  $Q(t)$  an der Sperrenstelle, die Häufigkeit der Spitzenwerte  $P(Q_{max})$  sowie eine Aussage über das Abflussvolumen; zum Beispiel in der Form von Inhaltlinien  $J_N(Q)$  nach Bild 5. Sind keine langjährigen Pegelaufzeichnungen in unmittelbarer Nähe verfügbar – was dem Normalfall entsprechen dürfte – muss versucht werden, mit einem kurzfristig eingerichteten Pegel eine Korrelation zu benachbarten Messstellen zu erhalten, oder diesen, in Verbindung mit Niederschlagsmessungen, zur Eichung eines mathematischen Abflussmodells zu verwenden.

Soll die Festlegung eines Bemessungshochwassers nicht auf Grund einer Nutzen-Kosten-Rechnung erfolgen, so ist mit einem a-priori-Entscheid das Überflutungsrisiko festzulegen, womit auch die Jährlichkeit des für die Projektierung massgebenden Hochwassers bestimmt wird.

Wie den oben angeführten Beispielen zu entnehmen ist, ergeben sich aus den besonderen Verhältnissen im Unterlauf oft Zwangsabflussbedingungen (Römerbrücke bei Sommières;  $125 \text{ m}^3/\text{s}$  bei Abtsgmünd usw.), was einer Begrenzung des zulässigen Beckenabflusses gleichkommt. Für die Bemessung müssen die Beckenabflussbedingungen festgelegt werden. Der Entscheid, ob gesteuerter oder ungesteuerter, automatischer oder bemannter Betrieb gewählt werden soll, ist von grosser Tragweite und verdient wohl überlegt zu werden.

### 5.2. Bemessungsverfahren

Vorerst sei der Nettoinhalt des erforderlichen Hochwasserschutzmolumens betrachtet. Durch Kombination der in

einem Wahrscheinlichkeitsnetz geordneten Extremabflüsse  $Q_{max}(P)$  mit der in Bild 5 dargestellten Zuordnung des Hochwasservolumens zum Abfluss mittels der Inhaltslinie  $J_N(Q)$ , ergibt sich ein für die Stauraumbemessung geeignetes Diagramm (Bild 6), aus dem der Zusammenhang zwischen erforderlichem Nettostauraum  $J_N$ , der gewählten Jährlichkeit und dem grössten, konstanten Beckenausfluss ( $Q_A$ ) rasch ersichtlich wird. Daraus kann unter anderem auch die Reduktion an erforderlichem Nettostauraum bei teilweisem Gerinneausbau auf eine den aktuellen kritischen Spitzenabfluss  $Q_B$  übersteigende Grösse ersehen werden.

In Bild 7 wird gezeigt, dass der ermittelte Nettostauraum  $J_N$  optimale Beckenausflussbedingungen voraussetzt, das heisst wenn mit der Speicherung erst bei der höchsten zulässigen Ausflusswassermenge  $Q_{Ai}$  begonnen wird, entsprechend dem Verlauf  $Q_{AO}(t)$ . Dies wird in den wenigsten Fällen zu verwirklichen sein. Es stellt sich vielmehr ein Ausfluss der Form  $Q_A(t)$  ein, was einen um die Fläche  $BCEB$  entsprechend vergrösserten Stauraum erfordert. Dieser Zuschlag an Rückhaltevolumen ist von den Beckenausflussverhältnissen abhängig, die von Fall zu Fall näher zu untersuchen sind.

Einerseits sind diese bei ungesteuerten Anlagen allein durch die Hydraulik der Betriebsauslässe gegeben, andererseits können sie durch eine Regulierungsvorschrift für die Steuerorgane in weiten Grenzen beeinflusst werden. Die genaue Ermittlung erfolgt nach den Regeln der Retentionsberechnung, wobei hier auf die Literatur hingewiesen sei.

Definiert man den Inhalt der Hochwasserwelle durch die Fläche  $ABDFGA$  (Bild 7), und einen Dämpfungskoeffizienten des Scheitelabflusses  $\delta = \frac{Q_{zmax} - Q_{Ai}}{Q_{zmax}}$  dann kann gezeigt werden, dass in etwa gilt  $\delta \leq \sqrt{\frac{\text{HW-Schutzraum}}{\text{HW-Volumen}}}$  bzw.

$$\delta \leq \sqrt{\frac{\text{HW-Schutzraum}}{\text{HW-Volumen}}} \text{ bei einem Beckenausfluss der Art } Q_A(t)$$

bzw.  $Q_{AO}(t)$ . Bei der Durchsicht der deutschen und französischen Beispiele zeigt sich, dass der Anteil des projektierten Hochwasserschutzaumes in bezug auf den Gesamtinhalt der Hochwasserwelle mit grösser werdendem Einzugsgebiet bis zur Sperrenstelle im Mittel zunimmt. Damit steigen auch die  $\delta$ -Werte von 0,2 bis 0,5 für Einzugsgebietsgrössen zwischen 10 und 30 km<sup>2</sup> gegen 1,0 bei rund 100 km<sup>2</sup>. Eine strenge Abhängigkeit besteht jedoch nicht; sie ist auch kaum zu erwarten, da die Dämpfung des Scheitelabflusses im wesentlichen nur von der Kapazität des Unterlaufes und dem gewählten Bemessungshochwasser abhängig gemacht werden kann. Im weiteren können die hydrologischen Abflussverhältnisse, selbst

benachbarter Gebiete, derart verschieden sein, dass eine Bemessung des Hochwasserrückhalteraumes aufgrund einer einfachen Beziehung zur Gebietsgrösse oder anderen Gebietsparametern vermessen erscheint.

Der für die Ausführung schliesslich massgebende Bruttockeninhalt setzt sich zusammen aus dem oben erwähnten Nettostauraum, unter Berücksichtigung der Ausflussbedingungen, einem allenfalls aus verschiedenen Gründen gewählten Dauerstauraum, auf den im nächsten Abschnitt nochmals eingegangen wird, sowie der gewählten Freibordhöhe. Diese kann, da das höchste Stauziel in vielen Fällen nur sehr selten und auch dann nur während kurzer Zeit erreicht wird, meist sehr gering gehalten werden.

Während bis hierher wasserwirtschaftliche Kriterien ausschlaggebend gewesen sind, ist die für die hydraulische Bemessung der Hochwasserentlastung und des Grundablasses gewählte Sicherheit des Bauwerkes massgebend. In Abweichung von den im Talsperrenbau üblichen Regeln, kann das gesamte Rückhaltevolumen in Rechnung gestellt und die in ihrer Funktionsweise gesicherten und dauernd geöffneten Betriebsauslässe mit einbezogen werden. Letztere dienen bei Becken ohne Dauerstau meist zugleich auch als Grundablässe und bei kleineren Becken während dem Bau noch zusätzlich der Hochwasserableitung.

Das Ziel jeder hydraulischen Bemessung von Hochwasserrückhaltebecken – wie auch des Gerinneausbaues – ist eine Abminderung des Überflutungsrisikos oder der Schadenerwartung. Eine quantitative Schätzung derselben ist – bei vernünftigen Annahmen der Jährlichkeiten – mit Hilfe moderner hydrologischer Methoden durchführbar. Schwierigkeiten bereitet jedoch immer wieder die Festsetzung des für die Hochwasserentlastungsanlagen massgebenden Abflussereignisses. Das Risiko einer Gefährdung der Sperre selbst wird meist derart tief angesetzt, dass das diesem Risiko entsprechende Hochwasser meist als eine, von jeden Erfahrungswerten entfernte, extrapolierte Grösse erscheint. Die Franzosen erwähnen bei den in diesem Beitrag dargestellten Beispielen 5000jährliche Ereignisse! In Deutschland kann aufgrund einer Zusammenstellung von Daten einiger bestehender Rückhaltebecken [1] das Verhältnis der gesamthaft über die Hochwasserentlastungsanlagen und Grundablässe abgeföhrten Mengen bezüglich des Höchsthochwassers der beobachteten Periode (HHQ) wie folgt angegeben werden:  $0,25 \cdot HHQ < \text{max. Entlastungsmenge} < 4 \cdot HHQ$ . Eine klare Ermittlung des Bemessungshochwassers für die Entlastungsanlagen ist insbesondere bei der Projektierung von Hochwasserrückhaltebecken wichtig, da gerade bei kleineren Becken ihre Kosten einen massgebenden Einfluss auf die Gesamtbaukosten haben.

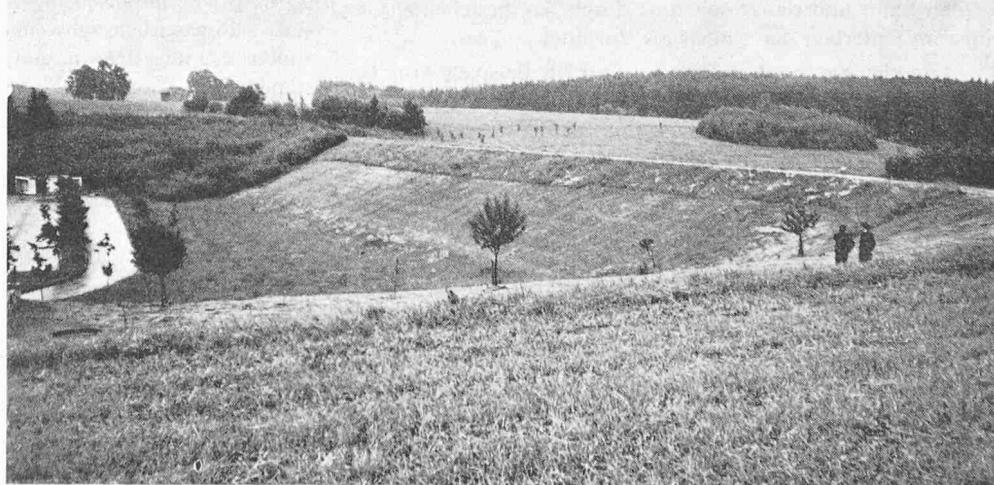


Bild 8. Rückhaltebecken an der Windach. Anpassung der luftseitigen Dammböschung an das Gelände

## 6. Die bauliche Gestaltung

Der zufällige Charakter der Hochwasserabflüsse und die sehr kurzfristige, aber intensive Nutzung der Rückhaltebecken müssen bei der Planung der Anlageteile berücksichtigt werden.

### 6.1. Die Sperre

Während sogar grosse Sperren in unseren Alpen in ihrer felsig schroffen Umgebung als funktionell elegante Bauwerke bestaunt werden, würde eine, wenn auch kleine, aber eben beispielsweise nur alle zwei Jahre hinterstaute Mauer eines Hochwasserrückhaltebeckens in der Nähe bewohnter Gebiete des Mittellandes oder der Voralpen auf Ablehnung stossen. Um so mehr, als die betroffene Gemeinde nicht unbedingt selbst Nutzniesser der Beckenwirkung ist, sondern zugunsten der Unterlieger ein zur zeitweiligen Überflutung geeignetes Grundstück zur Verfügung zu stellen hat. Dies zwingt nun nicht nur zu einer überzeugenden technischen Motivierung der Standorte, sondern auch zur besonderen Sorgfalt bei der baulichen Gestaltung.

Sperrenmauern in der Art, wie sie in den kahlen, dünn besiedelten Cevennen gebaut werden (Bild 4), dürften bei uns wohl nur in den Gebirgsregionen in Frage kommen. Als schweizerischer Prototyp muss hier das Hochwasserrückhaltebecken «Orden» bei Maloja erwähnt werden [5]. In kleinerem Ausmass bieten sich Mauern auch als Sperren in Engpässen und bewaldeten V-förmigen Seitentälern an. Eine überströmbar ausgebildete Krone kann dabei in manchen Fällen entscheidend zur Verminderung der Kosten der Hochwasserentlastung beitragen, vorausgesetzt, dass für den Kollschutz des Mauerfusses entsprechend günstige Verhältnisse vorliegen. In Deutschland sind mehrheitlich Erdstaudämme errichtet worden. Die mittleren Dammhöhen liegen zwischen 8 und 10 m. Mit zunehmender Sorgfalt wird dort versucht, die Sperren möglichst unauffällig dem Landschaftsbild anzupassen. Möglichkeiten dazu bieten nicht nur flachere Böschungen – teilweise mit Bermen abgestuft und Neigungen im Bereich 1:2 bis 1:3 –, sondern auch eine Ausrundung des Dammfusses und ein Einbinden der Flanken mit Aushubmaterial aus der Gründungssohle. Ein Weiteres kann durch gezielte Bepflanzung, auch stauraumseitig, und einer Tarnung der Sonderbauwerke erreicht werden.

Der Verfasser hatte die Gelegenheit, sich persönlich davon zu überzeugen, dass auch grössere Rückhaltebecken bei sorgfältiger Gestaltung durchaus nicht als störende Elemente wirken müssen. Als Beispiel diene eine luftseitige Aufnahme vom Erddamm des Hochwasserrückhaltebeckens an der Windach im südlichen Bayern (Bild 8). Einige spezifische Daten können der Tabelle 1 entnommen werden. Die rund 100000 m<sup>3</sup> an Dammaterial schaffen einen Rückhalteraum, mit dem ein 50jährliches Hochwasserereignis ohne Entlastung aufgefangen werden kann und damit schadlos durch das bestehende Gerinne im Unterlauf der Amper als Vorfluter zufließt.

Für kleinere Stauvolumen liegen auch Beispiele vor, bei denen natürliche Stützkörper auf- und ausgebaut und Strassen- oder Eisenbahndämme unmittelbar zur Stauhaltung beigezogen wurden. Die Anforderungen an die Standsicherheit und Stabilität der Dämme lassen sich mit dem Argument der kurzen Einstauzeit wohl kaum herabsetzen, hingegen sind bei der Beurteilung der Durchlässigkeit die auftretenden Wasserverluste als solche kein Grund für besondere bauliche Massnahmen.

### 6.2 Der Stauraum:

Allein vom Standpunkt des Hochwasserschutzes aus gesehen, ist jede zusätzliche Stauhaltung als Fremdnutzung zu betrachten und bedingt dadurch zwingend eine Erhöhung der Sperre. Der Bau eines Rückhaltebeckens kann durch die erhöhte Überschwemmungshäufigkeit den Wasserhaushalt der

Staugebiete, und damit ihre Nutzung, beeinflussen. Die Gesamtkosten können abhängen vom Umfang des Landerwerbes im Stauraum durch den Werkeigentümer einerseits, andererseits aber auch von der Höhe der Entschädigungen an die Grund-eigentümer infolge Ertragsminderung. Je nach den örtlichen Gegebenheiten bieten sich verschiedene Möglichkeiten an:

a) Ohne Dauerstau: Wenn die Einstauhäufigkeit klein ist oder die zeitliche Verteilung der Überflutungen keine Beeinträchtigung der Bewirtschaftung nach sich zieht, sowie eine hohe Bodendurchlässigkeit eine gute und rasche Entwässerung gewährleistet, sind sogenannte «grüne Becken» – ohne Dauerstau – durchaus möglich. Sie sind praktisch voll bewirtschaftungsfähig; vorteilhaft durch Weide- und Grasnutzung. Der stets geöffnete Grundablass, der in den meisten Fällen auch Betriebsauslass ist, ist frei sichtbar und daher auch jedermann zugänglich. Ein besonderes Augenmerk gilt einer möglichen Versumpfung der stauseitigen Sperrenfusszone.

b) Mit Dauerstau: Ist die Einstauhäufigkeit gross, die Bodendurchlässigkeit schlecht und damit eine dauernde örtliche Verwässerung kaum zu vermeiden, so wird oft ein Dauerstau gewählt. Dies vor allem auch dann, wenn sich anhand der Beckeninhaltlinie zeigt, dass die untersten Einstauhöhen nur sehr wenig zum Rückhaltevolumen beitragen und damit auch kleinere Hochwasser grosse Spiegelschwankungen verursachen. Auch die Dauerstauoberfläche ist entsprechend dem Wechsel der Zuflüsse dauernd Niveauänderungen unterworfen. Die sich daraus ergebende Uferzone kann durch eine standortgerechte Bepflanzung auch in landschaftspflegerischer Hinsicht sehr gefällig gestaltet werden.

Im nur sporadisch und kurzfristig eingestauten Teil des Stauraumes sollten nur solche Gewächse stehen, die eine solche Belastung physiologisch ohne grösseren Schaden ertragen. Die Franzosen zählen dazu erstaunlicherweise auch die Rebe. Allgemein wird sich eine Unterteilung des Stauraumes in verschiedene Bewuchszenen aufgrund der Einstauhäufigkeiten und der Pflanzenökologie als zweckmässig ergeben.

Bei starker Geschiebe- und Schwebstoffführung ist auch die Verlandung der Stauwurzel zu berücksichtigen, sei es durch gesonderte Geschieberückhalte oder eine Anpassung des Gerinnes, der Auslässe und des Betriebes – allenfalls mit Hilfe von Modellversuchen – an die Bedürfnisse eines ungehinderten Geschiebedurchgangs.

Bei den ausländischen Beispielen von Rückhaltebecken mit Dauerstau schwankt dessen Anteil zwischen wenigen Prozenten und der Hälfte des Gesamtbeckeninhaltes. Üblicherweise kann ein Dauerstauraum sehr verschiedenen Nutzungsansprüchen genügen. Zu nennen wären da unter anderm die Interessen des Landschaftschutzes, aber auch der Fischer, der Ornithologen, der Botaniker und der Siedlungswasserbauer (Grundwasseranreicherung, Löschwasserreserven usw.). Bei stark jahreszeitlich schwankenden Hochwasservolumen sind zudem mehrere Bereithaltungskoten denkbar, was unter Umständen eine beschränkte Niedrigwassererhöhung erlaubt.

Durch all diese Nebennutzungen kann die Wirtschaftlichkeit der Anlage günstig beeinflusst werden; wobei es nicht immer leicht sein dürfte, einen nutzungsgerechten Kostenverteiler zu finden.

### 6.3. Die Betriebsorgane

Zu den Betriebsorganen seien der Grundablass und der Betriebsauslass sowie die Hochwasserentlastungsanlage gezählt. Die mögliche bauliche Anordnung ist ausserordentlich vielfältig. Es kann daher hier nur auf gewisse Besonderheiten und Tendenzen hingewiesen werden.

Grundsätzlich wird sehr grosses Gewicht auf einfache und funktionssichere Konstruktion gelegt. Insbesondere die Ein-

laufbauwerke sind so anzulegen, dass ihr Betrieb weder durch Treibgut noch durch Eisstau in Frage gestellt werden kann. Den Rechen vor den Einlauföffnungen, wie auch sämtlichen Regulierorganen, Klappen oder Schützen der Entlastungsanlagen jener Becken, bei denen eine Abflussteuerung in der obersten Speicherlamelle vorgesehen ist, ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die Funktionstüchtigkeit darf nicht als selbstverständlich angenommen werden und muss bei automatisch betriebenen Anlagen durch eine geordnete, regelmässige Wartung überprüft werden.

Bei Erddämmen wird darauf geachtet, Massivbauten möglichst unauffällig in die Landschaft einzupassen. Entlastungstürme kommen daher weniger in Frage, und das Entlastungsgerinne wird oft als Freispiegelstollen in den Damm verlegt. Wenn möglich ist die Energievernichtung in einem einzigen Bauwerk vorzusehen.

Eine Abnahmeprüfung der Bauteile eines Hochwasserrückhaltebeckens ist manchmal nicht möglich, ohne den Wirkungsgrad der gesamten Anlage unter Umständen erheblich zu verschlechtern.

## 7. Der Beckenbetrieb

### 7.1. Ungesteuerte Anlagen

Ist der Beckenausfluss nur vom Beckenwasserstand abhängig, spricht man von ungesteuerten Hochwasserrückhaltebecken. Diese einfachste Art des Betriebes ist gegeben bei konstanten Betriebsauslassquerschnitten und einer Hochwasserentlastung über einen festen Überfall. Viele kleinere, unbemannte deutsche Becken, aber auch die erwähnten grossen Sperren in Frankreich werden so betrieben. Die Regelung ist eine reine hydraulische. Der Ausfluss  $Q_A$ , beziehungsweise die Entlastungsmenge  $Q_E$  sind im wesentlichen gegeben durch die Überstauhöhe bezüglich dem Betriebsauslass  $H$ , beziehungsweise der Überfallkante  $h$  mit den Beziehungen  $Q_A = C_1 \cdot H^{1/2}$  bzw.  $Q_E = C_2 h^{3/2}$ , wobei  $C_1$  und  $C_2$  geometrieabhängige Konstanten sind. Damit nimmt der Ausfluss den in Bild 7 mit  $Q_A(t)$  bezeichneten Verlauf. Ist bei gefülltem Becken der Zufluss  $Q_z$  grösser als  $Q_A$ , wird das weitere Ansteigen des Beckenwasserstandes ereignisabhängig und entgleitet jeder Beeinflussung.

Die Nutzung des verfügbaren Stauraumes kann auch bei ungesteuerten, das heisst zuflussunabhängigen niveaugeregelten Becken durch zwei Massnahmen verbessert werden: Erstens kann durch manuelle oder automatische Regelung des Beckenausflusses nach den Bedingungen  $Q_A = Q_z$  für  $Q_A < Q_{Ai}$  und  $Q_A = Q_{Ai}$  für  $Q_z > Q_{Ai}$  – analog dem Verlauf  $Q_{AO}(t)$  in Bild 7 – der Stauraumverlust infolge starr hydraulischer Beckenregelung vermieden werden. Zweitens wird durch den Einbau von Regelorganen in die Hochwasserentlastung der bei festen Überfällen nicht kontrollierbare Stauraum zwischen der Überfallkante und der maximalen Staukote zusätzlich voll zum beherrschten Rückhaltestau geschlagen, was besonders bei flacheren Rückhaltebecken einen wesentlichen Teil des Gesamttrückhaltevolumens ausmachen kann – nach deutschen Angaben im Mittel 30%.

Der grösste Nachteil eines ungesteuerten Einzelbeckens liegt darin, dass nur gerade für Bemessungshochwasser eine optimale Dämpfung des Scheitelabflusses erwartet werden kann.

### 7.2. Gesteuerte Anlagen

Die der Bemessung zugrunde gelegte Hochwasserwelle ist als eine zufällige oder konstruierte Grösse zu betrachten. Die tatsächlich eintretenden Ereignisse werden sowohl nach ihrer Form wie auch bezüglich ihrer Zufluss spitzen davon abweichen. Ein allein niveaugeregelter Beckenausfluss kann dies je-

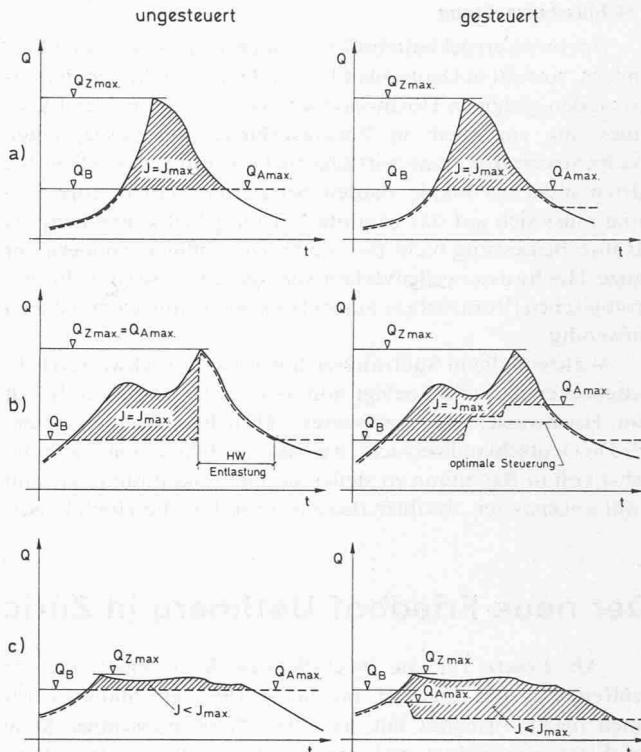


Bild 9. Der Einfluss der Beckensteuerung

doch nicht berücksichtigen. Soll mit dem zur Verfügung stehenden Rückhalteraum für die verschiedensten Ereignisse eine möglichst gute Wirkung auf die Dämpfung der Abflussspitze erreicht werden, muss ein zuflussabhängiger gesteuerter Betrieb vorgesehen werden. Dabei liegt die Schwierigkeit eindeutig bei der Vorhersage der Zuflüsse. Auf die Art und Weise ihrer Ermittlung wird hier nicht weiter eingegangen; es sei dazu auf die zahlreichen Methoden der stochastischen und deterministischen Hydrologie hingewiesen.

Bild 9 veranschaulicht in schematischer Weise den Unterschied zwischen gesteuertem und ungesteuertem Betrieb eines Rückhaltebeckens mit dem Gesamtvolumen  $J_{max}$  bei drei verschiedenen Zuflüssen. Im ersten Fall (a) liegt das Bemessungshochwasser vor. Hier arbeitet das ungesteuerte Becken optimal. Die Steuerung bringt keine zusätzliche Abflussminderung. Ihr Vorteil liegt aber darin, dass der im Bilde nicht dargestellte ablaufende Ast des Hochwassers so beeinflusst werden kann, dass die besonderen Bedürfnisse der Unterlieger berücksichtigt werden können. Im Falle (b) ist ein Ereignis dargestellt, bei dem der massgebende Inhalt grösser ist als der Rückhalteraum. Dieser ist im ungesteuerten Betrieb bereits aufgefüllt, bevor der grösste Zufluss auf das Becken trifft. Die Hochwasserentlastung springt daher an. Die Spitze wird ungedämpft weitergegeben. Demgegenüber bewirkt eine stufenweise gesteuerte, der Zuflussprognose angepasste Abflusserhöhung eine merkliche Abflussspitzenminderung, obwohl auch hier die Ausbauwassermenge des Unterlaufes überschritten wird. Je besser die Prognose des Hochwasserablaufes, desto besser die Steuerung. Das letzte Beispiel (c) soll zeigen, wie auch bei kleineren Hochwassern eine bessere Nutzung des Stauraumes, und damit eine Entlastung des Unterlaufes, erreicht werden kann.

Bei Einzugsgebieten mit mehreren Hochwasserrückhaltebecken wird die optimale Steuerung aller in Serie oder parallel liegender Becken zur komplexen Aufgabe. Eine falsche Betriebsweise kann sogar eine Verschärfung der Abflussverhältnisse herbeiführen. Es sind daher bereits Bestrebungen im Gange, ganze Beckensysteme mit Hilfe computerunterstützter Steuerungen zentral zu bewirtschaften.

## 8. Schlussbetrachtung

Hochwasserrückhaltebecken zählen in unseren Nachbarländern, sowohl in Deutschland wie auch in Frankreich, durchaus zu den gängigen Hochwasserschutzmassnahmen des Flussbaues, die vor allem in Einzugsgebieten mit ausgeprägten Hochwasserspitzen eine wirtschaftliche Lösung darstellen. Sie dürfen nicht als lokale Bauten betrachtet werden. Ihre Planung muss sich auf das gesamte Einzugsgebiet erstrecken. Da für ihre Bemessung nicht nur die Spitzenabflüsse, sondern der ganze Hochwasserwellenverlauf massgebend ist, sind die hydrologischen Vorarbeiten ausschlaggebend und entsprechend aufwendig.

Während die in Südfrankreich gebauten Hochwasserrückhaltebecken darauf ausgelegt sind, praktisch den ganzen Inhalt von Hochwasserwellen grösserer Jährlichkeit aufzunehmen, wird in Deutschland versucht, die Gerinneabflusskapazität möglichst voll in Rechnung zu stellen und den Staurauminhalt mit wohl angepasster, flexibler Betriebsweise für alle Hochwasser-

ereignisse optimal zu nutzen. Es besteht dort auch eine deutliche Tendenz, die Becken für wasserwirtschaftliche Mehrzweckaufgaben auszubauen.

## Literaturhinweise

- [1] F. Zimmermann: Hochwasserrückhaltebecken. Mitt. Leichtweiss-Institut, Braunschweig, Heft 11, 1965
- [2] K. Richter: Aus Theorie und Praxis der Hochwasserbekämpfung durch Rückhaltebecken. «Die Wasserwirtschaft» 3/4, 1966
- [3] K. Richter: Praktische Beispiele des Hochwasserschutzes aus dem Neckargebiet. «Die Wasserwirtschaft» 1/2, 1970
- [4] A. Bonafos: Travaux de défense contre les crues des rivières cévenoles-bassin du Vidourle. «Société Hydrotechnique de France, Xmes Journées de l'Hydraulique, 1968»
- [5] Ing. Büro Maggia: Staumauer zum Hochwasserschutz eines Alpentals. «Schweiz. Talsperrentechnik» 42, 1970

Adresse des Verfassers: J. Tschopp, dipl. Ing., Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) an der ETH Zürich, Gloriastrasse 37/39, 8006 Zürich.

## Der neue Friedhof Uetliberg in Zürich

DK 718

Als Ersatz für die wegfallenden Begräbnisstätten im Sihlfeld hat der Stadtrat im Jahre 1963 als Standort für einen neuen Friedhof ein etwa 96 000 m<sup>2</sup> messendes Areal im Friesenberggebiet zwischen Bachtobelstrasse und Borrweg bestimmt. Massgebend für diese Platzwahl war auch, dass sich das Gelände an schöner Aussichtslage am Fusse des Uetliberges befindet und es bereits in städtischem Eigentum stand.

Das Projekt von Architekt W. Gantenbein ging aus einem öffentlichen Projektwettbewerb hervor und wurde anschliessend in Arbeitsgemeinschaft mit Gartenarchitekt E. Baumann weiterbearbeitet. Das Bauprojekt ist in einer Volksabstimmung im März 1968 gutgeheissen worden. Die Bauarbeiten wurden anfangs November 1968 begonnen und nach 3½jähriger Bauzeit abgeschlossen. Die Anlage ist am 26. Mai 1972 eröffnet worden.

### Die Friedhofanlage

Der neue Friedhof liegt am Ostabhang des Uetliberges in unmittelbarer Nähe des Waldes und ist zwischen Kolbenhof und Friesenberg eingebettet. Der Hauptzugang erfolgt über die Friesenbergstrasse. Durch einen Grünstreifen getrennt führen Fußgänger- und Fahrweg zum Haupteingang am Borrweg hinauf. Talseits dieser Wege befindet sich ein etwa 150 Autos fassender Parkplatz. Er ist durch Baum- und Sträuchergruppen unterteilt. Von hier aus betritt der Besucher den talseits durch einen Eichenhain begrenzten Eingangsplatz. Dieser Hain bildet – zusammen mit einer vertieft angelegten Wiese – eine parkähnliche Grünfläche, welche Spezialgräber aufnehmen soll. Die Aufbahrungshalle schliesst bergseits den Eingangsplatz ab. In nächster Nähe dieses Baues stehen, vom Besuchertraffic abgewandt und an die bestehende Häusergruppe des Friesenberges angegliedert, Dienstgebäude und Verwalterwohnung. Der Eingangsplatz mündet in einen dem Abhang entlangführenden, alleeähnlichen Hauptweg von 7,5 m Breite, der die Abdankungskapelle im südlichen Arealteil erschliesst und den Friedhof in zwei Teile gliedert. Schmalere Wege führen zu den bergseitigen Gräberfeldern, die den gegebenen Geländeformen angepasst und durch leichte Böschungen und niedrige Bepflanzung voneinander getrennt werden. Jedes Gräberfeld hat eine zentral gelegene eigene Ruhezone. Das talseitige Gelände wird bis zu seiner Inanspruchnahme landwirtschaftlich bearbeitet und genutzt.

Im Friedhof Uetliberg sind insgesamt 13 360 Gräber vorgesehen. Davon sind rund 12 700 Reihengräber für Erdbestattungen, einschliesslich Kindergräber und Reihurnengräber. Der Rest verteilt sich auf Wahlgräber für Erdbestattungen und für Urnenbeisetzungen. Zwei reizvoll angelegte Höfe enthalten außerdem 500 Urnennischen.

### Die Hochbauten

#### Abdankungskapelle

Der breit angelegte, mit einer Ornamentpflasterung künstlerisch gestaltete Hauptzugangsweg führt zur etwas erhöht gelegenen Abdankungskapelle, von deren Vorfahrthof und gedecktem Vorplatz sich ein freier Ausblick auf die Stadt bietet. Das höhenmässig differenzierte Gebäude bildet den architektonischen Akzent der Friedhofsanlage. Die Kapelle ist durch sechs im Winkel angeordnete Stufen gestaltet und diagonal zur Kanzel orientiert. Im Blickfeld der Trauergemeinde bereichert ein freihängender, durchsichtig gewobener Schmuck mit wohltemtem Farbenspiel den Raum. Ein weiteres Gestaltungsmerkmal ist die eingebaute Empore mit der Orgel. Dadurch öffnet sich ein niedriger Eingangsbereich in den hohen Raum der Kapelle, von dem ein horizontales Fensterband den Blick auf die vom Uetlibergwald begrenzten Grünflächen freigibt. Die Abdankungskapelle fasst 168 Sitzplätze sowie deren 32 auf der Empore.

Mit Ausnahme des Pfarrzimmers unter der Empore befinden sich sämtliche Nebenräume (Heizung, Luftschutzräume, Magazine, öffentliche Abortanlage) im Untergeschoss.

#### Aufbahrungshalle, Dienstgebäude und Verwalterhaus

Die Gebäudegruppe beim Eingangsplatz des Friedhofes ist der Hanglage entsprechend von verschiedenen Ebenen erschlossen und besteht aus drei eingeschossigen Bauten mit jeweils talseits freien Eingangsgeschossen. Im Aufbahrungstrakt sind zwischen dem Dienstgang und der Besucherhalle mit durchgehender Fensterfront sieben beidseitig zugängliche Aufbahrungsräume und im Dienstbereich ferner ein Wasch- und ein Kühlraum sowie ein Raum für Blumen angeordnet. Das untere Geschoss ist mit einem gedeckten Vorplatz gestaltet und enthält die Empfangshalle mit anschliessendem Verwalterbüro und Priesterraum, ferner die