

# EDV in der Wasserwirtschaft: Beitrag zur Lösung von Hochwasserschutzproblemen in der Praxis

Autor(en): **Weiss, Heinz P. / Epprecht, Manuel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 33/34

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74843>

## **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.

# EDV in der Wasserwirtschaft: Beitrag zur Lösung von Hochwasserschutzproblemen in der Praxis

Von Heinz W. Weiss und Manuel Eprecht, Zürich

Anhand praktischer Beispiele wird gezeigt, wie der Computer mit Erfolg zur Lösung von wasserwirtschaftlichen und wasserbaulichen Aufgaben verwendet werden kann. Er ermöglicht es, Untersuchungen und Berechnungen unter bestmöglichem Einbezug der gegebenen Daten und Zusammenhänge durchzuführen. Im Vergleich zu einfacheren Verfahren ergeben sich deshalb kostengünstigere Bauwerke oder umfassendere Entscheidungsgrundlagen. Trotz der vielen Vorteile von EDV-Modellen herrscht noch eine gewisse Skepsis gegenüber ihrer Anwendung. Sicher ist der zusätzliche Bearbeitungsaufwand nicht zu vernachlässigen; dem stehen aber andererseits echte Leistungen gegenüber. Dieser Artikel möchte helfen, einige Bedenken zu zerstreuen.

## Einführung

Für die Behandlung von wasserwirtschaftlichen und wasserbaulichen Problemen sind in den letzten Jahren verschiedene auf der EDV basierende Modelle und Verfahren entwickelt worden, welche die Problemlösung für den Ingenieur wesentlich beeinflusst haben. Die heute zur Verfügung stehenden Computer erlauben unter anderem, grosse Mengen von Daten mit vernünftigem Aufwand zu verarbeiten und mangelhafte Daten sinnvoll zu ergänzen. Es können komplizierte physikalische Vorgänge nachgebildet und in mathematischen Modellen erfasst werden. Die Berechnungsergebnisse sind mit kleineren Unsicherheiten behaftet, weil der Einfluss verschiedener Annahmen auf die Genauigkeit eingehend geprüft werden kann. Einmal erstellte und geeichte Modelle brauchen relativ wenig zusätzlichen Bearbeitungsaufwand für einzelne Berechnungsdurchgänge, was das Variantenstudium grundlegend erleichtert. Deshalb können für die Projektausführung oft *kostengünstigere* Lösungen erarbeitet werden, als dies mit anderen Verfahren möglich wäre. Viele Modelle lassen sich zudem zur späteren *Überwachung* des Betriebes und zur *Steuerung* von erstellten Anlagen und Systemen verwenden.

In drei ausgewählten aktuellen Beispielen wird im folgenden gezeigt, wie neuere hydrologische und hydraulische Modelle in den *Projektierungsprozess* eingebaut worden sind. Das erste Beispiel behandelt die Bemessung einer Gruppe von Hochwasserrückhaltebeck-

ken. Im zweiten Beispiel wird erläutert, wie Ausbauwassermenge und Kapazitätsengpässe entlang eines Gebirgsflusses ermittelt werden können. Die dargestellte Methodik zur Erarbeitung des Gerinnekapazitätsprofils ist dabei ein wichtiges Mittel für das Erfassen des Hochwasserrisikos. Schliesslich wird im dritten Beispiel anhand eines Mehrzweckspeichers illustriert, wie verschiedene Nutzungsinteressen auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden können.

## Hochwasserrückhaltebecken

Hochwasserrückhaltebecken werden im Hochwasserschutz als *Alternative* oder als *Ergänzung zum Gerinneausbau* eingesetzt. Die Vorteile gegenüber dem

konventionellen Gewässerausbau können vielfältig sein: Hochwasserspitzen werden gedrosselt und nicht einfach unverändert dem Unterlieger weitergegeben, die Grundwasserbeeinflussung wird lokal begrenzt, das Landschaftsbild wird im allgemeinen weniger stark beeinträchtigt[1].

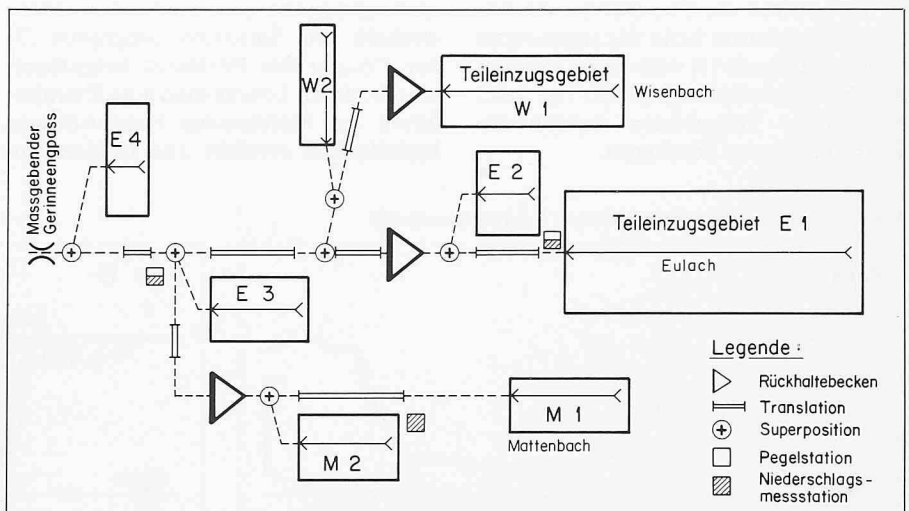
Als eine von mehreren technisch realisierbaren Lösungen bietet sich für den zukünftigen Hochwasserschutz entlang der *Eulach* bei *Winterthur* eine *Kombination von Hochwasserrückhaltebecken und Erweiterung der lokalen Engpässe* an. Die vorgeschlagene Lösung mit drei Becken ist in Bild 1 dargestellt.

## Modellbeschreibung

Für die hydrologische Bemessung wurde ein lineares, zeitunabhängiges Niederschlag-Abflussmodell verwendet, das erlaubt, in ländlichen sowie städtischen Einzugsgebieten die Abflussspitzen mit den dazugehörigen Volumen an bestimmten Gewässerpunkten für vorgegebene Wiederkehrperioden zu ermitteln. Dabei können die Einflüsse von Veränderungen wie zunehmende Überbauung, Gerinneerweiterungen oder der Bau von Rückhaltebecken erfasst werden. Das Modell setzt sich aus den Hauptelementen Abflussbildung in den Teilgebieten, Abflusskonzentration im Gerinnesystem, Verknüpfung durch lineare Superposition sowie Einbau von Speicherelementen zusammen [1, 2]. Dazu werden nachstehend einige grundsätzliche Erklärungen aufgeführt.

*Teileinzugsgebiet.* Das ganze Einzugsgebiet wird in topographisch und hydrologisch möglichst homogene Teilge-

Bild 1. Einzugsgebiet der Eulach, Struktur des Niederschlag-Abflussmodells



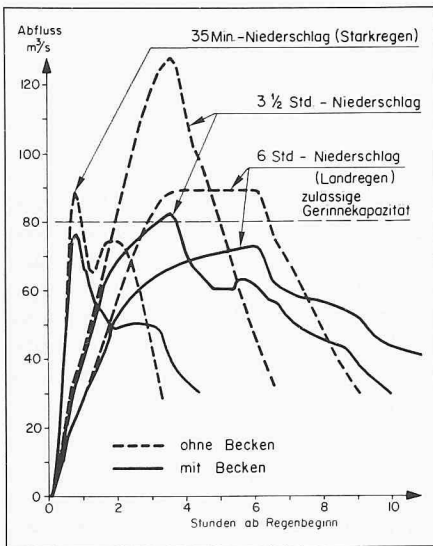


Bild 2. Simulierte Abflussganglinien der Eulach am massgebenden Gerinneengpass für zukünftige Hochwasser, mit und ohne Rückhaltebecken (Bekkenanordnung gemäss Bild 1, ungesteuerter Betrieb)

biete unterteilt. Im Beispiel der Eulach werden die Gebiete am besten als Rechtecke dargestellt. Für die Teilgebiete und die vorgesehenen Rückhaltebecken ergibt sich die in Bild 1 dargestellte Modellstruktur.

**Oberflächenabfluss.** Im Einzugsgebiet der Eulach wird der Hochwasserabfluss im wesentlichen durch den unmittelbar an der Geländeoberfläche abfliessenden Anteil des Niederschlags verursacht. Dabei wird angenommen, dass der abfliessende Niederschlag zuerst der Falllinie nach im Gelände dem nächsten Vorfluter zufliesst und dann im Talgerinne zum Ausflusspunkt des Teilgebietes gelangt. Die entsprechenden Oberflächen- und Gerinneschwindigkeiten sind ortsabhängig; während eines Hochwassers werden zeitliche Mittelwerte angenommen.

**Abflusskonzentration und lineare Superposition.** Die Abflusswellen der Teileinzugsgebiete werden pro Gewässerabschnitt mit einer konstanten mittleren Fliessgeschwindigkeit talwärts verfrachtet. Charakteristische Grösse ist die Laufzeit der Translation. Anstelle der Translation kann die sogenannte Speicherkaskade [1] verwendet werden. An den Verknüpfungsstellen von zwei oder mehr Teilgebieten werden die Teilwellen linear überlagert.

**Speicherelemente.** Zwischen den Teileinzugsgebieten können Speicherelemente eingeführt werden, mit denen sich der Einfluss von Hochwasserrückhaltebecken auf die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Eulach erfassen lässt. Neben den Beckenstandorten erlaubt das Modell die Eingabe von Beckenvolumen, Auslaststyp und Betriebsart mittels der sogenannten Beckenparameter. Es ist damit möglich, den Beckenausfluss unter Druck oder im freien Überfall zu modellieren, Abhängigkeiten zwischen Speichervolumen und Ausfluss festzulegen sowie einen gesteuerten oder ungesteuerten Betrieb anzunehmen.

**Modelleichung**

Die Genauigkeit der Modellaussagen hängt besonders von der Kenntnis der Topographie, der Gewässermorphologie und des Überbauungsgrades im Einzugsgebiet ab. Mit Hilfe von sorgfältig ausgeführten Eichungen an bekannten früheren Hochwasserereignissen können gute Resultate erzielt werden. Im Einzugsgebiet der Eulach befinden sich drei hydrometrische Beobachtungsstationen (Bild 1): zwei Pegelmessstationen mit Regenschreibern sowie eine weitere Niederschlagsmessstation mit Tagestotalisator. Für die Modelleichung wurden die Aufzeichnungen der Hochwasser vom 21./22. Sept. 1968 und vom 21./22. Juli 1972 verwendet.

In einem ersten Arbeitsschritt stellte sich das Problem, wie die Abflussspitzen der beiden Hochwasser ermittelt werden können, da von den erwähnten Messstationen Pegel-Abflussbeziehungen nur für kleine bis mittlere Abflussmengen vorhanden waren. Zudem sind die Fliessverhältnisse bei beiden Stationen relativ kompliziert wegen wechselnden Gerinnequerschnitten, unterwasserseitigen Abstürzen und gedeckten Durchlässen. Das Durchflussverhalten konnte darum mit den vereinfachenden Normalabflussformeln nicht genügend genau erfasst werden, weshalb ein Staukurvenprogramm [3] zur Lösung des Problems beigezogen wurde; damit konnte eine gute Extrapolation der bestehenden Pegel-Abflussbeziehungen erreicht und je eine Ab-

flussganglinie für die Hochwasser von 1968 und 1972 ermittelt werden.

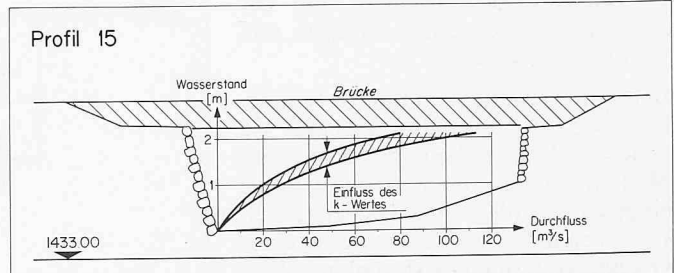
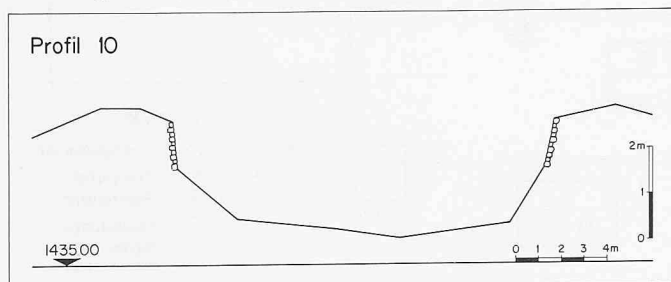
Als nächstes mussten die wichtigsten Gebietsparameter bestimmt werden, die für das Abflussverhalten im Einzugsgebiet während eines Hochwassers der Eulach bestimmend sind. Es sind dies vor allem die mittleren Gerinne- und Oberflächenabflussgeschwindigkeiten sowie die Spitzenabflussbeiwerte. Erste geschätzte Werte wurden anhand überschlägiger Berechnungen, allgemeiner Erfahrungswerte und Resultaten aus anderen Untersuchungen wie zum Beispiel der Kanalisationsberechnung der Stadt Winterthur gewählt. Durch den Vergleich der gerechneten mit den gemessenen Abflussganglinien bei den beiden Pegelmessstationen und den daraus resultierenden Anpassungen ergaben sich schliesslich die Parameterwerte, welche das Abflussverhalten im Einzugsgebiet der Eulach am besten zu charakterisieren vermögen.

**Zukünftige Hochwassersituation**

Für das Modellieren der zukünftigen Hochwassersituation wurden die Gebietsparameter entsprechend der zu erwartenden Bautätigkeit angepasst. Die Bemessungsniederschläge wurden für alle Berechnungen in drei Gruppen zusammengefasst: kurze Starkregen, Regen mittlerer Dauer und längere Landregen. An den günstigsten Standorten wurden sodann Hochwasserrückhaltebecken vorgesehen. Deren optimale Anzahl sowie die erforderliche Grösse, hydrologisch-hydraulischer Wirkungsgrad und optimales Betriebskonzept wurden in einem Iterationsprozess ermittelt.

Die Simulation des Gebietsverhaltens für die massgebenden zukünftigen Hochwassersituationen zeigte, dass die Hochwasserspitzen mit drei ungesteuerten Rückhaltebecken auf die beim kritischen Engpass zulässige Grösse reduziert werden können. Entsprechende Abflussganglinien sind in Bild 2 dargestellt. Die Modellsimulation ergab im weiteren, dass im Falle der Eulach mit gesteuerten Betriebsauslässen keine wesentliche Reduktion der Beckenvolumen gegenüber ungesteuerten Becken erreicht wird.

Bild 3. Typische Gerinnequerschnitte mit Kapazitätsquerschnitt



Zusammenfassend wird festgehalten, dass sich die erarbeitete Lösung als Resultat eines *Variantenstudiums* ergab, bei dem der Einfluss der massgebenden Gebiets- und Beckenvariablen eingehend geprüft wurde. Dank der in der Modelleichung gewonnenen Erfahrungen konnten Unsicherheiten für zukünftige Hochwassersituationen weitgehend unter Kontrolle gebracht werden. Wie es sich schon während einer der Modellsimulation vorangegangenen, überschlägigen Berechnung zeigte, hätte sich die Dimensionierung ohne Einsatz des Computers ungemein schwieriger gestaltet. Es ist fraglich, ob die dargestellte, kostengünstige Lösung überhaupt hätte gefunden werden können.

### Gerinnekapazitätsprofil

Im Rahmen einer *Hochwasserschutzanalyse* musste die *Abflusskapazität* eines schweizerischen Gebirgsflusses innerhalb einer grösseren Ortschaft ermittelt werden. Die aufgenommenen Gerinnequerprofile zeigten – zur Illustration sind die Profile 10 und 15 in Bild 3 dargestellt –, dass vor allem an Brückenquerschnitten Engpässe bestehen. Im weiteren ist das Gerinne über lange Strecken durch Seitendämme begrenzt. Es besteht deshalb die Gefahr, dass die Dämme lokal seitlich überströmt werden und die tiefer gelegene Umgebung überflutet wird. Um die Abflusskapazität bestimmen zu können, müssen die Wasserspiegellagen für verschiedene Durchflussmengen bekannt sein. Da zuverlässige Wasserspiegel- und Abflussmessungen fehlen, wurden die Abflussverhältnisse im vorliegenden Falle rechnerisch ermittelt.

### Modell

Bei der Wahl des Berechnungsmodells stellte sich die Frage, wie weit dem zeitlich variablen Charakter des Abflusses Rechnung getragen werden musste. Beim *seitlichen Überströmen der Uferdämme* ergibt sich im Fluss nämlich eine Reduktion des Durchflusses in der Hauptflussrichtung, da sich das Wasser auf der tiefer liegenden Umgebung ausbreitet. Unter den gegebenen Verhältnissen ist das Fliessverhalten auf der seitlichen Umgebung instationär, der Abfluss im Hauptgerinne hingegen ist während des Spitzendurchflusses in erster Annäherung *stationär*. Nach eingehender Prüfung wurde ein Staukurvenprogramm [3] verwendet, welches die Wasserspiegellagen von stationären, aber örtlich veränderlichen Abflüssen berechnet. Das Modell war speziell entwickelt worden zur Behandlung von schiessendem und strömendem Abfluss

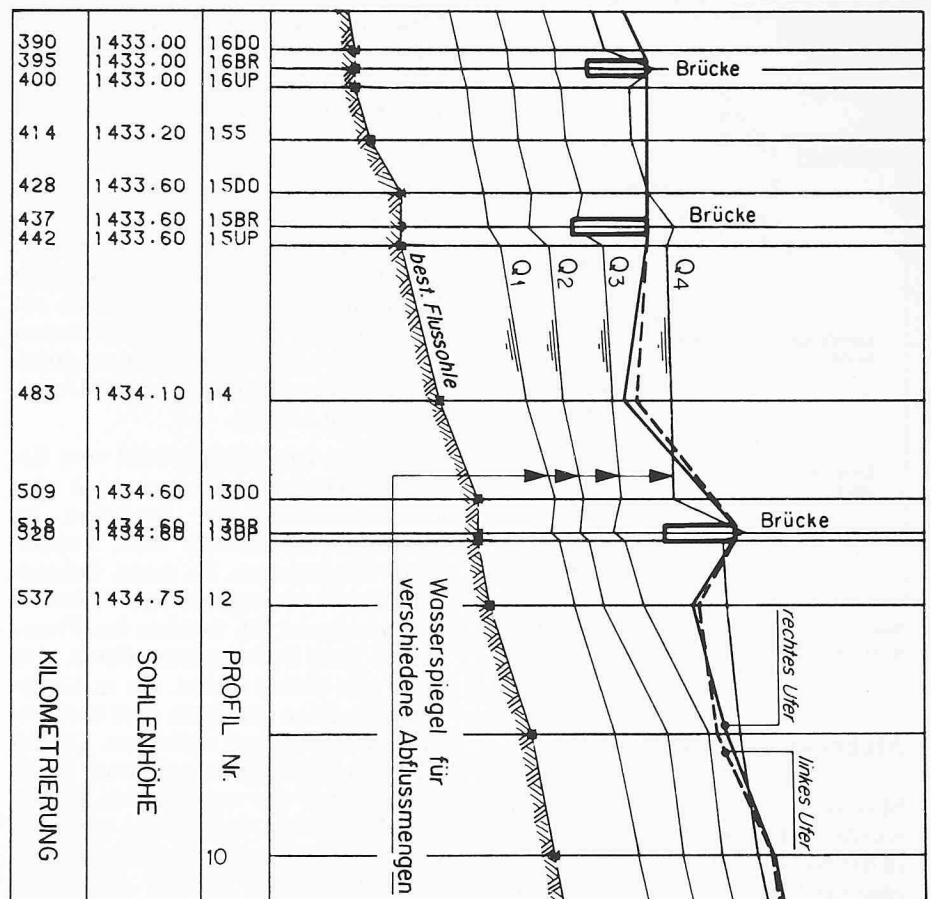


Bild 4. Ausschnitt aus einem Kapazitätslängenprofil

in Gerinnen mit Durchfluss unter Brücken, Überfluten von Brücken und Dämmen sowie seitlichem Zu- und Abfluss. Dem Fliessverhalten im Fluss konnte damit im vorliegenden Beispiel auch bei seitlichem Überströmen Rechnung getragen werden. Das Abflussgeschehen auf den seitlichen Hochwasser-ebenen war andererseits nicht Gegenstand der durchgeführten Hochwasserschutzanalyse; dieser Vorgang könnte zum Beispiel mit dem im nächsten Beispiel gezeigten Modell für die Berechnung von instationären Abflüssen erfasst werden.

Als Parameter für die Modelleichung wurden die *mittleren Rauheitswerte* des Gerinnes anhand bekannter empirischer *k*-Werte nach *Strickler*, Abschätzungen nach *Meyer-Peter und Lichtenhahn* sowie Berechnungen nach *Darcy* mittels der äquivalenten Sandrauhigkeit bestimmt. Wegen dem relativ kleinen Gefälle des Gerinnes im untersuchten Flussabschnitt durfte angenommen werden, dass mit einer geringen Geschiefbefracht zu rechnen ist und dass deren Einfluss auf die Gesamtrauhigkeit klein ist [4].

### Entscheidungsgrundlagen

Als Resultat der Berechnungen ergab sich das in Bild 4 dargestellte *Kapazi-*

*tätslängenprofil*, mit dem die gerade noch «randvoll» abfliessende Wassermenge bestimmt werden kann. Zusammen mit den Kapazitätsquerprofilen (siehe zum Beispiel Profil 15 in Bild 3) kann festgestellt werden, wo lokale Dammerhöhungen nötig wären. Zugleich lassen sich die massgebenden Engpässe lokalisieren, an denen ein übermässiger Aufstau erfolgt. Der Einfluss von baulichen Massnahmen auf den Abflussvorgang wie Sohlenveränderungen, Dammerhöhungen oder das Erweitern von Engpässen kann im Modell nachvollzogen werden. Für das Erstellen von zusätzlichen Brücken oder von anderen flussnahen Bauwerken ergeben sich wichtige Angaben wie die benötigte lichte Höhe, minimale Abstände oder zulässiger Aufstau.

Die Resultate solcher Modellberechnungen erlauben es den verantwortlichen Behörden, das *lokale Gefährdungspotential* zu bestimmen. Sie dienen als Entscheidungsgrundlage sowohl für das Planen von Hochwasserschutzmassnahmen als auch für die Projektierung von Bauwerken, die das ungehinderte Abfliessen zukünftiger Hochwasser beeinträchtigen könnten. Es ist damit möglich, das Hochwasserrisiko in den Griff zu bekommen.



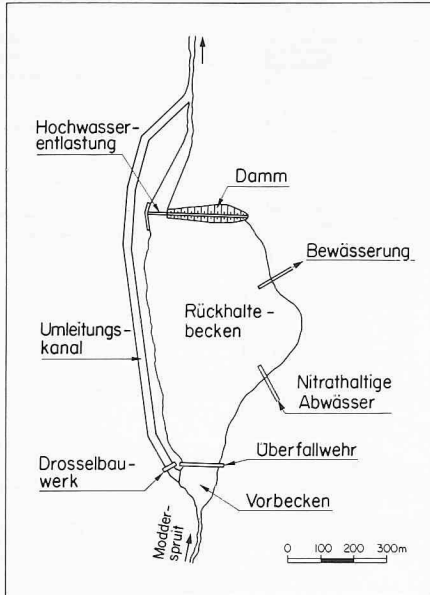


Bild 5. Mehrzweckspeicher am Fluss Modderspruit bei Johannesburg, Lageskizze

## Mehrzweckspeicher

Mittels eines 15 m hohen Erddammes wurde im Tal des Flusses *Modderspruit* in der Nähe von *Johannesburg* ein Speicher zur Lagerung von stark nitrat-haltigen Abwässern geschaffen, die aus einer nahegelegenen Fabrik stammen. Diese werden im Rahmen der lokalen und regionalen Bewässerung zur Düngung der umliegenden Felder benützt. Der *Modderspruit* wird durch den Speicher, wie in Bild 5 anhand einer Lageskizze dargestellt, in seinem Lauf unterbrochen. Das aus dem 45 km<sup>2</sup> grossen Einzugsgebiet anfallende Flusswasser wird durch einen Umleitungskanal um das Staubecken herumgeführt. Allerdings genügt die ursprüngliche Kanalkapazität nicht für das Umleiten der jährlichen Hochwasser, so dass jeweils ein grosser Teil der Wasserfracht über ein Streichwehr ins Staubecken floss, sich dort mit dem Nitratwasser vermischt und beim Überschreiten des vorhandenen Stauvolumens über die Hochwasserentlastung wieder in den Unterlauf gelangte. Die damit entstehende Gewässerbelastung war gross, und im Jahre 1978 drängte sich deshalb eine *Gesamt-sanierung* auf. Entsprechend einer behördlichen Forderung war das Anspringen der Hochwasserentlastung in Zukunft nur noch für Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von 15 Jahren oder mehr gestattet. Als technische Lösung boten sich die Erweiterung des Kanalprofils, ein Vergrössern der Bewässerungskapazität oder Kombinationen davon an.

## Modell

Ähnlich wie im ersten Beispiel stellte sich bei der Bemessung zuerst das Pro-

blem, mit Hilfe eines Niederschlag-Abflussmodells eine repräsentative Serie von Hochwasserganglinien herzuleiten. Das Verhalten der einzelnen Abflussganglinien in der Nähe des Beckens musste sodann mit einem *Hochwasserwellenprogramm* (Floodrouting-Verfahren) erfasst werden. Unter anderem war es wichtig festzulegen, in welchem Verhältnis sich die im Vorbecken ankommende Hochwasserwelle über ein Überfallwehr in das Rückhaltebecken sowie über eine Schwelle mit anschließendem Drosselbauwerk in den Umleitungskanal aufteilt.

Wegen des Rückstaus sowohl vom Kanal und Drosselbauwerk als auch vom Rückhaltebecken herrschen im Vorbecken hydraulisch recht komplizierte Verhältnisse. Zu deren Behandlung wurde ein sogenanntes *Zellenmodell* verwendet [3], welches das Fluss-, Kanal- und Beckensystem durch eine Serie von Zellen ersetzt, die in Längsrichtung einen geneigten oder horizontalen Wasserspiegel aufweisen. Die im Bild 6 in Kästchen aufgeführten Nummern dienen der numerischen Zellenanordnung. Die Verbindung zwischen den einzelnen Zellen geschieht mathematisch entweder mit der *stationären Bewegungsgleichung (Bernoulli)* oder mittels *Überfall- und Durchflussgleichungen*. Der Ausfluss aus dem Kanal wird als *Pegel-Abflussbeziehung* charakterisiert, der aus dem Becken mit einer *Wehrformel* erfasst. Dazu sind nachstehend einige grundlegende Erklärungen angefügt. Für einen detaillierteren Beschrieb der Modellannahmen im speziellen sowie für Erläuterungen zur Berechnung von instationären Abflussvorgängen im allgemeinen wird auf die im Anhang angeführte Literatur verwiesen [3].

Beim Zellenmodell werden die Durchflussbeziehungen an den Zellenübergängen sowie die Kontinuitätsgleichung für die einzelnen Zellen mit einem finiten Differenzenverfahren ausgedrückt. Die Wasserspiegel- und Energielinien-differenzen werden dabei zwischen den Zellenmittelpunkten ermittelt, während die entsprechenden Durchflussmengen als Mittel zwischen den Zeitschritten  $t$  und  $(t + \Delta t)$  eingeführt werden. Zu einem beliebigen Zeitpunkt  $t$  sind alle Wasserspiegelhöhen sowie Durchflussmengen bekannt. In einem ersten Annäherungsschritt können die für den Zeitpunkt  $(t + \Delta t)$  gültigen Durchflussmengen geschätzt und in das mittels der Kontinuitätsbedingungen aufgestellte System von  $N$  Gleichungen - entsprechend der Anzahl von  $N$  Zellen - eingesetzt werden. Durch simultanes Lösen dieser Gleichungen (implizites Lösungsverfahren) ergeben sich die für diesen neuen Zeit-

punkt an den Zellenmittelpunkten gültigen Wasserspiegel, anhand deren die Durchflussmengen nachgerechnet werden können. Die Wahl des Zeitschrittes  $\Delta t$  hängt von der Qualität des gewählten Annäherungsverfahrens ab; je besser die geschätzten Werte der Durchflüsse mit den nachgerechneten Werten übereinstimmen, um so grösser kann  $\Delta t$  gewählt werden und desto kleiner wird der Rechenaufwand. Eine weitere Reduktion des Rechenaufwandes wird durch das Einführen von variablen Zeitschritten erreicht.

## Optimierungsergebnis

Mit dem Zellenmodell konnte eine repräsentative Serie von Hochwasserganglinien erfasst werden. Als Bemessungsvariablen wurden die Kapazität des Umleitungskanals und das zu Beginn eines Hochwassers zur Verfügung stehende Rückhaltevolumen gewählt, das letzte in Funktion der angenommenen Bewässerungskapazität. Es zeigte sich, dass für die *kostengünstigste Lösung* ein Volumen von 125 000 m<sup>3</sup> benötigt wird. Dabei werden während eines 15-jährlichen Hochwassers mit einer Spitze von 135 m<sup>3</sup>/s maximal etwa 75 m<sup>3</sup>/s im Kanal abgeleitet; der Rest fliesst direkt ins Becken, ohne dass das Maximalstauziel überschritten wird. Infolge des Drossel-effektes im Durchlass zum Kanal besteht zudem die Gewähr, dass die «randvolle» Kapazität des Umleitungskanals von 115 m<sup>3</sup>/s bei einem 100-jährlichen Hochwasser nicht überschritten wird. Während eines Katastrophenhochwassers hingegen wird eine Überflutung des Kanals zugelassen. Bild 7 zeigt das kurz vor der Vollendung stehende Drosselbauwerk. Bei jeder anderen untersuchten Lösung waren die Totalkosten, die sich aus den Baukosten für die Erweiterung des Umleitungskanals sowie aus den Ausgaben für eine Erhöhung der Bewässerungskapazität zusammensetzten, höher als für die gewählte Kombination. Rückblickend steht fest, dass das ganze Optimierungsverfahren ohne Verwendung des Computers kaum hätte durchgeführt werden können, weil die hydraulischen Vorgänge nicht in dem Masse erfasst worden wären.

## Schlusswort

Jeder Ingenieur ist gehalten, für die Lösung eines Problems jene Methode anzuwenden, die dem neuesten anerkannten Stand des Fachgebietes entspricht. Bei der Behandlung von wasserwirtschaftlichen Problemen kommt dabei der Verwendung von EDV-Modellen eine zunehmende Bedeutung zu. Für

eine erfolgreiche Anwendung solcher Modelle sind jedoch gewisse Grundsätze zu beachten: So muss der Aufwand zur Bereitstellung und Eichung der Daten sowie zur Berechnung unter genauer Kontrolle gehalten werden. Einer der Vorteile des Computers, dank seiner vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten Resultate in der Form von Tabellen oder graphischer Bilder anschaulich darzustellen, sollte unbedingt genutzt werden. Eine einfache, aussagekräftige Präsentation erlaubt nicht nur das sichere Entdecken allfälliger Unstimmigkeiten, sondern dient auch einer optimalen Auswertung der Untersuchungen. Plausibilitätsbetrachtungen und überschlägige Berechnungen bleiben sowohl bei einfachen Verfahren wie bei komplizierten Modellen zur Überprüfung der Resultate unentbehrlich.

Die Grenzen und Möglichkeiten eines EDV-Modelles stehen in direktem Zusammenhang mit den vorgenommenen physikalischen und mathematischen Vereinfachungen, die in ihrem vollen Umfang bekannt sein müssen. Schliesslich entscheiden der Umfang des jeweiligen Problems, die Tragweite der zu treffenden Entscheide und die Grösse der erwarteten Baukosten über die endgültige Wahl des Modelles.

**Literarnachweis**

- [1] *Tschopp, J. W.* (1981): «Die lokale und überörtliche Wirkung von Hochwasserrückhaltespeichern mit verschiedenen Betriebskonzepten». Mitteilung Nr. 50 der VAW an der ETH, herausgegeben von Prof. Dr. D. Vischer.
- [2] *Walser, E.* (1954): «Beitrag zur Theorie der Hochwasser». Wasser- und Energiewirtschaft, Heft Nr. 12.
- [3] *Weiss, H. W.* (1976): «An integrated approach to mathematical flood plain modelling». Hydrological Research Unit Report 5/76, University of the Witwatersrand, Johannesburg.
- [4] *Hänger, M.* (1979): «Geschiebetransport in Steilgerinnen». Mitteilung Nr. 38 der VAW an der ETH, herausgegeben von Prof. Dr. D. Vischer.

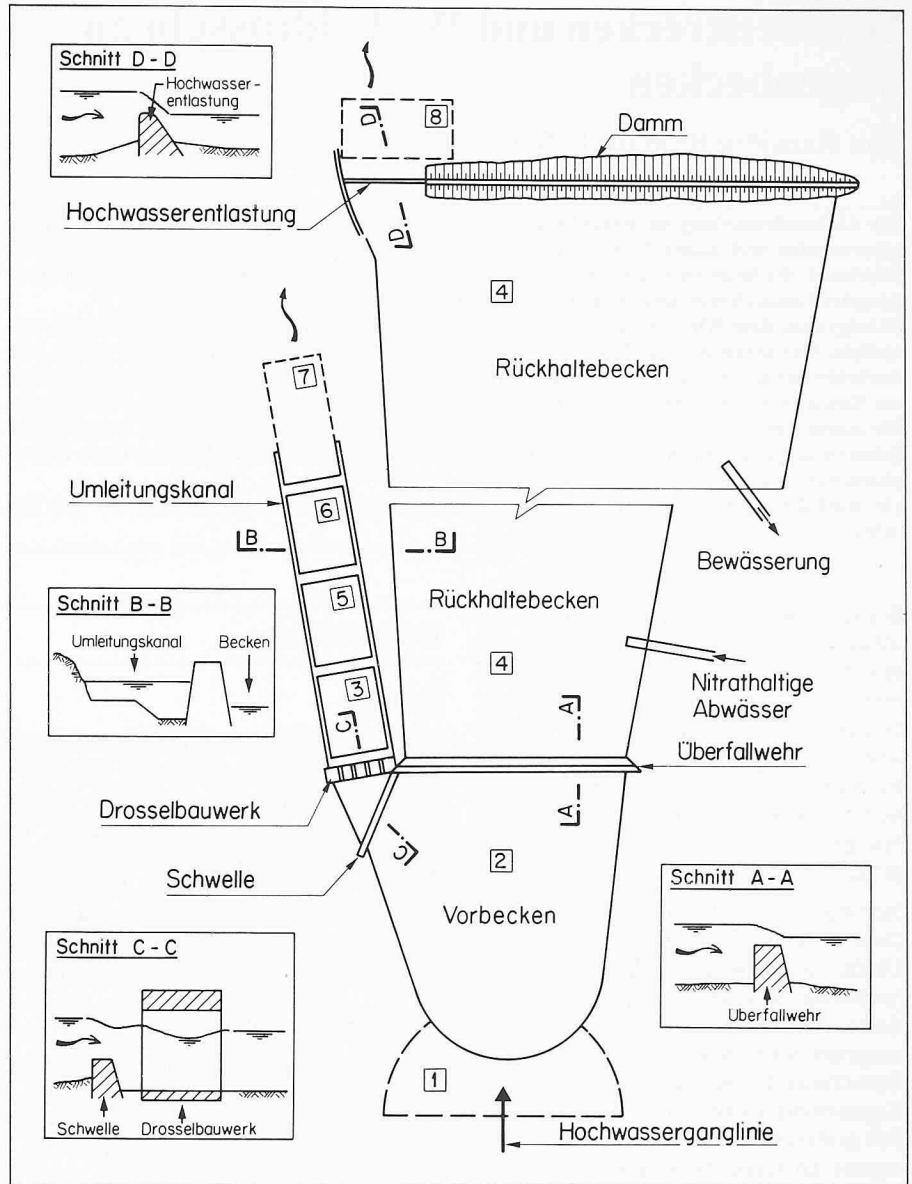
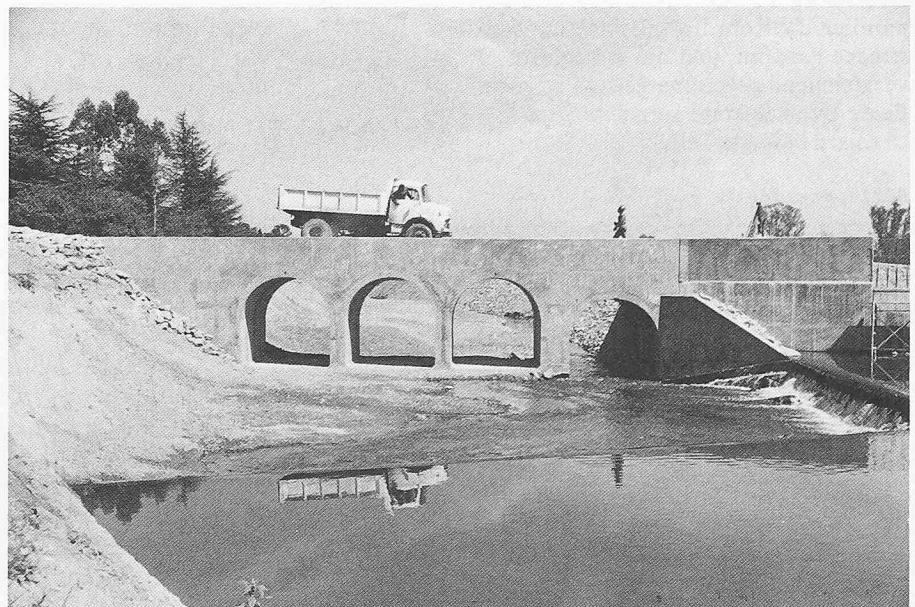


Bild 6. Mehrzweckspeicher am Modderspruit, Struktur des Zellenmodells

Bild 7. Drosselbauwerk im Umleitungskanal des Flusses Modderspruit



Adresse der Verfasser: Dr. H. W. Weiss, dipl. Ing. ETH und M. Epprecht, dipl. Ing. ETH, c/o Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstr. 395, 8029 Zürich.