Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 100 (1982)

Heft: 33/34

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

Autor: Weiss, Heinz P. / Epprecht, Manuel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74843

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: 14.01.2026

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

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

Von Heinz W. Weiss und Manuel Epprecht, 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 anderseits 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 Berechnungsresultate 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 Hochwasserrückhaltebekken. 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].

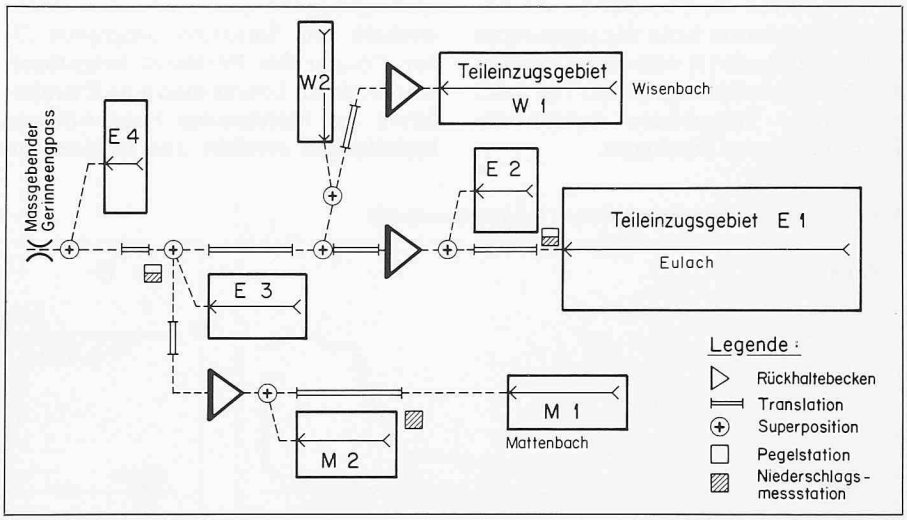
Als eine von mehreren technisch realisierbaren Lösungen bietet sich für den zukünftigen Hochwasserschutz entlang der *Eulach* bei *Winterthur* eine *Kombination von Hochwasserrückhaltebecken und Erweiterung der lokalen Engpässe* an. Die vorgeschlagene Lösung mit drei Becken ist in Bild 1 dargestellt.

Modellbeschrieb

Für die hydrologische Bemessung wurde ein lineares, zeitunabhängiges Niederschlag-Abflussmodell verwendet, das erlaubt, in ländlichen sowie städtischen Einzugsgebieten die Abflussspitzen mit den dazugehörenden 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



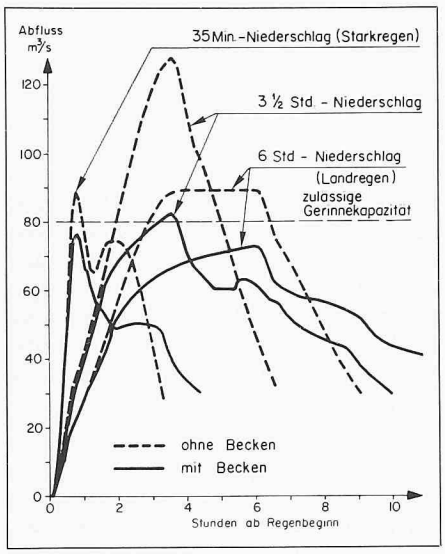


Bild 2. Simulierte Abflussganglinien der Eulach am massgebenden Gerinneengpass für zukünftige Hochwasser, mit und ohne Rückhaltebecken (Bekkenanordnung gemäss Bild 1, ungesteuerter Betrieb)

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 Fallinie nach im Gelände dem nächsten Vorfluter zufliesst und dann im Talgerinne zum Ausflusspunkt des Teilgebietes gelangt. Die entsprechenden Oberflächen- und Gerinnegeschwindigkeiten 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 Hochwasserrückhaltebekken auf die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Eulach erfassen lässt. Neben den Beckenstandorten erlaubt das Modell die Eingabe von Beckenvolumen, Auslasstyp 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 Abflussganglinie für die Hochwasser von 1968 und 1972 ermittelt werden.

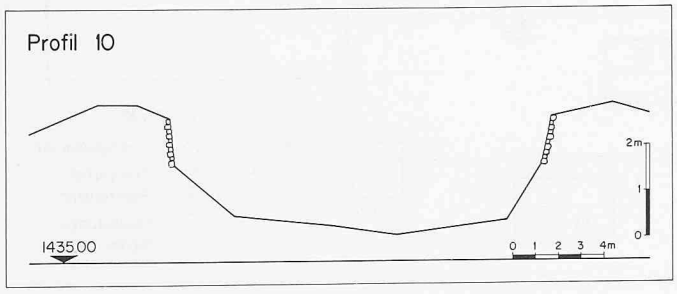
Als nächstes mussten die wichtigsten *Gebietsparameter* bestimmt werden, die für das Abflussverhalten im Einzugsgebiet während eines Hochwassers der Eulach bestimmend sind. Es sind dies vor allem die *mittleren Gerinne- und Oberflächenabflussgeschwindigkeiten* sowie die *Spitzenabflussbeiwerte.* Erste 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.

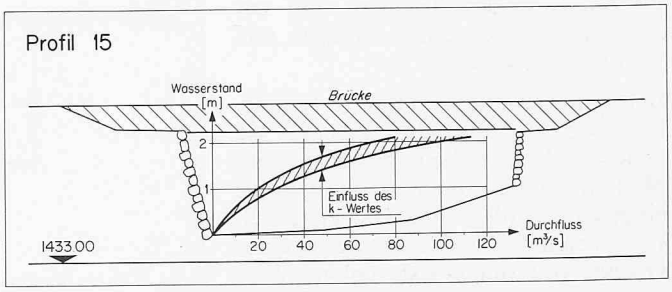
Zukünftige Hochwassersituation

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 Kapazitätsquerprofil





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 Hauptfliessrichtung, 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

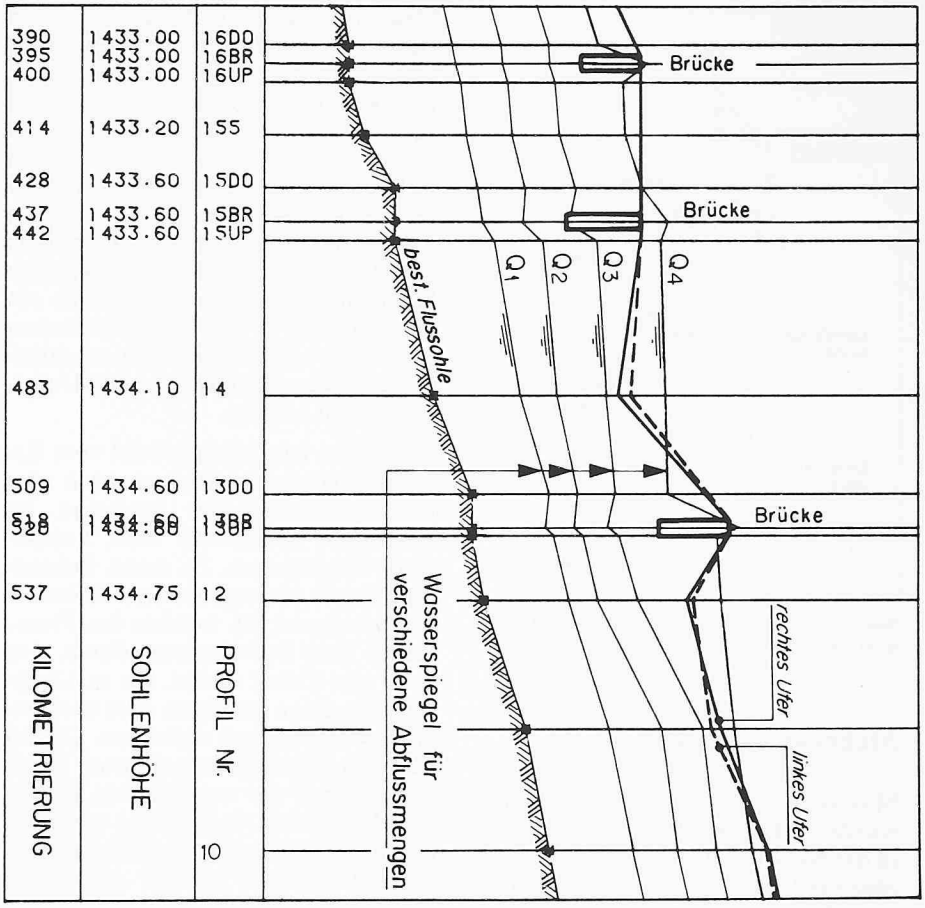


Bild 4. Ausschnitt aus einem Kapazitätslängenprofil

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 Hochwasserebenen war anderseits 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 Rauhigkeitswerte* 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 Geschiebefracht 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 *Kapazitätslängenprofil,* 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.

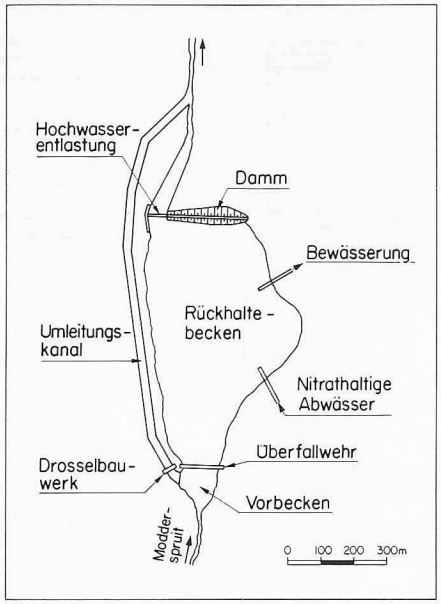


Bild 5. Mehrzweckspeicher am Fluss Modderspruit bei Johannesburg, Lageskizze

Mehrzweckspeicher

Mittels eines 15 m hohen Erddammes wurde im Tal des Flusses *Modderspruit* in der Nähe von *Johannesburg* ein *Speicher zur Lagerung von stark nitrathaltigen 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 km² grossen Einzugsgebiet anfallende Flusswasser wird durch einen *Umleitungskanal* um das Staubecken herumgeführt. Allerdings genügte 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 vermischte 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 *Gesamtsanierung* 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 Problem, 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 her 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 Energieliniendifferenzen 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 Zeitpunkt an den Zellenmittelpunkten gültigen Wasserspiegel, anhand deren die Durchflussmengen nachgerechnet werden können. Die Wahl des Zeitschrittes Δt hängt von der Qualität des gewählten Annäherungsverfahrens ab; je besser die geschätzten Werte der Durchflüsse mit den nachgerechneten Werten übereinstimmen, um so grösser kann Δt gewählt werden und desto kleiner wird der Rechenaufwand. Eine weitere Reduktion des Rechenaufwandes wird durch das Einführen von variablen Zeitschritten ereicht.

Optimierungsresultat

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 m³ benötigt wird. Dabei werden während eines 15jährlichen Hochwassers mit einer Spitze von 135 m³/s maximal etwa 75 m³/s im Kanal abgeleitet; der Rest fliesst direkt ins Becken, ohne dass das Maximalstauziel überschritten wird. Infolge des Drosseleffektes im Durchlass zum Kanal besteht zudem die Gewähr, dass die «randvolle» Kapazität des Umleitungskanals von 115 m³/s bei einem 100jährlichen 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.

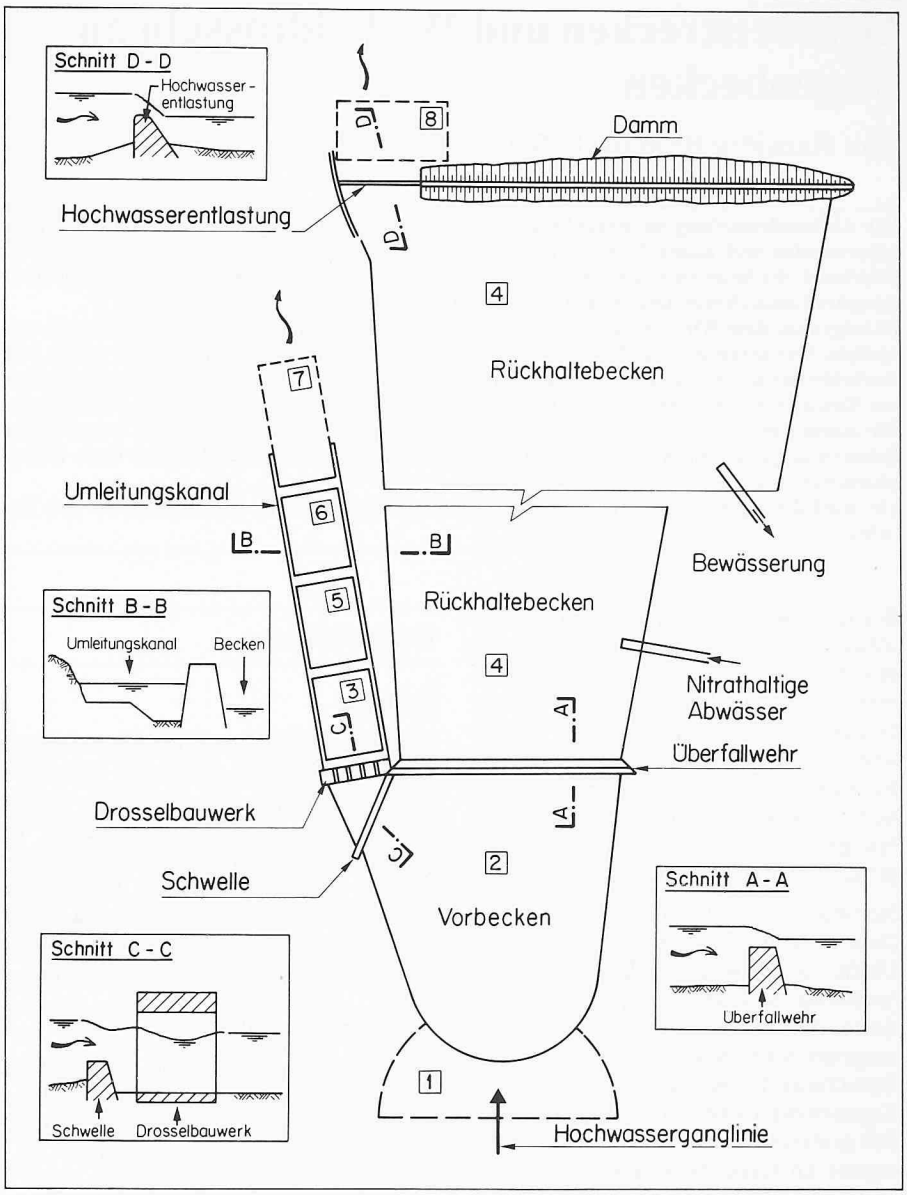
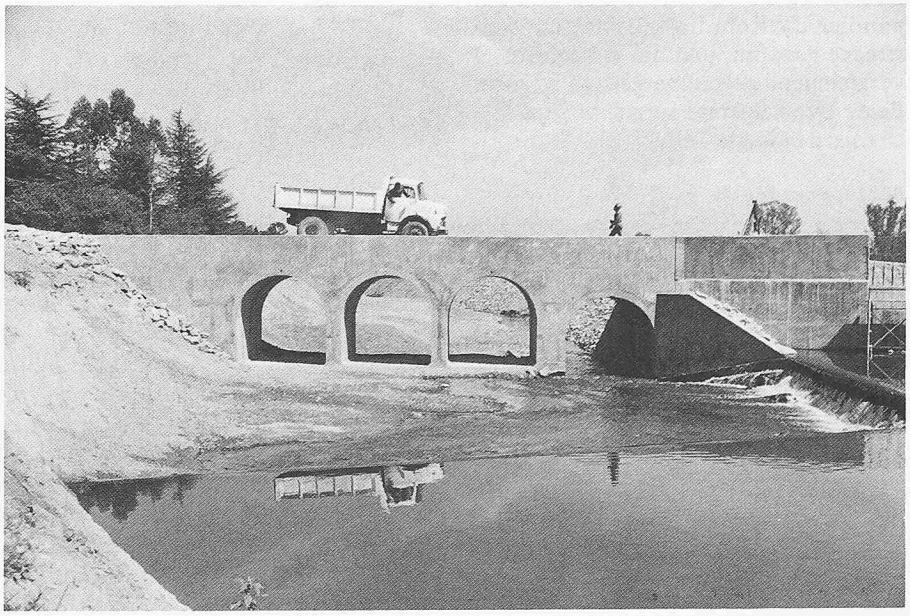


Bild 6. Mehrzweckspeicher am Modderspruit, Struktur des Zellenmodells

Bild 7. Drosselbauwerk im Umleitungskanal des Flusses Modderspruit



Literaturnachweis

[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.

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.