

Elektronische Berechnung von generellen Kanalisationsprojekten

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme**

Band (Jahr): **35 (1978)**

Heft 4

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-782509>

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.

Mit Hilfe des Programmes ELKAN

Elektronische Berechnung von generellen Kanalisationsprojekten

1. Ausgangssituation

Bei der Bearbeitung von generellen Kanalisationsprojekten (GKP) kommt der hydraulischen Berechnung der Kanalbauten eine entscheidende Bedeutung zu. Immer häufiger werden diese Berechnungen elektronisch ausgeführt, denn der Einsatz grosser Rechenanlagen erlaubt es, auch komplizierte Abflussberechnungen rationell und in kurzer Zeit durchzuführen.

Im folgenden soll die Berechnung von Kanalisationsprojekten mit Hilfe des Programmes ELKAN (*E*lektronisches *K*analberechnungsprogramm) erläutert werden. Dieses Programm wurde speziell für die Bearbeitung von Kanalisationsplanungen entwickelt und hat sich in der Praxis bewährt.

Am Anfang jeder Kanalisationsberechnung steht die Aufnahme eines genauen Inventars der bestehenden Kanalbauten. Ohne genaue Kenntnis des Bestehenden ist jede Berechnung wertlos, auch wenn sie elektronisch ausgeführt wird.

Für den projektierenden Ingenieur stellt sich die Aufgabe im allgemeinen so, dass er einen Teil der bestehenden Bauten aus Katasterplänen und Ausführungsprojekten entnehmen kann. Die fehlenden Daten müssen durch ergänzende Vermessungen eruiert werden.

Zusammen mit dem Zonenplan, in dem die planerischen Vorstellungen der Besiedlung aufgezeichnet sind, sind damit die wesentlichen Berechnungsgrundlagen gegeben.

Vortrag von Peter Kaufmann, Ing.-Techn. HTL, in Firma Balzari Blaser Schudel, Ingenieure und Planer, Bern, gehalten anlässlich der 3. Hospitantentagung des Verbandes Schweizerischer Abwasserfachleute am 2. Dezember 1977 in Zürich.

2. Ziel der hydraulischen Berechnung

Das Ziel der hydraulischen Berechnung besteht darin, das bestehende Kanalnetz mit neuen Bauwerken (Kanälen, Speicherbecken, Verzweigungen usw.) so zu ergänzen, dass das Abwasser des gesamten Planungsgebietes bei Trocken- und bei Regenwetter ohne Ablagerungen im Kanalnetz und ohne Aufstauungen über bestimmte Koten abgeleitet werden kann. Dabei sollen die zukünftigen Investitionen für den Auftraggeber möglichst minimal werden. Das bedeutet, dass für kritische Sanierungen die optimale Lösung oft nur über Variantenberechnungen gefunden werden kann.

Das Projekt muss so lange neu durchgerechnet werden, bis eine wirtschaftliche und betrieblich und bautechnisch befriedigende Lösung gefunden werden kann.

3. Anforderungen an das Berechnungsprogramm

An ein Berechnungsprogramm werden vom projektierenden Ingenieur wie auch vom Auftraggeber bestimmte Anforderungen gestellt.

Anforderungen des projektierenden Ingenieurs

Damit der Ingenieur ein Kanalisationsnetz wirtschaftlich sanieren und erweitern kann, benötigt er ein Berechnungsverfahren, das erlaubt, die Abflussvorgänge im Kanalnetz und den Sonderbauwerken wie Verzweigungen, Speicherkanälen oder Drosselstrecken zeitlich wie auch quantitativ genau zu erfassen und Variantenberechnungen rationell durchzuführen. Die daraus resultierenden Anforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Als Grundlage für die Abflussberechnung sollen die Gesetzmässigkeiten der instationären Hydraulik dienen, welche die Berechnung von Rückstauungen, Speichervorgängen und Abflüssen unter Druck in einzelnen Kanälen oder ganzen Netzteilen erlauben.
2. Die Struktur des Programmes soll einfach und erweiterungsfähig sein, das heisst, das Programm soll so aufgebaut sein, dass die Berechnung in einzelnen Schritten durchgeführt werden kann und dass einzelne Elemente eines Kanalnetzes leicht ausgetauscht werden können, um damit Variantenberechnungen einfach zu ermöglichen.
3. Das Programm soll benutzerfreundlich sein: die Eingabe muss einfach und die Ausgabe gut lesbar sein.
4. Das Programm soll sowohl für die Überprüfung und optimale Sanierung von bestehenden Kanalnetzen als auch für die Dimensionierung neuer Netze und Bauwerke eingesetzt werden können.

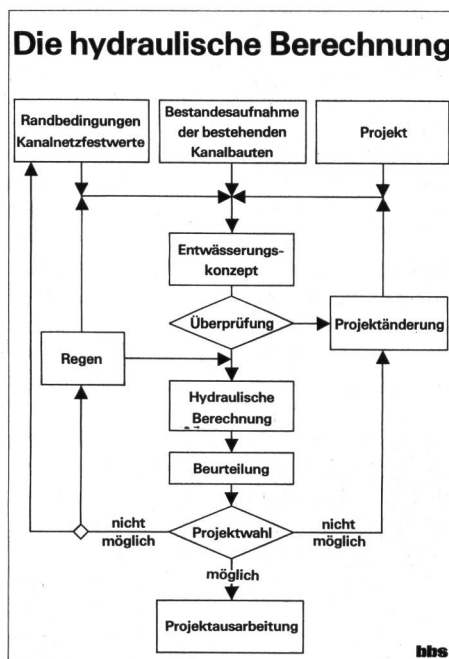


Abb. 1. Ablaufschema für die hydraulische Berechnung.

Anforderungen des Auftraggebers

Die Resultate der Computerberechnungen dürfen kein «Hexenwerk» des Projektverfassers sein, sondern müssen von allen mit der Ausführung der Planungsmassnahmen betroffenen Mitarbeitern des Auftraggebers leicht verstanden werden. Die Bedürfnisse des Auftraggebers können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Das Berechnungsprogramm soll die Abflussvorgänge wirklichkeitsgetreu in ihrem zeitlichen Ablauf berechnen können.
2. Der Resultatsausdruck soll übersichtlich und auch einer nicht mit Computerausdrücken vertrauten Person leicht verständlich sein.
3. Die Resultate sollen überprüfbar sein.
4. Die Kosten für die elektronische Berechnung sollen nicht höher liegen als die Aufwendungen für eine Listenrechnung.
5. Spätere ergänzende Berechnungen für kleinere Projektänderungen und Abklärungen von Zwischenlösungen sollen manuell möglich sein. Der Computerausdruck soll alle dafür erforderlichen Daten enthalten.

4. Wahl des Abflussmodells

Diese Anforderungen lassen für die Wahl des zu verwendenden Abflussmodells nicht mehr viele Möglichkeiten offen. Die *rationalen Methoden*, bei denen die Abflussvorgänge mit Hilfe von empirischen Funktionen oder Algorithmen bestimmt werden, haben wohl die Prädikate «einfach und von Hand nachrechenbar», doch können Rückstauungen, Abflüsse unter Druck und Berechnungen von gesamten Abflussereignissen nicht oder nur mit Hilfe umständlicher Tricks berechnet werden. Die Berechnung von Verschmutzungsganglinien wie auch von wasserspiegel- oder zeitabhängigen Steuerungen von Kanaleinbauten zur Lenkung des Abwasserstromes ist nicht möglich.

Wird aber die wirklichkeitsgetreue Simulation der Abflussvorgänge gewünscht und soll das Programm für alle heute voraussehbaren zukünftigen Anforderungen erweiterungsfähig sein, so verbleibt nur die *Differential-Methode*, bei der die Abflüsse aufgrund der St. Venant'schen Gleichungen berechnet werden. Dabei ergeben sich Abflusshydrographen, bei denen Speicherungen, Rückstauungen, Verzweigungen und anderes automatisch berücksichtigt werden. Wir haben diese Methode als Grundlage für das Programm ELKAN gewählt.

Zur Lösung der sich daraus ergebenden

relativ komplexen Aufgabenstellung bieten sich zwei Varianten an:

1. die explizite Simulation der Abflussvorgänge entlang einer Zeitachse,
2. die simultane Auflösung eines Systems von gekoppelten Differenzgleichungen.

Die Simulation dürfte für die Abflussberechnung von Kanalabflüssen geeigneter sein, denn es können langwierige Iterationen über das gesamte Kanalnetz vermieden werden.

5. Theorie der Hydrograph-Methode

Die von uns in einem städtischen Einzugsgebiet in der Länggasse in der Stadt Bern durchgeführten Abflussmessungen zeigen deutlich, dass die Abflüsse von Starkregen schwallartig auftreten und die Abflussmengen innerhalb weniger Minuten Werte annehmen können, die dem 10- bis 20fachen Abfluss bei Trockenwetter entsprechen.

Auch *Tholin* und *Keifer* definierten vor bald 20 Jahren aufgrund umfangreicher Messungen und Studien einen Modellregen als Grundlage für die Kanalnetzberechnung von Chicago, der ebenfalls sehr eindrücklich das enorm rasche An- und Abschwollen des Regens zeigt.

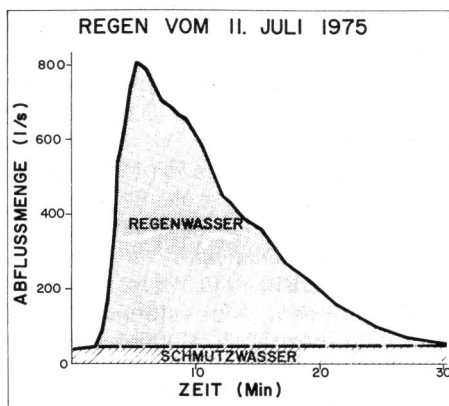


Abb. 2. Testgebiet Länggasse Bern, Abflusshydrograph am 11. Juli 1975.

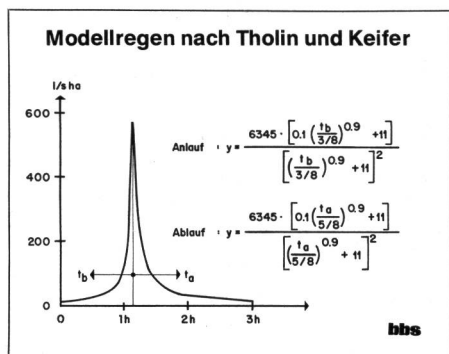


Abb. 3. Modellregen nach Tholin und Keifer.

Als Folge der schwallartig auftretenden Gewitterregen ergeben sich Abflussschwallwellen. Mit Hilfe der Hydrograph-Methode können diese Vorgänge ideal nachvollzogen werden.

Für jedes Teileinzugsgebiet wird ein Abflusshydrograph bestimmt und dann dessen Abfluss über das gesamte Kanalnetz verfolgt.

Die Berechnung erfolgt dabei für aufeinanderfolgende Teilintervalle Δt . Für jedes Teilintervall des Abflusses und für jede Kanalstrecke wird der Einfluss des augenblicklichen Rückstaus und die entsprechende Speicherung im Kanalnetz erfasst.

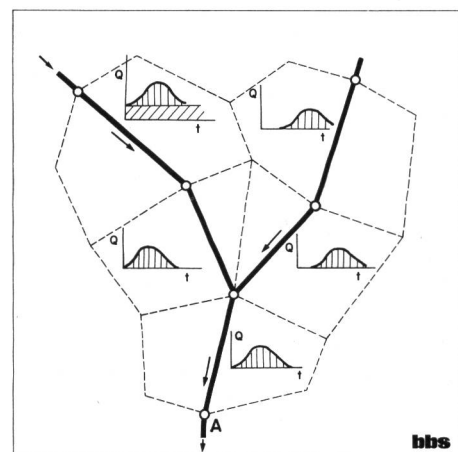


Abb. 4. Prinzip der Hydrograph-Methode: Für jedes Teileinzugsgebiet wird ein Abflusshydrograph bestimmt und dessen Abfluss durch das ganze Kanalnetz verfolgt.

Die einem Kanalabschnitt zufließenden Wassermengen müssen identisch sein mit der Summe der im Rohr gespeicherten und zur gleichen Zeit ausfließenden Wassermengen. Dies wird erreicht, indem das Wasservolumen in der Berechnung mitberücksichtigt wird. Die Wasserspiegel müssen dabei sowohl mit den Reibungsverlusten für die Abflussmengen als auch mit den Rückstauhöhen aus dem Unterwasser korrespondieren.

Das Resultat der Simulation sind Hydrographen für die Wassermengen, Abflussgeschwindigkeiten und Wassertiefen für alle gewünschten Punkte eines Kanalnetzes.

6. Die Elemente des Programmes ELKAN

Wenn der Anwendungsbereich eines Berechnungsprogrammes in der Praxis möglichst gross sein soll, also wenn damit sowohl bestehende Kanalnetze überprüft und saniert wie auch neue Netze und Bauwerke dimensioniert

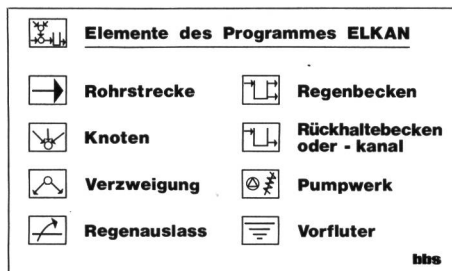


Abb. 5. Die Elemente des Programmes ELKAN.

werden sollen, dann sind seine Elemente so zu wählen, dass alle vorkommenden Aufgaben simuliert werden können.

Die wichtigsten Elemente, die bei der Neubearbeitung von generellen Kanalisationsprojekten unbedingt benötigt werden, sind die Verzweigung, das Rückhaltebecken oder der Rückhaltekanal und das Regenbecken.

7. Vorgehen bei der Programmentwicklung

Die Entwicklung eines Berechnungsprogrammes erfolgt stufenweise. Im ersten Schritt wird das Programm aufgrund der Modellbeschreibung mathematisch formuliert. Die In- und Outputdaten werden vorgängig festgelegt und bei diesem Schritt bereits berücksichtigt. Als nächstes folgt dann die Programmierung, wobei die Randbedingungen der Rechenanlage berücksichtigt werden müssen. Aufgrund von Testdaten erfolgt die Eichung und anschliessend die Überprüfung des Programmes. Dazu sind unbedingt Versuche im Grossmassstab nötig, denn nur damit kann gezeigt werden, dass das Programm in der Lage ist, effektive Regenabflüsse zu simulieren.



Abb. 6. Vorgehensschema bei der Entwicklung eines Kanalprogrammes.

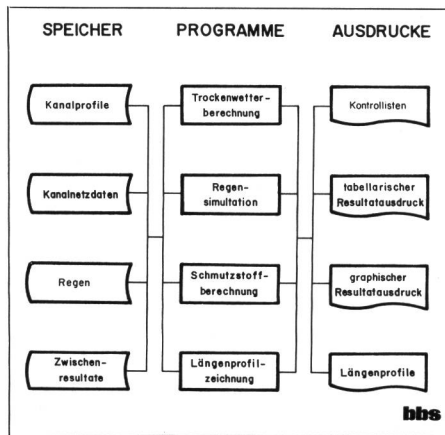


Abb. 7. Struktur des Programmes ELKAN.

Um den Anforderungen betreffend Wirtschaftlichkeit zu genügen, wurde das Programm ELKAN in Unterprogramme aufgeteilt. Alle Resultate der einzelnen Unterprogramme können in Form von Kontrolllisten oder als definitiver Resultat Ausdruck ausgedruckt werden.

8. Die Überprüfung des Programmes

Ein wesentlicher Schritt bei der Entwicklung eines Berechnungsprogrammes ist seine Überprüfung in der Praxis. Beim Programm ELKAN wurde sie in zwei Phasen durchgeführt. In einer ersten Phase wurde die Empfindlichkeit des Programmes gegenüber der Modellstruktur und der Datenqualität untersucht. In einer zweiten Phase folgte die Überprüfung im Grossversuch.

8.1 Sensitivitätsanalysen

Ziel der Sensitivitätsanalysen ist es, herauszufinden, wie empfindlich die Resultate bezüglich Genauigkeit der Eingabedaten sind. Für die Anwendung in der Praxis erhielten wir aus diesen

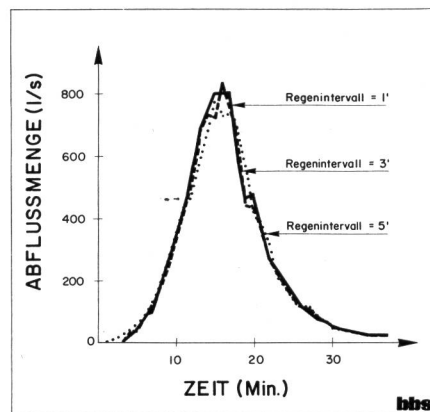


Abb. 8. Sensitivität der Regendaten auf den Abflusshydrographen des Testgebietes Länggasse.

Untersuchungen Auskünfte über die Genauigkeitsanforderungen für die Datenerhebungen.

So wurde der Einfluss der Regendaten auf die gesamte Abflussmenge, auf den Maximalabfluss und auf die Zeitspanne bis zum Erreichen des Maximalabflusses anhand der Daten des Testgebietes Länggasse untersucht. Die gemessenen Starkregen wurden in Einminuten-, Dreiminuten- und Fünfminuten-Intervallen ausgewertet.

Das Ergebnis zeigt deutlich, dass auch mit einem Fünfminuten-Regenschritt noch durchaus befriedigende Resultate erzielt werden können.

8.2 Testversuche im Grossmassstab

Ziel dieser Versuche war es, das Programm ELKAN anhand von gegebenen Einzugsgebieten und effektiven Regenereignissen zu überprüfen. Mit seiner Hilfe konnten wir die gemessenen Regenereignisse nachsimulieren und die Abflussvorgänge in den entsprechenden Kanalnetzen berechnen. Die gerechneten Abflusshydrographen konnten dann mit den effektiv gemessenen Abflusskurven verglichen werden.

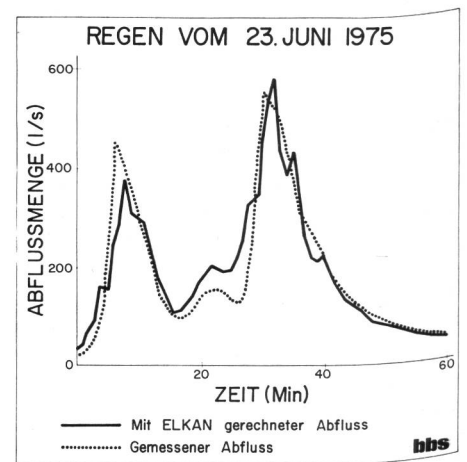
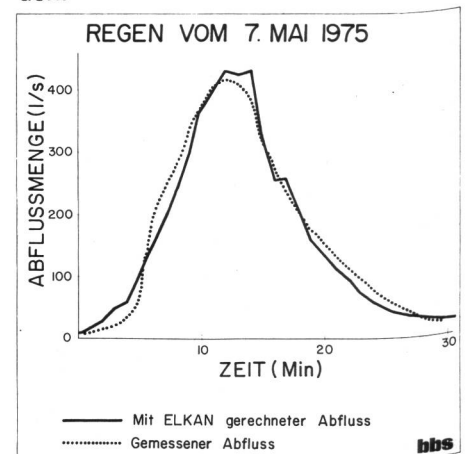


Abb. 9 und 10. Testgebiet Länggasse Bern, gemessene und gerechnete Abflusshydrographen.

Im folgenden sollen die Versuche, die wir in der Länggasse in Bern durchgeführt haben, erläutert werden. Das Testgebiet «Länggasse» ist ein typisch städtisches Wohn- und Gewerbegebiet mit gemischter Überbauung. Die Fläche des Einzugsgebietes beträgt rund 10 ha und weist ein regelmässiges Gefälle von rund 2 % auf.

Für die Regenauswertung konnten die Regenstreifen vom Meteorologischen Observatorium der Universität Bern übernommen werden. Die Registrierung der Abflussmengen erfolgte mit Hilfe eines kontinuierlich registrierenden Messgerätes.

Der Vergleich der gemessenen Abflusskurven mit den von ELKAN gerechneten Abflusshydrographen ergab sowohl in den Spitzenwerten als auch im Abflussverlauf eine gute Übereinstimmung.

Die im Programm verwendete Modellbeschreibung ist also geeignet, um den Abfluss von beliebigen Einzugsgebieten und beliebigen Regen zufriedenstellend zu simulieren, was wir auch bei weiteren Grossversuchen in anderen Gebieten feststellen konnten.

9. Die Benützung des Programmes

Wenn wir fordern, dass das Berechnungsprogramm «benutzerfreundlich» sein soll, dann ist damit gemeint, dass

1. das Programm sektorweise, entsprechend der jeweiligen Bearbeitungsstufe des generellen Kanalisationsprojektes, benutzt werden kann und dass
2. die Daten so organisiert sind, dass deren Eingabe oder deren Modifikation rationell möglich ist.

Die für die Berechnung erforderlichen Daten werden beim Programm ELKAN mittels Listen aufgenommen und können davon auf Datenkarten abgelocht werden. Jedes Element (Kanalstrecke, Becken, Regenauslass) benötigt eine Datenkarte.

Für die Kanalstrecken sind die gleichen Daten erforderlich wie bei einer Listen-

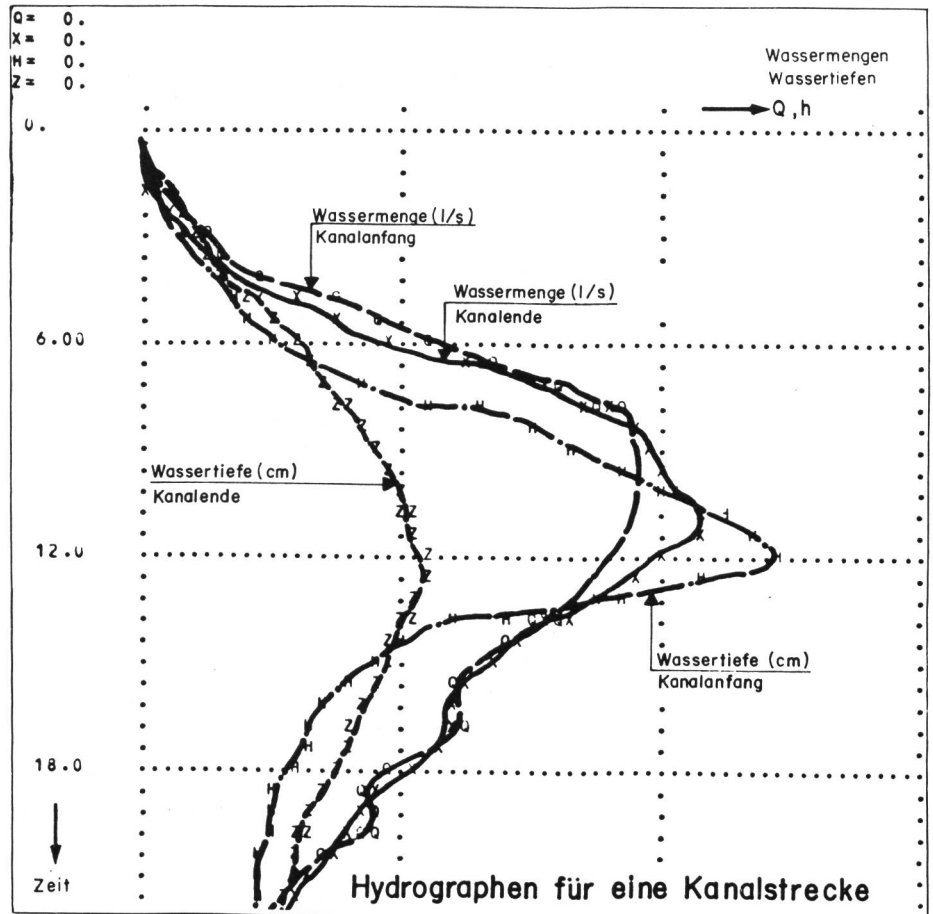


Abb. 12. Beispiel eines grafischen Resultatausdruckes

rechnung, nur dass anstelle des Sohlengefälles die Sohlenkoten eingegeben werden.

Der Ausdruck der Resultate kann tabellarisch und/oder grafisch erfolgen, wobei alle Zwischen- und Endergebnisse vollständig oder teilweise ausgedruckt werden können.

Die Art und der Umfang der Resultat- ausgabe wird dabei je nach den spezifischen Bedürfnissen und Wünschen der Auftraggeber festgelegt.

Der grafische Ausdruck erlaubt es dem planenden Ingenieur,

1. den Abflussverlauf über das gesamte Kanalnetz zu erfassen und

2. die Resultattabellen zu kontrollieren. Das Programm ELKAN erlaubt auch das Zeichnen der Kanal-Längenprofile mit Hilfe einer computergesteuerten Zeichenmaschine. In den Längenprofilen werden dabei automatisch die maximalen Wasserspiegel bei Trocken- bzw. Regenwetter eingezeichnet.

Verschmutzungsganglinien können als Resultat einer Schmutzstoffabfluss- berechnung ebenfalls ausgedruckt werden.

Abb. 11. Datenliste für Kanalstrecken.

Schacht Nr. oben	Schacht Nr. unten	Rohr Typ	Höhe	Länge	Sohle oben	Sohle unten	Deckel oben	Deckel unten	Teilfläche	Abfl. Koeff.	Einw. dichte	konst. Zuflüsse	Ani. Zeit	k Wert
			cm	m	mü.M.	mü.M.	mü.M.	mü.M.	ha	%	E/ha	l/s	min.	m ³ /s
936	935		30	7150	56038	55943	56308	56290	045	30	70			70
938	936		40	6600	56082	56038	56357	56308						70
940	938	2	40	040	56130	56082	56431	56357	102	30	70			
941	940		30	3500	56204	56130	56505	56431	094	30	70	30		
943	935	7	25	600	56192	56143	56312	56290						
944	929	7	25	8500	56192	56152	56312	56551	045	30	70			



Abb. 13. Wirtschaftliche Sanierung eines überlasteten und komplizierten Teileinzugsgebietes aufgrund von Variantenberechnungen.

10. Anwendungsbeispiele aus der Praxis: GKP Muri bei Bern

Als erstes Anwendungsbeispiel aus der Praxis möchte ich die Überarbeitung des generellen Kanalisationsprojektes der Gemeinde Muri bei Bern etwas näher erläutern. Das Kanalisationsnetz von 38 km Länge entwässert ein Einzugsgebiet von 380 ha. Für die hydraulische Berechnung mit dem Programm ELKAN waren 775 Elemente, davon 13 Regenauflüsse und 1 Regenbecken, erforderlich.

Es wurden folgende Berechnungsgänge durchgeführt:

1. Eine IST-Zustandsberechnung: Es wurde die heutige Aus- oder Überlastung des bestehenden Kanalnetzes berechnet. Dafür mussten der heutige Überbauungsgrad der an die Kanalisationsnetze angeschlossenen Gebiete bestimmt werden.
2. Die Nullrechnung: In die Berechnung wurde jetzt das gesamte Zonenplangebiet einbezogen. Das unüberbaute Gebiet wurde mit neuen Kanälen erschlossen, an den bestehenden Kanälen wurde jedoch nichts verändert.
3. Die Variantenberechnungen als wichtigste Bearbeitungsstufe erforderten dann umfangreiche vergleichende Berechnungen, denn wirt-

schaftliche Sanierungslösungen können in vielen Fällen nur so gefunden werden. Diese Aufwendungen sind aber im Rahmen von generellen Kanalisationsprojekten sicher gerechtfertigt.

Am Beispiel eines Teileinzugsgebietes, bei dem der Abflussverlauf gemäss Nullrechnung recht kompliziert war, können die Ergebnisse der Variantenberechnung anschaulich gezeigt werden.

Erst die dritte Variante brachte eine befriedigende wirtschaftliche Lösung. Dabei spielten auch ausführungstech-

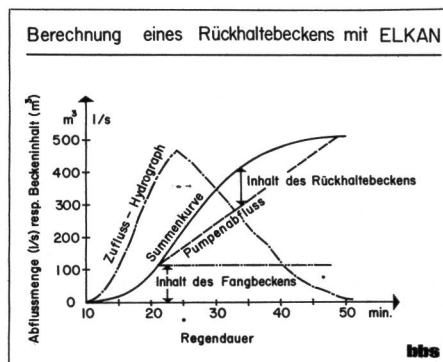


Abb. 14. Bestimmung des erforderlichen Inhaltes eines Rückhaltebeckens aus dem Zu- und Abflusshydrographen.

nische Überlegungen eine wichtige Rolle.

Dimensionierung eines Rückhaltebeckens

Dieses Beispiel stammt aus einem Wohngebiet einer städtischen Vorortsgemeinde, bei dem sämtliche Kanalisationsleitungen im unteren Teil sehr stark überlastet sind. Die Folge sind Rückstauungen in die Keller schon bei kleinen Gewitterregen.

Für die Sanierung waren generell zwei Varianten zu untersuchen: Entweder wird das Regenwasser über eine neue Leitung abgeleitet, oder die Regenspitze wird zurückgehalten und dann verzögert zum Abfluss gebracht.

Sowohl aus wirtschaftlichen wie auch aus politischen Überlegungen wurde der zweiten Variante der Vorrang gegeben, wobei dann noch zwischen Speicherkanal oder Speicherbecken zu entscheiden war.

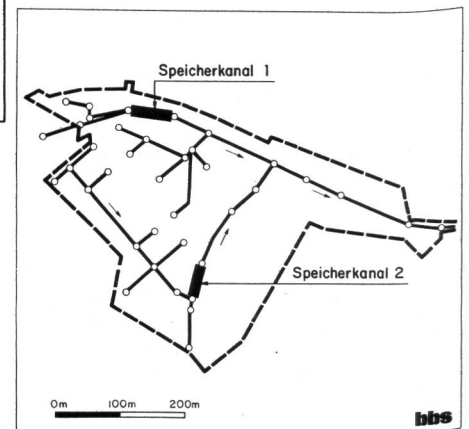


Abb. 15. Sanierung eines überlasteten Kanalnetzes mit Hilfe von Speicherkanälen.

Die Projektwahl fiel auf eine Sanierung mit Rückhaltebecken. Die Beckengrösse konnte dabei mit Hilfe des Programmes ELKAN aus den Zu- und Abflusshydrographen leicht bestimmt werden.

Sanierung mit Hilfe von Speicherkanälen

Das Zurückhalten von Abflussspitzen mittels Speicherkanälen scheint mir ein zweckmässiges Verfahren zur Sanierung überlasteter Kanalnetze. Voraussetzung ist allerdings ein Berechnungssystem, das gestattet, diese Speichervorgänge zu erfassen.

Dies möchte ich am Beispiel eines stark überlasteten städtischen Kanalnetzes zeigen.

Dabei handelt es sich um ein Netz mit einer Gesamtlänge von 2100 m, das

eine Fläche von 13 ha entwässert. Die Kanalisationsrohre sind für die heutigen Belastungen zu klein und erzeugen bei Gewitterregen grosse Rückstauungen und Überschwemmungen. Das Netz muss deshalb saniert werden.

Als Resultat der üblicherweise in der Praxis angewendeten Listenrechnung, bei der Speicherungen im Kanalnetz nicht berücksichtigt werden können, hätte sich ergeben, dass etwa die Hälfte der Kanäle ersetzt werden müsste.

Die Überprüfung mit Hilfe des Programmes ELKAN zeigte jedoch, dass keine umfangreichen Kanalvergrößerungen oder Parallelkanäle notwendig sind, sondern dass die Sanierung erreicht wird, wenn an zwei Stellen Speicherkanäle von rund 60 m Länge und 1,5 m Durchmesser erstellt werden. Damit kann das gesamte Kanalnetz saniert werden, denn die Abflussspitzen aus den einzelnen Teilgebieten gelangen gestaffelt zum Abfluss, und deren Überlagerung wird vermieden. Die sich daraus ergebenden Einsparungen betragen mehr als 50 %.

Schlussfolgerung
Die wirtschaftlich optimale Bearbeitung von generellen Kanalisationspro-

jekten wird hauptsächlich durch die Wahl der Berechnungsmethode für den Regenwasserabfluss bestimmt. Da die Investitionskosten für die Entwässerung hoch sind, muss daher ein Rechenverfahren gewählt werden, mit dem die Abflussvorgänge in den Rohren exakt erfasst werden können. Das ELKAN-Programm, das auf der Hydrograph-Methode basiert, kann dafür als sehr geeignet bezeichnet werden. Der etwas höhere Rechenaufwand wird sich dank der elektronischen Bearbeitung und vor allem dank den wesentlichen Einsparungen an Investitionskosten in den meisten Fällen lohnen.

Winterthurerstrasse 28
Postfach 2011
8033 Zürich
Tel. 01 28 37 37
Telex 59 694 SOS ZH

Bruno Ferrini
Dr. Ing. Chem.
Dipl. ETH



SOS LABOR
KLINISCHE TOXIKOLOGIE
UMWELT TOXIKOLOGIE

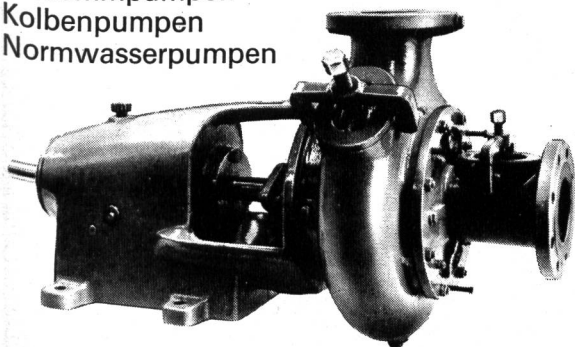
Spurenanalytik

Identifizierung und Konzentrationsbestimmungen in
Luft, Wasser, Staub, biologischen Materialien

○ ● Tag und Nacht Notfalldienst

AECHERLI

Abwasserpumpen
Schlammumpen
Kolbenpumpen
Normwasserpumpen



Chemiepumpen
Spaltröhrmotorpumpen
Wasserwerkpumpen
Prozesspumpen
Schlammrührwerke

Kompaktkläranlagen
von 10-2000 Einwohnergleichwerten
aus Stahl oder Ortsbeton

Unsere Lieferung: Klärschlammrührwerke

Unverbindliche Beratung und Projektierung

AECHERLI
Tel. 062/81 22 22

AECHERLI AG
Maschinenfabrik
6260 Reiden LU

**Sauberes Wasser
durch ISO-Anlagen**

Aufbereitung und Desinfektion von
Trink-, Bade- und Brauchwasser

Entgiftung und Neutralisation
von Abwasser

Reinigung und Desinfektion
von Spitalabwasser



WASSERAUFBEREITUNG AG

4051 Basel Eulerstrasse 14 Tel. 061 22 05 10