

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 90 (1972)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Internationales Symposium über Mathematische Modelle in der Hydrologie, Warschau 1971  
**Autor:** Widmoser, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85134>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

# Internationales Symposium über Mathematische Modelle in der Hydrologie, Warschau 1971

DK 551.49.001.5

Von Dr. P. Widmoser, ETH Zürich

In der Zeit vom 26. bis 31. Juli 1971 wurde in Warschau das Internationale Symposium über Mathematische Modelle in der Hydrologie abgehalten. Veranstalter waren die International Association for Scientific Hydrology (IASH), die UNESCO, WMO und das Polish National Committee for the IHD. Das Symposium wurde von etwa 250 Teilnehmern aus etwa 35 Ländern besucht. Die endgültige Veröffentlichung der eingereichten Arbeiten und der Generalberichte wird durch die IASH etwa Ende 1972 erfolgen.

Die Analyse stochastischer Prozesse, deterministische Modelle sowie wirtschaftliche Überlegungen (Optimierungsaufgaben) zur Wasserwirtschaft standen auf den Tagespunkten. Bereits in den Internationalen Symposien von Leningrad (August 1967), Fort-Collins (September 1967) und Tucson (1968) standen mathematische Modelle im Vordergrund. In Warschau waren sie Hauptthema der Tagung. Mathematische Gedankenmodelle bezwecken, auf das äusserst komplexe Wasserkreislauf-Geschehen Ordnungsprinzipien anzuwenden, welche sich nach fundierten Methoden der Mathematik formulieren lassen. Die Zielsetzungen werden klarer, die Arbeitsgebiete der Hydrologie genauer definiert, der Blick für das Wesentliche geschärft. Daneben übernehmen solche Modelle die Aufgabe der Abflussvorhersagen, der Hochwasserwarnung, der Vorhersagen über Auswirkungen wasserwirtschaftlicher Eingriffe, der Optimierung wasserwirtschaftlicher Nutzung usw.

Ebenso wurde an der Tagung deutlich, dass dieses relativ neue Wissens- und Forschungsgebiet noch Anfangsschwierigkeiten zu überwinden hat. Dies kommt bereits in dem sprachlichen Ringen um neue Fachbegriffe zum Ausdruck. Die Terminologie ist auch in den Hauptsprachen Englisch und Französisch immer noch nicht eindeutig. Viele der zur Diskussion stehenden Modelle sind nicht praxisreif.

Hinsichtlich der Arbeitsmethodik fällt auf, dass die meisten der eingereichten Berichte von zwei oder auch mehreren Autoren gezeichnet sind. Ein Hinweis, dass Fortschritte auf diesem Gebiet nicht nur mit Geistesblitzen, sondern auch mit aufwendiger Kleinarbeit verbunden sind. Von den 118 Arbeiten wurden vom Berichtersteller nur jene näher studiert, die sein Arbeitsgebiet berühren. Die folgende Zusammenfassung beruht auf subjektiver Auswahl.

Nicht sehr zahlreich sind die Berichte, die vorhandenes Datenmaterial für ein konkretes Projekt ordnen und analysieren. Es gibt zu denken, dass noch bei weitem nicht alle Industriestaaten eine Analyse zum Beispiel von Regenhäufigkeiten (Tagesregen, Stundenregen) vorlegen können, die doch eine wesentliche Bemessungsgrundlage für Ingenieur- und Planungsarbeiten darstellen. Ungarn lieferte das Ergebnis von Auswertungen für Regenperioden von 10 Minuten bis zu 24 Stunden (bzw. auch ein Tagesregen).

Als weitere projektbezogene Beispiele sind das lineare Korrelationsmodell für die Hochwasserwarnung im Morava-Einzugsgebiet (52 000 km<sup>2</sup>) und eine Arbeit über die optimale Verteilung von hydrometrischen Stationen (grid point method) innerhalb der Landflächen Kanadas zu erwähnen. Gesicherte und wirtschaftliche Datenbeschaffung ist Grundlage für alle Modelle.

Entsprechend dem Entwicklungsstand des Wissensgebietes war die weitaus überwiegende Anzahl von Beiträgen und Diskussionsvoten jedoch den theoretischen Fragen gewidmet. Die eingesandten Arbeiten befassen sich vorwiegend mit den quantitativen Aspekten von Niederschlag und Oberflächenabfluss. Nur wenige Arbeiten setzen den Schwerpunkt auf

Grundwasserströmung, Schneeschmelze, Verdunstung, Drainage usw. Vereinzelt fallen aus dem allgemeinen Rahmen, wie zum Beispiel eine stochastische Analyse von Geschwindigkeitsschwankungen in einem natürlichen Gerinne, die Verwendung der Hauptkomponentenmethode zum Nachweis repräsentativer Widerstandsmessungen des Salzgehaltes von Flusswasser oder ein Modell für Sedimenttransport.

## Durchsicht einiger Themenkreise:

### 1. Strukturanalyse von Zeitreihen

Diese Gruppe befasst sich mit der Analyse und der zumeist anschließenden Synthese (Simulation) von stochastischen Prozessen, das heisst vorwiegend mit Reihen von Monats- oder Tagesabflüssen. Ziel dieser Arbeiten ist meist die Abflussvorhersage. Ein Referent, der anscheinend schlechte Erfahrungen bei der Interpretation solcher Studien gemacht hat, betont nochmals, dass mit Hilfe der Simulation nicht Zeitreihen, die identisch zu den beobachteten sind, gesucht werden, sondern solche, die *gleich wahrscheinlich* wie diese sind.

Die Methode der Simulation (data generation) besteht bekanntlich in der Zerlegung der Zeitreihe in einen deterministischen Anteil (periodisch, persistent, trendartig; abhängig im statistischen Sinn) und einen statistischen Anteil (statistisch unabhängig). Für den statistisch abhängigen Anteil werden die bekannten Modelle der gleitenden Mittelbildung, autoregressive und gemischte Modelle besprochen und miteinander verglichen. Probleme grundlegender Art, die dabei aufgegriffen, aber durch das Symposium nicht beantwortet werden, sind zum Beispiel: die Existenz langjähriger Periodizitäten, die Ordnung der autoregressiven Modelle, der Koeffizient des Hurst-Gesetzes, die Negativwerte eingepasster periodischer Funktionen.

Beim statistisch unabhängigen Anteil wird die Frage aufgeworfen, inwieweit auch tatsächlich Unabhängigkeit besteht. Bei Regenabflüssen mit Schneeschmelz-Anteil ist dies wahrscheinlich nicht der Fall.

Beachtenswert ist die Beobachtung, dass sich bei Benützung von Tagesabflussparametern zur Simulation von Monatsabflüssen eine geringere Autokorrelation ergibt als direkt bei Benützung von Monatsparametern.

Eine Arbeitsgruppe von vier Autoren berichtet über die Simulation von Tagesregen unter Verwendung der Markov-Ketten in zwei Schritten. Der erste Schritt besteht im Simulieren der Trocken- und Regenperioden, während der zweite 7 Regenhöhenstufen innerhalb der Regenperioden simuliert.

### 1a. Statistische Methoden

Unter statistischen Methoden werden nach Uebereinkunft all jene zusammengefasst, die Zufallsgrössen unabhängig von ihrem zeitlichen (örtlichen) Verlauf analysieren. Diese sprachliche Regelung scheint noch nicht allgemein eingehalten zu werden. Der Generalberichter beklagt sich darüber; die Unterteilung des Themenkreises 1 ist wohl darauf zurückzuführen.

Bei Betrachtung der vorgelegten Arbeiten fällt auf, dass man sich allmählich auch an mehrdimensionale Verteilungen (Niederwassermenge – Dauer) wagt. Der grosse Problembereich der Mehrfachregression von untereinander abhängigen Variablen (multivariate analysis) wird für Hochwasservorhersagen innerhalb eines Flussgebietes (Jiu, Rumänien) nur indirekt, unter Umgehung einer multivarianten Analyse, angesteuert.

Weitere Arbeiten gehen auf theoretische Verteilungen und deren Anwendbarkeit in der Hydrologie ein. Der Berichtverfas-

ser erwartet aber aus dieser Richtung keine grossen Fortschritte für die Hydrologie. An einer Stelle wird auf die übliche Vernachlässigung des Fehlers zweiter Art (Annahme einer falschen Hypothese) hingewiesen.

## 2. Einpassen von abstrakten (conceptual) Abflussmodellen

Das Einpassen (fitting) von abstrakten Modellen auf ein vorgegebenes Einzugsgebiet ist eine heikle Sache. Dabei stellen sich u. a. folgende Fragen: Liegt die Übereinstimmung des Modelles mit der Natur nur an der Zwangsjacke der gewählten Modellparameter, oder hat man tatsächlich ein in grösserem Rahmen gültiges Modell gefunden? Was fällt unter Abstraktion, das heisst zulässige Vereinfachung, was unter Fehler? Welche Einflussgrössen eines Einzugsgebietes wirken auf die Modellparameter ein? Sind mehrparametrische Modelle den einfachen Input-Output-Modellen vorzuziehen? Eine im Rahmen des Symposiums gegebene Empfehlung, nämlich die Einpasskriterien nach der spezifischen Aufgabestellung zu wählen, lässt noch weite Spielräume offen. Die angewandten Methoden liegen im Bereich der Optimierung (zum Beispiel mit der Methode des steilsten Gradienten).

Angesichts der Bedeutung dieses Fragenkreises (system specification) ist die Zahl der Arbeiten dazu mit drei sehr gering. Die übrigen befassen sich unter diesem Themenkreis nur allgemein mit dem Modellbau (system identification). Dies lässt sich diesmal nicht mit terminologischen, eher mit fachlichen Schwierigkeiten erklären. Indirekt nimmt zum Thema noch eine Studie Stellung, welche auf die Linearität zwischen der Regen-Abfluss-Beziehung eingeht. Lineares Verhalten ist ja wesentliche Voraussetzung vieler mathematischer Modelle, dessen Existenz aber unter natürlichen Verhältnissen bestritten wird. In eleganter Weise wird nachgewiesen, dass unter bestimmten Voraussetzungen hinsichtlich Regendauer und Regenhöhe sich jedes Einzugsgebiet auch linear verhalten kann.

## 3. Modelle mit verteilten Parametern und Eingangsgrossen

Diese Modelle stützen sich auf regionale Kenntnisse des zu untersuchenden Einzugsgebietes und stehen im Gegensatz zu den zusammenfassenden «black box»-Modellen, welche nicht unter einem eigenen Themenkreis behandelt wurden. Das Herstellen von Modellen, die Information über die einzelnen Äste des Wasserkreislaufes liefern können, setzt umfangreiche,

kostspielige und auch mühsame Einzelmessungen voraus (Abfluss, Niederschlag, Verdunstung, Grundwasserstände usw).

Bei diesen Modellen taucht auch die Frage nach der Abgrenzung hydrologisch homogener Teilflächen auf. Ein typisches Beispiel für verteilte Eingangsgrossen, wo nur diese Art von Modellen zum Ziel führt und im alpinen Raum von Bedeutung ist, ist die Abflussberechnung aus Schneeschmelzvorgängen. Zwei Beiträge befassen sich mit diesem Thema.

Eine Gefahr kann bei dieser Modellgruppe darin bestehen, dass eine subjektive Auswahl von Einflussgrössen getroffen wird. Der Generalberichtersteller betont die Notwendigkeit der Auswahl physikalisch gehaltvoller Eingangsgrossen. Ziel ist, funktionelle Beziehungen zwischen «entscheidenden Eingangsgrossen» und der Ausgangsgrosse (meist der Abfluss) in Form eines physikalischen Gesetzes zu erhalten.

Mit welcher Bescheidenheit wir mit diesem Wunsch heute noch zurückhalten müssen, zeigt der in diesem Rahmen beschriebene Einsatz des Illinois-University-Modells. Dieses hydraulische, nicht mathematische Modell erlaubt es, eine überdachte Versuchsfläche mit einem regelbaren Wasserverteilsystem zu berechnen. Die Regenverteilung ist computergesteuert, der Abfluss wird sofort graphisch registriert. Trotz des hohen Aufwandes für den Versuchsstand wurden die hydromechanischen Ansätze nur für ein äusserst einfaches Abflussmodell überprüft: ein einfaches, v-förmiges Einzugsgebiet mit glatter Oberfläche. Die Resultate stimmen mit der mathematischen Lösung (Charakteristiken-Methode) im ansteigenden Ast der Abflussganglinie überein. Im absteigenden Ast zeigen sich Phasenverschiebungen. Der Oberflächenrauigkeit wird ein grosser Einfluss beigemessen.

Das Symposium zeigte allein schon durch Teilnehmerzahl und Ländervertretung die Bedeutung der um neue mathematische Verfahren und Hilfsmittel erweiterten Hydrologie. Der Vielfalt der Fragestellungen, mathematischer Möglichkeiten, aber auch Un-Möglichkeiten steht die zeitliche Einmaligkeit jedes hydrologischen Ereignisses gegenüber. Damit ist das Spannungsfeld umrissen, welches die relativ junge Forschungsrichtung der mathematischen Modelle in der Hydrologie abzutasten beginnt.

Adresse des Verfassers: Dr. P. Widmoser, Oberassistent, Institut für Kulturtechnik an der Eidg. Techn. Hochschule Zürich, Leonhardstr. 33, 8006 Zürich.

## Umschau

**Eidg. Technische Hochschule Zürich.** Der Schweizerische Schulrat hat beschlossen, ein Institut für Toxikologie zu errichten und es bis auf weiteres der ETH Zürich einzuordnen. Dem Institut wird eine wissenschaftliche Kommission aus Fachleuten der Wissenschaft, der Verwaltung und der Privatwirtschaft beigegeben werden. Den Anstoss zur Gründung des Institutes gab eine Motion von Nationalrat Dr. J. Binder vom Dezember 1969, die am 29. September 1970 vom Bundesrat in zustimmendem Sinne entgegengenommen wurde. Das Institut wird sich mit den Giften befassen, die in folgenden Gebieten vorkommen: Industrie und Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft, Haushalt und Garten, Lebensmittel (Zusätze, Rückstände, Kontaminationen) und der Umwelt allgemein (Boden, Luft, Wasser). Hauptaufgabe des Institutes wird die Forschung über die Gesundheitsgefährdung durch chemische Substanzen in der engeren und weiteren Umwelt sein, soweit sie nicht schon durch bestehende Hochschulinstitute und private Forschungsstellen betrieben wird. Neben der freien wissenschaftlichen Forschung wird das Institut auch Forschungsaufträge ausführen, vor allem

solche, die im öffentlichen Interesse stehen. Eine weitere Aufgabe wird der Aufbau eines Dokumentationsdienstes sein. Daneben wird das Institut die Aufgabe haben, ein Ausbildungsprogramm für Toxikologen auszuarbeiten, wozu auch Fortbildungskurse gehören. Neben der Beteiligung am Unterricht in den Abteilungen für Naturwissenschaften, Chemie, Pharmazie, Landwirtschaft und Forstwirtschaft der ETH Zürich ist auch eine Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fakultäten der Universitäten vorgesehen, ebenso Austauschprogramme mit toxikologischen Instituten des Auslandes. DK 378.962

**Hubbrücke in Essen.** Zur Erschliessung eines grossen Industriegeländes musste eine Bahnlinie überbrückt werden, auf der Güterzüge auch sperrige Grossmaschinenteile von den Fabriken zur Verladung in den Essener Rhein-Herne-Kanal-Hafen bringen können. Unmittelbar hinter der Brückenrampe fällt das Strassentrassee zu einer Bahnunterführung stark ab. Der Bau einer herkömmlichen Brücke mit der erforderlichen Durchfahrthöhe von 10 m war tech-