

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 11-12

Artikel: "Alarmmodell Rhein"
Autor: Spreafico, Manfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940605>

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: 10.02.2026

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

weisen. Hochwasserschutzmassnahmen stellen vor allem in bebauten Gebieten grosse und teure Eingriffe dar. Das stetig wachsende Umwelt- und Kostenbewusstsein bewirkt, dass Projekte gegenüber einer starken Opposition genauer begründet werden müssen. Dafür reichen die vorhandenen Methoden oft nicht aus.

Konsequenzen für die Zukunft?

Auch bei grossen Vorhaben wird heute noch die Hydrologie, die Grösse und Sicherheit des Projektes wesentlich bestimmt, nur mit einigen Standardverfahren abgehandelt. Um die Gefahr von Fehldimensionierungen einzuschränken, sind detailliertere hydrologische Studien notwendig, die das Speichervermögen des Einzugsgebietes und die Wirkung der Retention abschätzen und Informationen über historische, nicht gemessene Hochwasser einbeziehen.

Aber auch nach einer ausführlichen Studie bleiben Unsicherheiten bestehen, die bei der Projektierung berücksichtigt werden müssen. Heute wird zuerst ein Dimensionierungshochwasser festgelegt und auf der Basis dieses Wertes ein Projekt ausgearbeitet. Oft sind dann die Kosten für den Hochwasserschutz grösser als der mögliche Schaden. Sinnvoller ist ein abgestufter Hochwasserschutz, der die Grösse des möglichen Schadens einbezieht und dafür beim Überschreiten der Projektwassermengen die schwerwiegendsten Konsequenzen einzudämmen sucht. Dabei ist es auch möglich, Unsicherheiten

in der Grösse der Hochwassermengen zu berücksichtigen.

Die Forschung in der Hydrologie stand bisher zumeist unter dem Motto «mit vorhandenen Daten und Kenntnissen ein Verfahren für die Praxis entwickeln». Heute besitzen wir eine grosse Anzahl konkurrierender Verfahren und Modelle, verstehen aber nicht, wie die Abflussbildung bei extremen Niederschlägen vor sich geht. Hier kann nur Forschung weiterhelfen, die sich um das grundsätzliche Verständnis der Prozesse bemüht.

Literatur

Haider, S. (1992): Berücksichtigung grossflächiger Vorlandüberflutungen bei der Festlegung von Bemessungsabflussmengen. Tagungspublikation Interprävent 1992, Band 1, Seite 193–203, Bern.

Klemes, V. (1986): Dilettantism in Hydrology: Transition or Destiny? Water Resources Research, Vol. 22, No. 9, Pages 177S–188S, August.

Naef, F.; Zuidema, P.; Kölla, E. (1986): Abschätzung von Hochwassern in kleinen Einzugsgebieten. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie Nr. 33, Seite 195–233, Kümmerly und Frey, Bern.

Zuidema, P. (1985): Hydraulik der Abflussbildung während Starkniederschlägen. Mitteilung Nr. 79 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, Zürich.

Adresse des Verfassers: Dr. Felix Naef, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, VAW, der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, CH-8092 Zürich.

«Alarmmodell Rhein»

Ein Hilfsmittel für die Vorhersage des Stofftransportes im Rhein und in ausgesuchten Nebenflüssen

Manfred Spreafico

Zusammenfassung

Die Entwicklung eines operationellen Modelles für die Vorhersage des Transportes von Schadstoffen, welche durch Störfälle in den Rhein gelangen, sowie einige hiezu notwendige Untersuchungen werden dargestellt.

Résumé

«Modèle d'alarme du Rhin»

Une aide à la prévision du déplacement de substances par le Rhin et certains de ses affluents. On présente un modèle opérationnel, simulant le transport de polluants accidentellement déversés dans le Rhin. Les temps d'écoulement font l'objet d'une étude particulière et l'on décrit des expériences de coloration.

Summary

«Alarm model for the Rhine river»

An aid for the forecast of pollutant transport within the river Rhine and some of the tributaries. The development of an operational model for the transport forecast of pollutants discharged in the river Rhine by accidents, as well as flow times investigations and tracer experiments are described.

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurde das Wasser des Rheins öfters durch Unfälle verschmutzt, was zu grösseren Schäden am Ökosystem und zu Beeinträchtigungen

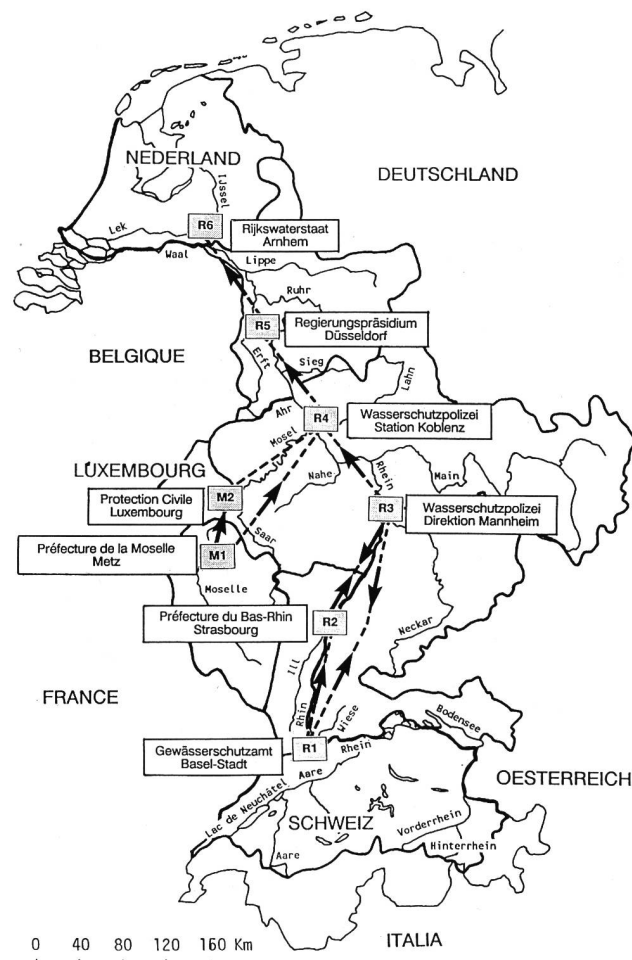


Bild 1. Internationales Alarmsystem im Rhein bei Störfällen.

der Wassernutzung geführt hat. Um solche Störfälle möglichst zu verhindern oder mindestens deren Schaden ausmass möglichst gering zu halten, wird versucht, durch geeignete Vorsorgemassnahmen bei den potentiellen Verursachern das Unfallrisiko zu reduzieren. So wurde beispielsweise in der Schweiz eine präventiv wirkende Störfallverordnung in Kraft gesetzt. Da trotzdem Unfälle nicht ausgeschlossen werden können, betreibt die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung ein Alarmsystem im Falle von Gewässerverschmutzungen. Dieses System hat zum Ziel, die verantwortlichen Stellen der Rhein-anliegerstaaten bei Störfällen im Rhein frühzeitig zu informieren und nötigenfalls zu warnen. Hierzu werden im Rhein sechs und in der Mosel zwei Hauptwarnzentralen betrieben. Die Alarmierung erfolgt dabei nach einem genau definierten Ablauf und mit inhaltlich vorgeschriebenen Meldungen (Bild 1).

Bei einem Störfall im Rhein stellen sich den verantwortlichen Behörden und den wasserwirtschaftlichen Nutzern – beispielsweise den Wasserversorgungen entlang des Rheins – neben Problemen der Toxizität vor allem die folgenden Fragen:

- Wann erreicht die Front der Schadstoffwelle einen bestimmten Flussquerschnitt?
- Wie hoch wird voraussichtlich der Spitzenwert der Schadstoffkonzentration sein?
- Wann tritt die Spitzenbelastung auf?
- Wie lange wird ein bestimmter Konzentrationswert überschritten?

Für die Beschaffung und Weitergabe solcher Angaben benötigen die Hauptwarnzentralen Real-Time-Informationen über qualitative und quantitative Parameter von Messstationen sowie Stofftransportmodelle, mit deren Hilfe sie den Transport von Schadstoffen im Rhein berechnen und vorhersagen können. Deshalb haben im Jahre 1988 die Minister der Rhein-anliegerstaaten die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen und die Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes mit der Entwicklung von Methoden und Modellen für die Vorhersage des Schadstofftransportes im Rhein beauftragt. Unter der Leitung einer Expertengruppe wurden hiezu neue Modelle entwickelt resp. bestehende auf den Rhein und dessen Nebenflüsse Aare und Mosel adaptiert und dieselben den Hauptwarnzentralen zur Verfügung gestellt, welche sie heute operationell einsetzen.

2. Das Alarmmodell für die Vorhersage der Schadstoffausbreitung im Rhein

Als Randbedingungen bei der Entwicklung des sogenannten Alarmmodells für die Vorhersage der Stoffausbreitung wurden vorgegeben:

- Das Modell muss operationell bei Störfällen eingesetzt werden können, d.h. die Resultate müssen rasch verfügbar sein.
- Das Modell muss auf Eingabedaten basieren, die real-time beschafft werden können. Dabei handelt es sich

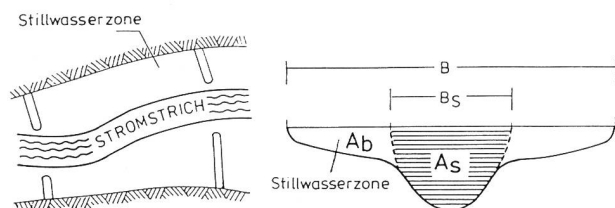


Bild 2. Zum Stillwasserzonenparameter β .

entweder um Informationen den Störfall betreffend oder dann um Wasserstanddaten, die mittels Fernübertragung von den Hauptwarnzentralen aus den Messstationen abgerufen werden können.

- Das Modell soll möglichst einfach konzipiert und auf PCs implementierbar sein, damit es von allen Alarmzentralen problemlos eingesetzt werden kann.

Ausgehend von diesen Randbedingungen und der Erkenntnis, dass während Störfällen die quantitativen Informationen über das Schadenereignis sehr unsicher sind, wurden in einer ersten Entwicklungsphase die natürlichen Vorgänge stark vereinfacht modelliert. So wurde angenommen, dass nur longitudinale Dispersion auftritt, eine komplette Durchmischung des Schadstoffes unmittelbar nach der Eingabe und unterhalb von Seitenzuflüssen auftritt, stationäre Fliessbedingungen herrschen und, wenn schon, nur ein linearer Abbau des Schadstoffes stattfindet. Die erste Variante des Alarmmodells basierte deshalb auf einer eindimensionalen Advektions-Diffusions-Gleichung (Taylor-Gleichung), welche den Stofftransport in Flüssen aufgrund der Strömung und der longitudinalen Dispersion beschreibt. Die Fliesszeiten des Wassers werden dabei in diesem Modell nicht implizite berechnet, sondern sind in Funktion des Wasserstandes resp. des Abflusses fest eingegeben. Die Regulierungspläne einzelner wichtiger Flusskraftwerke im Oberrhein sind ebenfalls im Modell eingebaut [Fischer 1979, Griffioen 1989].

Die Überprüfung dieser ersten Modellvariante zeigte, dass erwartungsgemäss die Fliesszeiten der Schadstoffwolke gut vorhergesagt werden können, die Spitzenkonzentrationen des Schadstoffes hingegen nur in Einzelfällen befriedigend zu berechnen sind und der zeitliche Verlauf der Schadstoffkonzentrationen nicht mit dem beobachteten Verlauf übereinstimmt. In der Natur beobachtet man oft schiefe Verteilungen der Schadstoffkonzentrationen, was mit dem eindimensionalen Modell nicht zu reproduzieren ist. Aus diesem Grund wurde die erste Variante des Alarmmodells zu einem «quasi zweidimensionalen Modell» ausgebaut, indem man den Einfluss der stagnanten Zonen zusätzlich in das ursprüngliche Modell einbaute [KHR 1991]. Eine analytische Lösung der Advektions-Diffusions-Gleichung mit Einbezug der stagnanten Zonen-Modellierung existiert nicht, weshalb man auf eine von Chatwin (1980) vorgeschlagene Approximation zurückgriff. Diese Approximation führt zur folgenden Gleichung:

$$C(x,t) = \frac{M/Q}{\sqrt{4\pi D_s t/c^2}} \exp\left[-\frac{(x-u_s t)^2}{4 D_s t}\right] \left[1 - \delta H_3\left(\frac{(x-u_s t)}{\sqrt{2 D_s t}}\right)\right]$$

| | | |
|-------|--|----------------------|
| C | Stoffkonzentration | (kg/m ³) |
| x | Koordinaten in Längsrichtung des Flusses | (m) |
| t | Zeit | (s) |
| M | Schadstoffmenge | (kg) |
| Q | Abflussmenge | (m ³ /s) |
| D_s | Zusammengesetzte Stillwasserzonen Dispersionskoeffizient | (m ² /s) |
| c | Stofftransportgeschwindigkeit | (m/s) |
| u_s | Mittlere Fliessgeschwindigkeit im stromführenden Teil des Flussquerschnittes | (m/s) |

$$u_s = c(1 + \beta)$$

| | | |
|----------|-------------------------|-----|
| H_3 | 3. hermitesches Polynom | (-) |
| γ | Schiefeparameter | (-) |

Der zusammengesetzte Stillwasserzonen-Dispersionskoeffizient wird dabei wie folgt erhalten:

$$D_s = (1+\beta)^2 D_0 = (1+\beta)^2 \alpha \frac{u_s^2 B_s^2}{a u_*} \quad (2)$$

- β Quotient aus Stillwasserzonenfläche A_b und Stromstrichfläche A_s (-)
 D_0 Longitudinaler Dispersionskoeffizient (m^2/s)
 α Parameter (-)
 B_s Breite des Stromstriches (m)
 a Mittlere Wassertiefe (m)
 u^* Schubspannungsgeschwindigkeit (m/s)

$$u^* = (u_s \cdot \sqrt{g}) / Ch$$

wobei der Chezy-Koeffizient im Modell wie folgt berechnet wird:

$$Ch = 25 (a/k_n)$$

mit k_n = Konstante von Nikuradse = 0,2 gilt

$$Ch = 25 (a/0,2)$$

g = Gravitationskonstante ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Die Eingabe der für die Berechnung notwendigen Eingabedaten erfolgt anhand von Bildschirmmasken. Mit Hilfe einer ersten Maske können allgemeine Daten zum Störfall und des Vorhersagequerschnittes eingegeben werden (siehe Bild 3). Man hat die Wahl, einen Wert für den Dispersionskoeffizienten einzugeben oder den Koeffizienten durch das Programm rechnen zu lassen. Neben gelösten Stoffen hat man auch die Möglichkeit, die Fließzeiten von Schwimmstoffen abzuschätzen, welche auf der Annahme eines Transportes im Stromstrich beruhen und somit nicht für alle Schwimmstoffe gelten.

Als Einleitungsart kann ein Momentan- oder ein Rechteckimpuls eingegeben werden. Ist die Konzentrationsverteilung des Schadstoffes bekannt, muss dieselbe in Tabellenform eingetippt werden. Hierzu dient eine zweite Maske, welche diese Tabelleneingabe ermöglicht. Allenfalls vorhandene Grundkonzentrationen sind dabei vorgängig abzuzeihen.

Die dritte Maske ermöglicht die Eingabe der hydrologischen Daten (Wasserstände und Stauregelungen im niederländischen Teil des Rheins). Der Abfluss wird mit Hilfe der ins Modell eingebauten Wasserstands-Abflussbeziehungen aus den real-time abgefragten Wasserstandsbeobachtungen berechnet.

Als Resultat erhält man eine tabellarische und eine graphische Darstellung des Schadstoffdurchganges im gewünschten Kontrollquerschnitt (siehe Bild 4). Gleichzeitig können für wichtige Stellen im Lauf des Rheins die zu erwartenden maximalen Schadstoffkonzentrationen dargestellt werden.

Für das Modell mussten mittlere Fließzeiten des Wassers bereitgestellt werden. Für den schweizerischen Rheinabschnitt von Stein am Rhein bis Basel und für die Aare vom Bielersee bis zur Mündung in den Rhein wurden durch die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie die mittleren Fließzeiten mit Hilfe des Com-

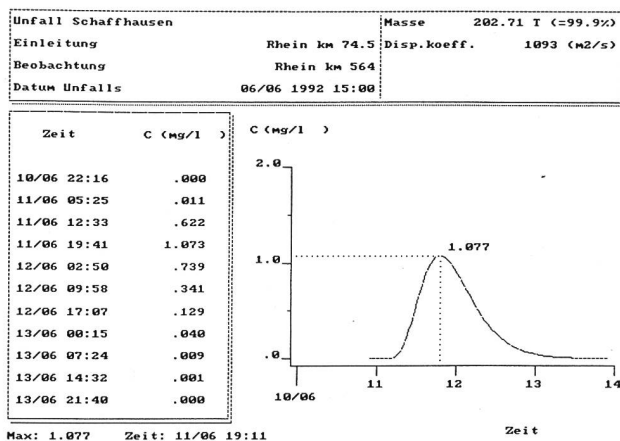


Bild 4. Zu erwartende Schadstoffkonzentrationen im Vorhersagequerschnitt.

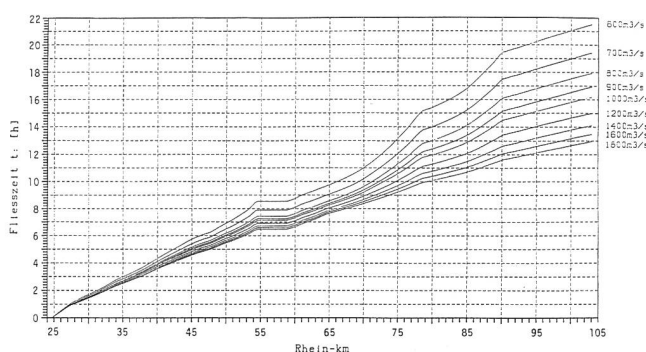


Bild 5. Fließzeiten im Rhein von Stein am Rhein km 24,680 bis zur Aarenmündung km 103,000.

puterprogrammes Floris berechnet. Dieses Programm simuliert instationäre (und als Spezialfall auch stationäre) Abflüsse in offenen Gerinnen. Dabei werden die Kontinuitäts- und die Impulsgleichung von de Saint-Venant mit einem Differenzenverfahren gelöst [LHG 1991]. Bild 5 zeigt ein Diagramm von so berechneten Fließzeiten.

Die Kalibrierung und die Verifikation des Alarmmodelles erfolgte anhand von Tracerversuchen [KHR 1991]. In der Schweiz wurden hierzu zwei Markierversuche im Rhein, einer von Albrück bis Basel und einer von Rheinau bis Basel, realisiert (LHG 1991). Die Bestimmung der Laufzeit der Tracerwolke stand im Vordergrund der Untersuchungen. Doch wurden auch die Stoffausbreitung in Stauräumen und die Einmischung der Aare in den Rhein untersucht. Ferner dienten die experimentell bestimmten Resultate der Markierversuche auch zu Vergleichszwecken zwischen Transportzeiten von gelösten Stoffen und mittleren Fließzeiten des Wassers, wie sie mit dem Floris-Modell bestimmt worden sind. Der Vergleich zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen den mit den beiden Methoden ermittelten Fließzeiten. Bild 6 zeigt die transversale Verteilung des Markierstoffes in einem Querschnitt 15 km unterhalb der Eingabestelle in Albrück. Um 11.55 Uhr, 4 Stunden und 55 Minuten nach der Einspeisung, erschien der Tracer zuerst im Stromstrich. Eine Viertelstunde später konnte im ganzen Querschnitt mit Ausnahme der Uferzonen der Tracer gemessen werden. Um 12.50 Uhr floss die maximale Konzentration des Markierstoffes vorbei, wobei die höchste Konzentration im Stromstrich auftrat. Nachher nahm die Konzentration im Stromstrich kontinuierlich ab, und um 14.00 Uhr war die Konzentration im Stromstrich 5mal kleiner als in den Uferzonen.

| | |
|--|-----------------------|
| -06-12-1992- Alarmmodell Rhein V2.0 -16:27:31- | |
| < 1> Titel | = Unfall Schaffhausen |
| < 2> Einleitungszweig | = Rhein |
| < 3> Einleitungsart | = Tabelle |
| < 4> Dispersionskoeffizient | = Default |
| < 5> Halbwertszeit (T) | = Kein Abbau |
| < 6> Schwimmstoff | = Nein |
| < 7> Beobachtungsgebiet | = Rheingegebiet |
| < 8> Beobachtungszweig | = Rhein |
| < 9> Datum des Unfalls | = 9206-0615 |
| | Einleit. km = 74.5 |
| | Anzahl Paare = 16 |
| | Beobacht. km = 564 |

Bild 3. Übersicht über die Eingabegrößen der Eingabemaske 1.

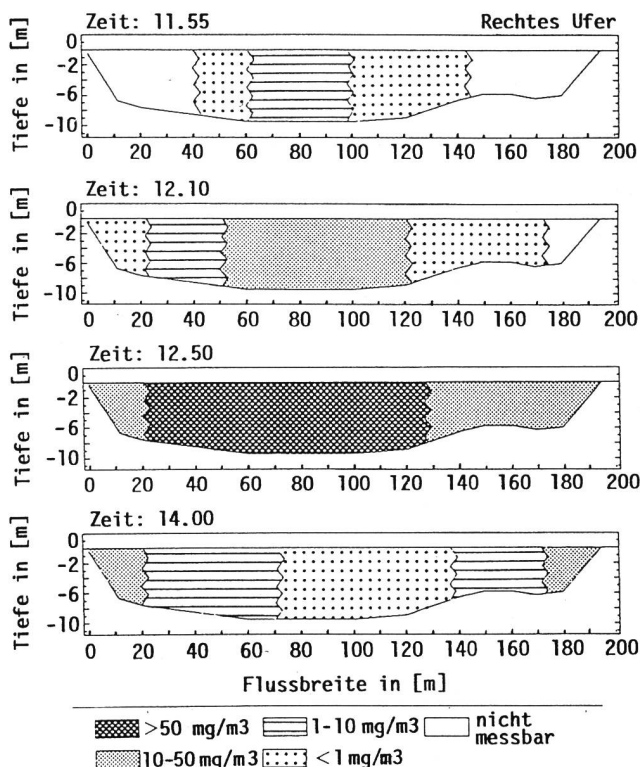


Bild 6. Tracerverteilung am 27. September 1988 im Querprofil Obersäckingen km 128,500.

3. Wertung des Alarmmodelles

Aufgrund der bis heute gemachten Erfahrungen in den Hauptwarnzentralen stellt das Alarmmodell ein nützliches Hilfsmittel für die zielgerichtete Alarmierung bei einem Störfall im Rhein dar. Durch die getroffenen Vereinfachungen ist das Modell jedoch nicht in der Lage, alle Prozesse der Schadstoffausbreitung genau wiederzugeben. Die dadurch verursachten Fehler in der Vorhersage sind aber klein im Vergleich zu Fehlern, welche durch die ungenaue Bestimmung von Eingabedaten eingeführt werden können. Beispielsweise ist die eingeleitete Schadstoffmenge bei einem Unfall oft nur sehr ungenau abzuschätzen. Deshalb wird vorläufig auf eine weitere Verbesserung des Alarmmodells verzichtet und vorrangig versucht, die Datenlage bei den Inputgrößen zu verbessern. So wird gegenwärtig in Basel eine Überwachungsstation für die Gewässerqualität aufgebaut, welche in der Lage ist, Konzentrationen von Schadstoffen im Rhein relativ kurzfristig zu bestimmen.

Chatwin, P.C. (1980): Presentation of longitudinal dispersion data. Proc. ASCE J. Hydr. Div 106 HY1 S.71–83.

Fischer, H.B. et al (1979): Mixing in inland and coastal water. Academic press, New York.

Griffioen, P.S. (1989): Alarmmodell für den Rhein. Bericht Nr. II-2 der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, Lelystad.

KHR (1991), Van Mazijk, A., Verwoerd, P., Van Mierlo, J., Bremiker, M., Wiesner, H.: Rheinalarmmodell Version 2.0, Kalibrierung und Verifikation. Bericht Nr. II-4 der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, Lelystad.

LHG (1991), Kühne, A., Leibundgut, Ch., Petermann, J., Schädel, B., Schudel, B., Schneider, G., Spreafico, M.: Fließzeitbestimmung und Stofftransportuntersuchungen im Rhein. Mitteilung Nr. 13 der Landeshydrologie und -geologie.

Adresse des Verfassers: Dr. Manfred Spreafico, Landeshydrologie und -geologie, CH-3003 Bern.

Hochwasserschutz

Ausgewählte Problemkreise

Jürg W. Tschopp

Das Umsetzen der guten theoretischen Grundlagen stösst in der Praxis oft auf Schwierigkeiten. Einige für schweizerische Verhältnisse typische Problemkreise werden kurz charakterisiert.

Résumé: La protection contre les crues – problèmes choisis

Malgré de bonnes bases théorétiques, la réalisation des mesures contre les crues ne se fait pas sans difficulté. Quelques problèmes choisis et typiques pour les conditions suisses sont décrits sous peu.

Summary: Protection against floods – some selected aspects

In spite of an excellent theoretical basis available, the realization of protection works is often not as successful as it could be. Some selected problems – typical for Swiss conditions – are specified in short.

1. Einleitung

Nachstehend wird versucht mit Hilfe einiger ausgewählter Problemkreise aufzuzeigen, warum trotz den stark verbesserten naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen die Vorstellungen über einen zeitgemässen Hochwasserschutz in der Praxis oft nur mit Mühe umgesetzt werden können. Die Problemauswahl orientiert sich nicht am lokalen Einzelfall, sondern eher an ihrer gesamtschweizerischen Bedeutung. Die bewusst etwas plakativ gewählte Darstellungsweise soll die Diskussion anregen. Den unzweifelhaft bestehenden, problemlos realisierten Beispielen aus der Praxis sollten damit keine Steine aus der Krone fallen.

2. Das Diktat der Ereignisse!

Der Zeitpunkt von schadenverursachenden Hochwasserereignissen ist immer zufällig, nie passend und trifft die für den Wasserbau Verantwortlichen meist unvorbereitet. Der resultierende Zeit- und Handlungsdruck führt zu symptomatischen Problemen. In der Phase der Sofortmassnahmen entstehen Ad-hoc-Bauten ungewisser Qualität meist ohne Planungsgrundlagen. Der Trend zum Dauerprovisorium, das zukünftige Lösungen ungewollt präjudiziert, ist stark. Die Dokumentation des Schadenereignisses wie auch der ausgeführten Bauten wird oft zurückgestellt oder ganz unterlassen. In der Phase der Folgemaassnahmen sind immer wieder zwei typische Handlungsweisen erkennbar. Die erste forciert die Wiederherstellung des bestehenden Zustandes (Schadenersatzmentalität). Damit wird die Chance einer qualitativen Zustandsverbesserung – zum Beispiel auf der Grundlage einer guten Ursachenanalyse – nicht genutzt. Die zweite fördert einen erhöhten Hochwasserschutz, der mindestens das erlebte Schadenereignis in Zukunft ausschliessen soll. Es wird damit eine Zufallsbemessung auf den Einzelfall (= Sonderfall) realisiert und der Grundsatzdiskussion um einen «angemessenen» Hochwasserschutz ausgewichen. Das Fehlen einer vorsorglichen Richtplanung ist in diesem Fall besonders ungünstig. Richtschnur wird der dominante, meist höchste Schutzanspruch – oder ein eilig abgegebenes Versprechen der politischen Entscheidungsträger! Der Schadensschwerpunkt wird zur Richtschnur für ein Gesamtkonzept.

3. Ersatzinvestitionen planen!

Das Ende der technischen Lebensdauer von Schutzwasserbauten sollte eigentlich nicht überraschend eintreten. Es kündigt sich durch eine Zunahme der jährlichen Aufwendungen für den Unterhalt und die Instandhaltung an. Der optimale Zeitpunkt wird aber selten realisiert, da sowohl die periodische Bauwerksüberwachung und die Beurteilung der Sicherheit wie auch die wirtschaftliche Kostenrechnung fehlen. Da auch der Handlungsdruck fehlt, mangelt es auch an der Motivation (und den Krediten) für die vorsorgliche, zeitgerechte Planung der Ersatzinvestitionen. Die schleichende Abnahme des Schutzniveaus wird oft weder von der zuständigen Behörde noch von den potentiell Gefährdeten erkannt. Daher werden auch kaum die erforderlichen, temporär ergänzenden Schutzmassnahmen angeordnet (Objektschutz, besondere Kontrollprogramme, Hochwasseralarmierung usw.). Der Normalfall ist der Schadenerwartungsfall! Es wäre mindestens prüfenswert, ob dem Vorsorgegedanken im Hochwasserschutz nicht vermehrt mit betriebswirtschaftlich geführten Schutzverbänden – etwa analog den Löschwasserversorgungen – zum Durchbruch verholfen werden könnte.

4. Sicherheit versus Umweltverträglichkeit?

Immer mehr steht der Schutzwasserbau in Konkurrenz zu anderen Interessen am Gewässer. Folgt die Blütezeit der Revitalisierung und der Renaturierung? Nicht der Hochwasserschutz ist Ursache und Ziel dieser Massnahmen, sondern eine Verbesserung der Ökologie, des Erholungswertes, der Umweltverträglichkeit im generellen. Sie werden zunehmend aktuell, liegen im politischen Trend. Andere Bauherren, andere Fachleute! Oft ist nicht mehr der Wasserbauingenieur federführend, sondern der Ökologe, Biologe oder der Landschaftsarchitekt. Es besteht erneute Gefahr einer einseitig sektoriellen Betrachtungsweise, diesmal zu Ungunsten der Sicherheit. Das Auseinanderklaffen des gegenseitigen Fachverständnisses ist spürbar. Es geht um die im Bild 1 schematisch dargestellte, spannende und anspruchsvolle Aufgabe des Abwägens von Sicherheit und Umweltverträglichkeit. Der meist erhebliche Landbedarf macht naturnahe Wasserbauprojekte nicht *per se* billiger! Unklar ist auch, inwieweit die be-

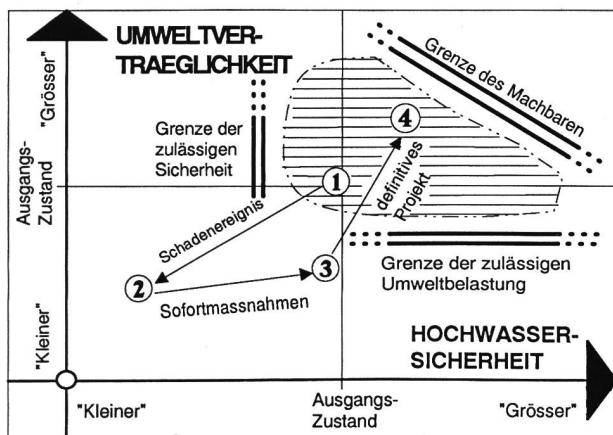


Bild 1. Die aufwendige Suche nach guten, akzeptierten Lösungen zwischen den Grenzen des Zulässigen und des Machbaren (1 Ausgangszustand; 2 Situation nach einem Schadensereignis; 3 reduzierte Ansprüche in der Phase der Sofortmassnahmen; 4 verbesserter Endzustand nach Projektabschluss).

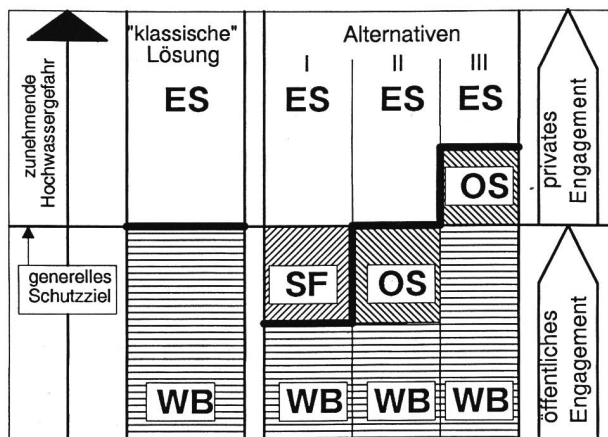


Bild 2. Beispiele für lokal differenzierte Massnahmenkombinationen zum Hochwasserschutz. Neben den eigentlichen wasserbaulichen Massnahmen am Gewässer (WB) stehen auch der Objektschutz (OS) und der durch die Betroffenen gezielt errichtete Schadenfonds (SF) zur Diskussion. Weitere, nicht aufgeführte Kombinationen sind möglich. Das verbleibende Elementarschadenrisiko (ES) und der bauliche Interventionsgrad können damit gezielt beeinflusst werden.

stehenden Rechtsmittel genügen, um die erforderlichen Eigentumsbeschränkungen durchzusetzen. Die besonderen Bedürfnisse nach mehr «Gewässerfreiraum» werden zudem in der Richt- und Nutzungsplanung üblicherweise nur ungenügend ausgewiesen – in dieser Hinsicht besteht eindeutig ein Koordinationsdefizit!

5. Lösungspalette vergrössern!

Der Planungsspielraum wird in vielen Fällen nicht ausgenutzt. Das Denken in Alternativen und Varianten wird oft schon zu Beginn eingeschränkt. Die breite Palette der grundsätzlichen Möglichkeiten wird nicht umfassend geprüft. Ausnahmen bestätigen auch hier die Regel. Werden bereits die Vorgaben im Auftrag an die Planer und Ingenieure zu eng gefasst, oder können sich diese gegenüber den Trägerschaften zu wenig durchsetzen?

Im Bild 2 werden der «klassischen» Lösung – bei der allein mit wasserbaulichen Schutzmassnahmen am Gewässer (WB) das generelle Schutzziel erfüllt wird – einige Alternativen gegenübergestellt (es sind noch weitere, nicht aufgeführte Möglichkeiten denkbar). Dort, wo aus übergeordnetem Interesse lokal vom generellen Schutzziel abgewichen werden soll – zum Beispiel beim Verzicht auf wasserbauliche Interventionen aus Gründen des Landschaftsschutzes –, stellt sich die Frage, wie allfällige Versicherungslücken der Betroffenen gedeckt werden können. Die Möglichkeiten eines Schadenfonds (SF) als Bestandteil eines Schutzkonzeptes werden bis jetzt in der Schweiz nicht ausgeschöpft; erste Ansätze sind aber erkennbar (zum Beispiel im neuen Wasserbaugesetz des Kantons Bern).

Der Objektschutz (OS) erlaubt, auf die unterschiedlichen Schutzbedürfnisse der einzelnen Werkverantwortlichen angemessen zu reagieren. Er wird bis jetzt kaum oder zu wenig gezielt eingesetzt. Die bisherige Optik des Schutzwasserbaues ist primär auf das Verhindern von Überflutung ausgerichtet; Massnahmen im Überflutungsfall sind Aufgaben der Gefährdeten. Mangels Informationen über das Ausmass und die Häufigkeit der Überflutungsgefahr sind diese üblicherweise dazu nicht in der Lage. Der Objektschutz als öffentliche Aufgabe hätte dort sein Gewicht, wo das generelle Schutzziel mit wasserbaulichen Massnahmen allein am Gewässer nicht erreicht

Bild 3. Charakteristika der verschiedenen Projektstufen im Schutzwasserbau. Die Weichen für gute und umweltfreundliche Projekte werden in der Planungs- und Projektierungsstufe gestellt – der finanzielle Anreiz ist hier aber oft gering oder unsicher.

| | | | | | |
|----------------------------|--------|-----------------|-----------------|--|--|
| Freiheitsgrad | Gross | Planung | | | |
| | Mittel | | Projektierung | Entscheid über langfristige Qualität und Mittelbindung | |
| | Klein | | | Ausführung | |
| | Zero | | | | Betrieb Unterhalt |
| Zeiträume | | Monate | Jahre | Jahre | Dezenien |
| Kostenproportionen | | 10 ¹ | 10 ² | 10 ³ | 10 ¹ - 10 ² / Jahr |
| finanzielle Anreize | | unsicher | gering | gross | keine |

werden kann (beispielsweise wenn der bauliche Interventionsgrad tief gehalten werden soll oder wenn bestehende Schutzbauten ihre Funktion am Ende der technischen Lebensdauer nur noch teilweise erfüllen).

Die Gefahrenzonenausscheidung wäre ein weiteres Element; sie hat bis jetzt im Hochwasserschutz in der Schweiz eine völlig untergeordnete Bedeutung, obwohl sie ein wirkungsvolles Mittel darstellt, um temporär oder langfristig die Schäden in potentiell gefährdeten Gebieten zu beschränken. Sie ist in der Wegleitung 82 des Bundesamtes für Wasserwirtschaft als gleichberechtigte passive Massnahme aufgeführt, die aber in der Praxis nicht durchgesetzt wird. Einerseits fehlen die auf einer hydrologisch-hydraulischen Analyse basierenden Überflutungszonen zur Darstellung der Naturgefahr im Richtplan, und andererseits besteht wohl eine Realisierungshemmung bei den wasserbaulichen Fachstellen für diese «passive», nicht technische Massnahme. Hinzu kommt ein Erfahrungsmanko in der praktischen Ausgestaltung und planerisch rechtlichen Anwendung und Durchsetzung der Gefahrenzonenausscheidung. Die Analogie zur Lawinenzonenausscheidung wird offensichtlich noch zu wenig ausgenützt.

6. Finanzielle Anreize überdenken!

Mit der bestehenden Praxis werden Planungen im Wasserbau meist nur dann finanziell unterstützt, wenn konkrete Bauprojekte vorliegen, die zur Ausführung gelangen. Der finanzielle Anreiz für eine wasserbauliche Richtplanung ist daher gering (Bild 3). Der Planungsaufwand auf Konzeptstufe wird minimalisiert. Vielleicht liegt darin auch ein Grund für die fehlende wasserbauliche Sachplanung zugunsten der ORL-Richtplanung. Konkreten Wasserbauprojekten fehlt oft die planerische Grundlage als Richtschnur für die grundsätzlichen Entscheide (etwa beim Ausscheiden von Gefahrenzonen oder Rückhalteräumen). Das auch im Wasserbau dringend notwendige Denken in Alternativen und Varianten wird zurzeit noch ungenügend gefördert. Entscheide im Wasserbau orientieren sich stark an der «Aufwandseite» – insbesondere an den monetären Aspekten – und weniger an der «Ertragsseite» – zum Beispiel an der Verminderung der bestehenden Hochwassergefährdung oder am Mass der ökologischen Aufwertung. Damit fehlt ein geeigneter Massstab für die Prioritätensetzung und Etappierung der Massnahmen aus übergeordneter Sicht bei beschränkten finanziellen Mitteln.

7. Schlussbemerkungen

Auch der Hochwasserschutz ist einem steten Wandel unterworfen. Er löst sich von den starren Zielsetzungen einheitlich uniformer, linearer Schutzziele und Querprofile. Es wird versucht, mit angemessenen, lokal stark differen-

zierten Schutzmassnahmen die Zielsetzung zu erfüllen. Der Schutzwasserbau ist eindeutig anspruchsvoller geworden in seiner Realisierung, er liegt im Clinch mit vielfältigen Interessen. Der Trend zum Mehrzweckprojekt ist klar erkennbar. Es werden hohe Ansprüche an den Wasserbauer gestellt und an seine Fähigkeit, im interdisziplinären Team nach integralen Lösungen zu suchen. Der Wasserbauer ist herausgefordert, er müsste vermehrt aus der Reserve heraustreten, die öffentliche Meinung zu gewinnen suchen durch Motivation und Information und vor allem mit guten, ausgewogenen und konsensfähigen Projekten.

Adresse des Autors: Dr. Jürg W. Tschopp, Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz, CH-5001 Aarau (bis Frühjahr 1992: Basler & Hofmann Ingenieur & Planer AG, CH-8029 Zürich).

Erwin Hoeck (1904–1951)

1929 schloss Hoeck das Hochschulstudium an der ETH als Bauingenieur ab und trat bei Prof. Meyer-Peter als Assistent ein. An der Versuchsanstalt beschäftigte er sich vornehmlich mit Versuchen für die Rheinkorrektion zwischen III und Bodensee sowie mit dem grossen Wasserbaumodell für die Schweizerische Landesausstellung 1939. Daneben leitete er die Untersuchung über die Druckverluste in grossen Leitungen des Kraftwerkbaus, welche 1943 zu seiner Dissertation führte.



1941 trat Hoeck die Nachfolge von Dr. Lütshg als Leiter der Abteilung Hydrologie an der VAW an. Dabei beschäftigte er sich mit der Abschätzung der Landesverdunstung aus Bilanzbetrachtungen über den Wasserhaushalt verschiedener Einzugsgebiete sowie mit neuen Methoden der Niederschlagsmessung. Weiter widmete er sich der Frage, wie sich Hochwässer im Frühsommer über die gespeicherten Schneemengen vorhersagen lassen.

Hoeck erhielt verschiedene Anerkennungen, so etwa in der Hydrologischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft SNG oder als Lehrbeauftragter für Hydrometrie, Hydrographie und Gewässerkunde an der ETH. Er verstarb nach kurzer, aber schwerer Krankheit am 27. Juli 1951 in Chur.

WHH

Meyer-Peter, E. (1951). Erwin Hoeck. Verhandlungen SNG: 360–362.