

DAS RHEIN ALARMMODELL

Hintergrund
Wirking
Anwendung

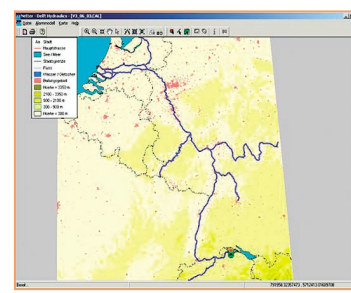


Abb. 9 Geographisch basierte Benutzeroberfläche.

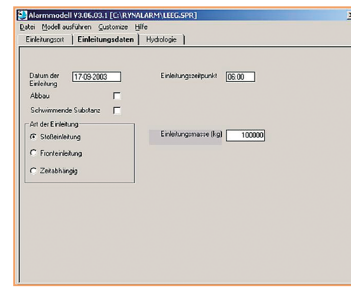


Abb. 10 Eingabemaske für die Einleitungsdaten.

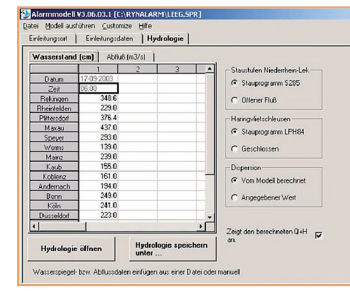


Abb. 11 Eingabemaske für die Hydrologie.

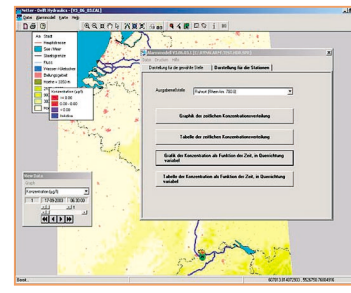


Abb. 12 Geographisch basierte Ausgabemaske.

BEISPIEL

Abbildung 14 zeigt das Ergebnis der Überwachung des Störfalls Juni 1993, bei dem bei Rhein-Kilometer 433,2 in 3 Stunden circa 3 t abbaubares Nitrobenzen am linken Ufer eingespeist wurden. Die in Abbildung 11 eingetragenen Messungen betreffen Mischproben. D.h., dass im Prinzip der Konzentrationsverlauf nur annähernd gemessen wurde. Der Vergleich hat deshalb indikativen Charakter. Da das Rheinalarmmodell (RAM) die langsamere Fliessgeschwindigkeit in den Uferbereichen nicht berücksichtigt, wird die Ankunftszeit der Schadstoffwelle im Nahbereich bei einer Uferinspeisung zu früh angegeben (s. Abb. 14, Kontrollstation Mainz, 65 km stromabwärts der Einleitungsstelle). Für die dargestellten Vergleiche wurde die Querverteilung des eingespeisten Stoffes berücksichtigt. Weiterhin wurde ein Stoffabbaukoeffizient von 0,25 pro Tag vorgegeben. Die Genauigkeit der Messungen für die Kontrollstationen Lobith am rechten Ufer und Bimmen am linken Ufer, die nur circa 2,5 Strom-Kilometer von einander entfernt sind, ist in Abbildung 14 aufgezeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine exakte Vorhersage der Ankunftszeit an den jeweiligen Wasserkontrollstationen einer genauen Angabe des Anfangs und der Dauer der Einspeisung bedarf, sowie eine exakte Angabe der Einspeisungsmenge und des Abbaukoeffizienten. Weil diese Bedingungen meistens fehlen, wird das Modell primär für die Bestimmung der Durchgangszeit der Schadstoffwelle eingesetzt.

Ufer der Einleitung (2-D-Option). Zudem können die hydrologischen Daten d.h. die an bestimmten Abflussstationen gemessenen Wasserstände und/oder Abflüsse sowie bestimmte Abflusssteuerungsoptionen, wie gestauter oder freifliessender Fluss eingegeben werden. (Abb. 11).

AUSGABE

- Die Ausgabe des Modells umfasst:
- geographische Darstellung der Fortbewegung und Ausdehnung einer Schadstoffwolke (Abb. 12)
 - Konzentrationsverlauf an einer Messstelle (graphisch und tabellarisch, Abb. 13)
 - die maximale Konzentration und Transportzeiten zum Konzentrationsmaximum entlang des Flusses (graphisch und tabellarisch)
 - den Konzentrationsverlauf im Flussquerschnitt (graphisch und tabellarisch).

Aufgrund der Kalibrierungs- und Verifikationsergebnisse kann festgestellt werden, dass das Rheinalarmmodell, bei zutreffendem aktuellen Abflussverlauf, die Ankunftszeit einer Schadstoffwelle mit einer Abweichung von durchschnittlich weniger als 5% vorhersagen kann.

Folgende Institutionen waren an das Projekt beteiligt:

- KHR
- IKSR
- Rijkswaterstaat, Staatliches Amt für integralverwaltung der Binnengewässer und für Abwasserreinigung RIZA
- Technische Universität Delft
- Bundesanstalt für Gewässerkunde
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.
- Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern (BWG)
- Universität Karlsruhe
- Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH)
- WLI Delft Hydraulics

Kontakte
Ad Jeuken, Rijkswaterstaat - RIZA
Tel. +31-78-6332718
E-mail: a.jeuken@riza.rws.minvenw.nl

Eric Sprokkereef, Sekretariat KHR
Tel. +31-26-3688367
E-mail: info@chr-khr.org

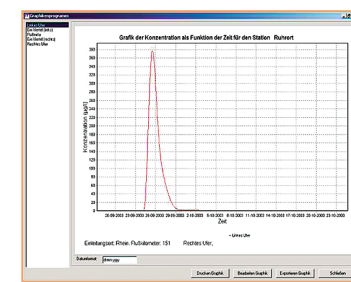


Abb. 13 Ausgabemaske mit Konzentrationsverlauf an einer bestimmten Messstelle im Flussquerschnitt.

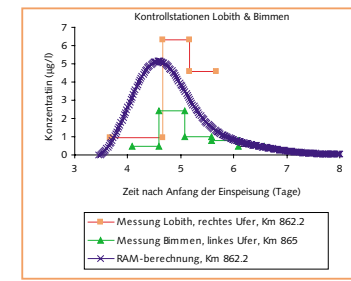
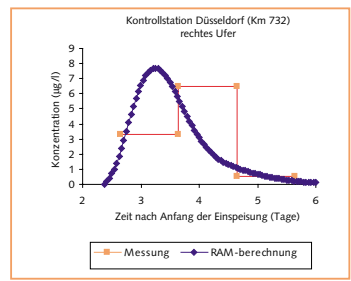
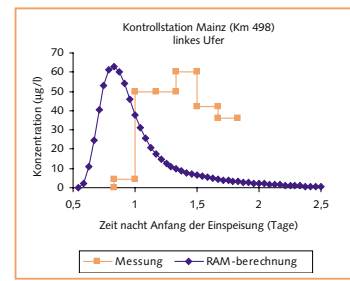


Abb. 14 Vergleich der mit dem Rheinalarmmodell vorhergesagten Durchgangskurven mit den effektiv gemessenen Konzentrationen (Störfall Juni 1993).

- Alarmmodell für die Vorhersage der Eintreffzeit und der Ausbreitung einer Schadstoffwelle im Rhein.
- Operationeller Einsatz bei Störfällen.
- Das Modell unterstützt als fester Bestandteil des Rhein-Frühwarnsystems die Überwachung eines Störfalles.

ANLASS UND ZIELSETZUNG

Nach dem Brandunfall 1986 im Chemiewerk Sandoz, Basel, bei dem grosse Mengen mit Chemikalien verunreinigtes Loschwasser in den Rhein flossen, haben die Minister der Rheinanliegerstaaten die Internationale Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung (IKSR) und die Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR) mit der Entwicklung eines Alarmmodells beauftragt.



Abb. 1 Warn- und Alarmsystem am Rhein

RANDBEDINGUNGEN

- Das Modell kann bei Störfällen operationell eingesetzt werden, d.h. die Ergebnisse müssen rasch verfügbar sein.
- Das Modell basiert auf Echtzeit-Eingabedaten. Dabei handelt es sich um Informationen zum Störfall sowie um Wasserstände und/oder Abflüsse, die von den Hauptwarnzentralen mittels Fernübertragung von den Messstationen abgerufen werden können.
- Das Modell ist einfach konzipiert und auf PCs implementierbar, damit es von allen Alarmzentralen problemlos eingesetzt werden kann.

ANFANG DER ENTWICKLUNG: VERSION 1.0 (1988) UND 2.0 (1990)

Ende 1988 wurde die erste noch unkalibrierte Version 1.0 des Rheinalarmmodells fertiggestellt. Im Jahre 1990 folgte eine kalibrierte und verifizierte Version 2.0, bei der der Einfluss sogenannter Stillwasserzonen auf den Stofftransport mit in Betracht gezogen war. Stillwasserzonen sind Bereiche mit annähernd stehendem Wasser, bzw. Bereiche ohne Nettoströmung. Sie sind entlang der Sohle und der Ufer eines Flusses beliebig verteilt und können natürlicher Art sein (Mäandrierung des Flusses, Vegetation usw.) oder durch Eingriffe des Menschen (Buhnenfelder o.a., Abb. 2) entstehen.



Abb. 2 Buhnenfelder an der Waal (Niederlande)

WEITERE ENTWICKLUNG VERSION 2.0

Die Version 2.0 wurde um den schweizerischen Teil des Rheins ab Stein am Rhein erweitert. Weiter erfolgte die provisorische Einbindung

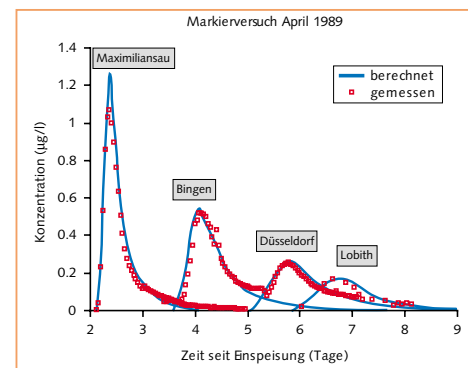


Abb. 3 Vergleich gemessener und berechneter Konzentrationsverläufe, Markerversuch 1989 von Basel bis in den Niederlanden.

der Aare unterhalb des Bielersees. Der bisher provisorisch erfolgte Einbau der Mosel in das Alarmmodell wurde durch einen neuen, für die deutsche Moselstrecke gültigen Modellzweig (Abb. 4) ersetzt. Darüber hinaus kann ab der Version 2.0 angegeben werden, ob es sich bei dem eingeleiteten Stoff um einen Schwimmstoff wie z.B. Öl handelt. In der Version 2.1 wurde dann aufgrund von Fließzeitberechnungen der provisorische Einbau der Aare durch einen für die Strecke Ausfluss Bielersee bis zur Mündung in den Rhein gültigen Modellzweig ersetzt (Abb. 4). Die Versionen 2.0 und 2.1 wurden unter DOS betrieben.

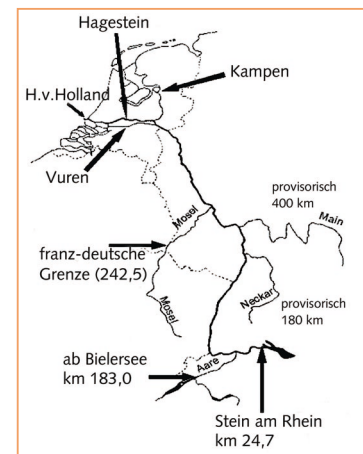


Abb. 4 Netzwerk des Rheinalarmmodells

1998: WINDOWS VERSION 3.0

1998 wurde die WINDOWS-Version 3.0 entwickelt. In diese Version wurden zwei-dimensionale Module, die zusätzlich den Stofftransport über die Flussbreite berechnen (Abb. 5 und 6), und zusätzlich die Flussarme im niederländischen Deltagebiet zwischen Hagstein und Hoek van Holland eingebaut (Abb. 3).

Zur einfachen Aktualisierung der Abflussdaten können in der WINDOWS-Version bis zu 10 Abflusssituationen eingegeben werden. Das Modell bestimmt für jeden Zeitschritt, - meistens ein Tag, - wo sich die Schadstoffwelle im Flussgebiet befindet und benutzt die eingegebene lokal gültige Abflusssituation zur Transportberechnung.

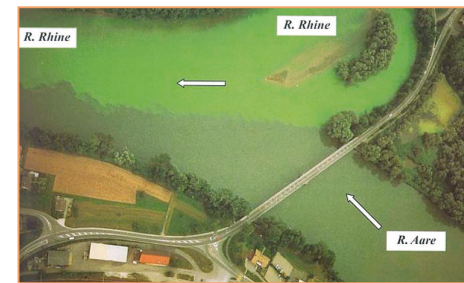


Abb. 5 Einmündung der Aare in den Rhein zur Zeit des Markerversuches im Rhein (Einspeisung Rheinau).

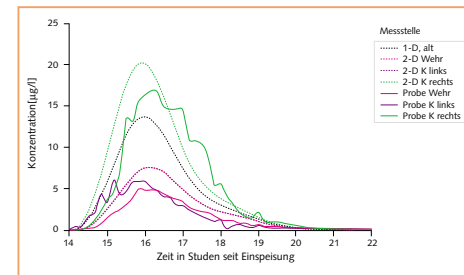


Abb. 6 Konzentrationsverläufe an verschiedenen Messstellen im Flussquerschnitt direkt stromaufwärts vom Wehr Albruck.

Die WINDOWS-Version bietet die Möglichkeit Abflussdaten zu speichern. D.h. anstelle aktueller Abflussdaten, können auch Abflussszenarien angewendet werden, um eine erste Abschätzung der Eintreffzeit einer Schadstoffwelle zu erhalten. Da sich der tatsächliche Abflussverlauf im Rhein sehr langsam verändert, ergibt die Angabe der Mittelwasserführung eine ziemlich genaue Vorhersage. Wegen der Abflussdynamik der Mosel, bieten Abflussszenarien jedoch zuverlässigere Information über die früheste und späteste Eintreffzeit eines Schadstoffes, gegenüber der gemessenen Abflusssituation zur Zeit der Störfallmeldung (Abb. 7).

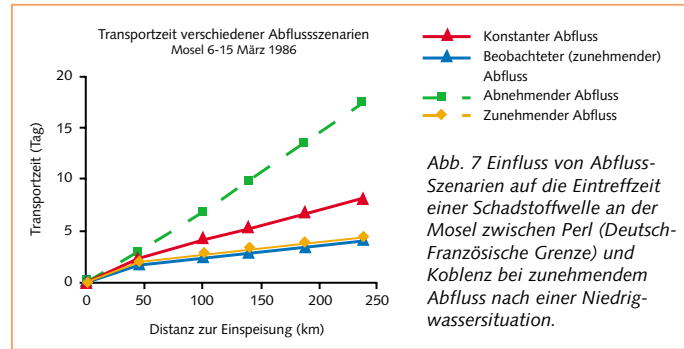


Abb. 7 Einfluss von Abflussszenarien auf die Eintreffzeit einer Schadstoffwelle an der Mosel zwischen Perl (Deutsch-Französische Grenze) und Koblenz bei zunehmendem Abfluss nach einer Niedrigwassersituation.

Zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit, insbesondere bei Niedrigwasser und gestauten Abflussverhältnissen, ist in der WINDOWS-Version die niederländische Rheinstrecke stromabwärts von Arnhem detaillierter eingebaut. Da es in diesem Bereich wegen Rückstau keine eindeutige Beziehung zwischen Abfluss und Wasserstand gibt, können bei Rückstau ausser dem Abfluss auch Wasserstände eingegeben werden. Für schlecht erreichbare Pegel wurden Abflussbeziehungen zu anderen benachbarten Messstellen erstellt (Q-Q-Beziehungen). Als Beispiel gelten die Messstationen Neuhausen-Flurlingen (Rhein-km 45,8) und Reckingen (Rhein-km 90,7) an der Hochrheinstrecke zwischen Bodensee und Basel.



Abb. 8 Der Niederrhein mit dem Stauwehr bei Amerongen (Niederlande).

ANWENDUNG

Die derzeit gültige WINDOWS-Version 3.06.03.1 ist sehr Benutzerfreundlich und für jedes Fluss- und/oder Kanalsystem anwendbar. Das Modell wurde für den operationellen Einsatz innerhalb eines Frühwarnsystems entwickelt und hat zwei Komponenten: (a) geographisch basierte Benutzeroberfläche mit Eingabemasken zum Störfall und zur Hydrologie sowie Ausgabemasken für die Darstellung von Berechnungsergebnissen (b) Berechnungsmodule. Die Quellcodes sind gebietsunabhängig.

Auf der geographisch basierten Benutzeroberfläche (Abb. 9) kann der Anwender auf einer Karte die Ortslage des Störfalles angeben und ebenso die für die Berechnung gewünschte Ortsangabe. Weitere Eingabedaten betreffen den Zeitpunkt des Störfalles, die eingeleitete Schadstoffmenge (Abb. 10) und eventuell das