



International Commission for the Hydrology of the Rhine basin

International Conference on
Flood Estimation

March 6-8, 2002
Berne, Switzerland

Proceedings



BWG
OFEG
UFAEG
UFAEG
FOWG



CHR Report II-17

FOREWORD

*Water, small at its source,
can, when coupled with rain,
be dangerous at the end.*

This publication contains the scientific contributions of the participants at the International Conference on Flood Estimation, held in Bern on 6 - 8 March 2002.

The conference was organised and realised jointly by the Federal Office for Water and Geology (Prof. Dr M. Spreafico, Dr H.P. Hodel), the Geographical Institute of the University of Bern (PD Dr R. Weingartner) and the International Commission for the Hydrology of the Rhine basin (M. Meulenberg, F. Stegeman).

The participants, who came from all around the world, presented research results and case studies on the subject areas of flood measurement techniques, process analyses, extreme value statistics, and the modelling and regionalisation of floods. The contributions were supplemented by the results of a study in the Rhine riparian states on models applied in flood estimation. A practical tool for the estimation of highwater discharges in the Swiss catchment area was also presented.

The organisers wish to thank all participants, the reviewers, the scientific committee, the seminar chairmen, those who helped in the lecture rooms and on the excursion, and the editorial team. Very special thanks go to Ms J. Dobmann and Ms S. Hunziker for the preparation and management of the Conference. The financial support received from the Max und Elsa Beer-Brawand-Fonds, the Federal Office for Water and Geology and the Swiss Natural Sciences Academy Hydrological Commission enabled a smooth organisation of the conference.

We hope that this publication will help to provide a better grasp and understanding of highwaters.

The CHR President
Prof. Dr M. Spreafico

VORWORT

*Wasser, an der Quelle klein,
kann zusammen mit Regen
zuletzt gefährdend sein.*

In der vorliegenden Publikation werden die wissenschaftlichen Beiträge der Teilnehmer an der Internationalen Konferenz für Hochwasserabschätzung, welche vom 6.-8. März 2002 in Bern stattfand, veröffentlicht.

Die Konferenz wurde gemeinsam vom Bundesamt für Wasser und Geologie (Prof. Dr. M. Spreafico, Dr. H.P. Hodel), dem Geographischen Institut der Universität Bern (PD Dr. R. Weingartner) und der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (M. Meulenberg, F. Stegeman) organisiert und durchgeführt.

Die Teilnehmer aus aller Welt präsentierten Forschungsergebnisse und Fallstudien zu den Themenbereichen Hochwasserermesstechniken, Prozessanalysen, Extremwertstatistik sowie Modellierung und Regionalisierung von Hochwassern. Die Beiträge wurden ergänzt durch die Resultate einer Untersuchung in den Rheinanliegerstaaten bezüglich angewandter Modelle für die Hochwasserabschätzung. Eine Praxishilfe für die Abschätzung von Hochwasserabflüssen in schweizerischen Einzugsgebieten wurde ebenfalls präsentiert.

Die Organisatoren danken allen Teilnehmern, den Reviewern, dem wissenschaftlichen Komitee, den Seminarvorsitzenden, den Mitwirkenden in den Vorführungsräumen und an der Exkursion und dem Redaktionsteam. Ganz besonderer Dank geht an Frau J. Dobmann und Frau S. Hunziker für die Vorbereitung und Durchführung der Konferenz. Die finanzielle Unterstützung der Konferenz durch den Max und Elsa Beer-Brawand-Fonds, das Bundesamt für Wasser und Geologie und die Hydrologische Kommission der SANW haben die reibungslose Organisation der Konferenz ermöglicht.

Wir hoffen, dass die Publikation mithelfen kann, die Hochwasser besser zu erfassen und zu verstehen.

Der Präsident der KHR
Prof. Dr. M. Spreafico

AVANT-PROPOS

*A la source, un filet d'eau tout petit
devient un vrai torrent
avec la pluie.*

Cette publication contient les contributions scientifiques des participants à la conférence internationale sur la prévision des crues qui s'est tenue du 6 à 8 mars 2002 à Berne.

La conférence a été organisée et coordonnée par l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie (Prof. Dr. M. Spreafico, Dr. H.P. Hodel), l'Institut Géographique de l'Université de Berne (PD Dr. R. Weingartner) et la Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin (M. Meulenbergh, F. Stegeman).

Les participants du monde entier ont présenté des résultats de recherche et des études de cas sur les thèmes méthodes de mesure des crues, analyses de processus, statistiques des valeurs extrêmes ainsi que la modélisation et la régionalisation des crues. Les contributions ont été complétées par des résultats d'une étude sur les modèles utilisés pour la prévision des crues dans les Etats riverains du Rhin. Une méthode pour la prévision des débits de crues dans les bassins versants suisses a également été présentée.

Les organisateurs remercient tous les participants, les relecteurs, le comité scientifique, les présidents du séminaire, les personnes qui ont apporté leur aide dans les salles de présentation et pendant l'excursion et l'équipe de rédaction. Nous remercions en particulier Mme J. Dobmann et Mme S. Hunziker pour la préparation et la coordination de la conférence. Le soutien financier de la conférence par le fonds Max und Elsa Beer-Brawand, l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie et la Commission Hydrologique de la SANW a permis une organisation sans embûches de la conférence.

Nous espérons que cette publication contribuera à une meilleure perception et compréhension des crues.

Le président de la CHR
Prof. Dr. M. Spreafico

**International Conference on
Flood Estimation**

**March 6-8, 2002
Berne, Switzerland**

Proceedings

Edited by

Manfred Spreafico
Rolf Weingartner

With support of

Judith Dobmann
Hanspeter Hodel
Simone Hunziker



Hydrological Group
Institute of Geography
University of Berne
Hallerstrasse 12
CH-3012 Berne
Switzerland



Federal Office of Water
and Geology
CH-3003 Berne
Switzerland

BWG
OFEG
UFAEG
UFAEG
FOWG



CHR
Secretariat
Postbus 17
NL-8200 AA Lelystad
The Netherlands

Report no. II-17 of CHR

© 2002, CHR/KHR
ISBN 90-36954-60-6

TABLE OF CONTENTS

Foreword	III
Vorwort	III
Avant-propos	IV
Table of contents	V
Overview	XI
<i>Weingartner, R., Spreafico, M., Scherrer, S., (Switzerland), Schumann, A. (Germany):</i>	
International Conference on Flood Estimation.....	XI
Internationale Konferenz zum Thema Hochwasserabschätzung.....	XV
Conférence Internationale sur la Prévision des Crues.....	XIX
 Proceedings	
Oral Presentations	
Topic 1: Flood Measurement Techniques	1
<i>Keynote speaker: Sigrist, B. (Switzerland): An overview of flood measurement techniques</i>	3
<i>Baud, D. O., Hager, W. H., Minor, H. E. (Switzerland): Non-intrusive discharge measurements during floods</i>	9
<i>Meier, Ch. (Switzerland): Improving the flood handling qualities of power stations and other hydraulics structures</i>	19
<i>Sulzer, S., Kinzelbach, W., Rutschmann, P. (Switzerland): Inverse modelling to estimate flood discharge in rivers</i>	27
 Topic 2: Process Analysis as a Basis of Flood Modelling	37
<i>Badoux, A., Hegg, Ch., Kienholz, H., Weingartner, R. (Switzerland): Investigation on the influence of storm caused damage on the runoff formation and erosion in small torrent catchments</i>	39
<i>Bardou, E., Marquis, F.-X., Niggli, M., Musy, A. (Switzerland): The role of snow in the generation of flood and solid transport in small alpine watershed</i>	49
<i>Beyer Portner, N., Piroton, M., Archambeau, P., Dubois, J. (Switzerland): WOLFHYDRO - A spatially distributed hydrological model</i>	57
<i>Bott, W., Hofmann, T., Schenk, D. (Germany): Physically based modelling of runoff generation</i>	65
<i>Claps, P., Laio, F., Villani, P. (Italy): Assessment of extreme flood production mechanisms through POT analysis of daily data</i>	75
<i>Dangol, P. M., Merz, J., Weingartner, R. (Nepal): Flood generation in the middle mountains of Nepal</i>	85
<i>Dutta, D., Herath, S. (Japan): Modelling of flood inundation and effect of DEM on model outputs</i>	93

<i>Goulpié, P., Hertig, J. A., Reinhardt, F., Hug, Chr., Fallot, J. M., Stirnimann, O. F., Dubois, J. (Switzerland): Numerical modelling of probable maximum flood for the watershed of the Krasnodar Dam in Russia.....</i>	101
<i>Herath, S., Jha, R., Dutta, D. (Japan): Flood forecasting experiences in Asian River Basins.....</i>	113
<i>Joerin, Ch., Musy, A., Talamba, D. (Switzerland): Study of hydrological processes for better models and flood estimations</i>	123
<i>Kleinn, J., Frej, Ch., Gurtz, J., Vidale, P. L., Schär, Ch. (Switzerland): Climate change and runoff statistics: A process study for the Rhine basin using a coupled climate-runoff model.....</i>	133
<i>Kohl, B, Markart, G. (Austria): Dependence of surface runoff on rain intensity -Results of rain simulation experiments.....</i>	139
<i>Korytny, L. M., Abasov, N. V., Berezhenykh, T. V., Kichygina, N. V. (Russia): Genetic and statistical analysis of the maximum river runoff in East Siberia as the ground for modelling and forecasting inundations.....</i>	147
<i>Krahe, P., Herpertz, D., Buiteveld, H., Busch, N., Eberle, M., Engel, H., Helbig, A., Naef, F., Wilke, K. (Germany): Development of methodologies for the analysis of the efficiency of flood reduction measures in the Rhine basin on the basis of reference floods (DEFLOOD).....</i>	155
<i>Kurtenbach, A., Krein, A., Symader, W. (Germany): The dynamics of contaminant transport at different scales during natural and artificial flood events</i>	165
<i>Lammersen, R., Ritter, N., Buiteveld, H., Disse, M., Engel, H., Hundecha, Y. (the Netherlands): Simulating the effects of reducing measures on the flood conditions of the river Rhine.....</i>	175
<i>Liener Hegg, S., Kienholz, H., Weingartner, R. (Switzerland): Analysis of flood events in steep mountain torrent.....</i>	185
<i>Moramarco, T., Melone, F. (Italy): Accuracy of kinematic wave and diffusion wave for flood process in natural channels.....</i>	193
<i>Rico M., Benito, G. (Spain): Assessment of floods in a small mountain stream (Spanish Pyrenees)</i>	203
<i>Roslan, Z. A., Janmaizatulriah, J. (Malaysia): Assessment on rainfall erosivity with regard to the flood occurrence at the major river of peninsular Malaysia</i>	211
<i>Scherrer, S., Demuth, N., Meuser, A., (Switzerland): A procedure for the identification of dominant runoff processes by field investigations to delineate the relevant contributing areas for flood modelling.....</i>	219
<i>Schotterer, U., Stichler, W., Bürki, H., Kozel, R., Nyfeler, P., Stocker, T., Trimborn, P. (Switzerland): The influence of floods on the water balance of river basins by means of isotopes of the water molecule</i>	229
<i>Seibert, J. (Sweden): Does improved model calibration lead to more accurate flood estimation?</i>	237
<i>Skaugen, T., Astrup, M., Langsholt, E. G., Onof, Ch., Udnæs, H.-Ch. (Norway): Using simulated time series of rainfall and temperature for design and long term flood warnings</i>	247
<i>Susilo, G. E., Prayogo, T. B. (Canada): Flood discharge estimation using storage function method (case study: The Lesti River basin, Indonesia).....</i>	255
<i>Telvari, A., Saghafian, B., Sharifi, F. (Iran): The great 2001 flood in Golestan Province, Iran: causes and consequences.....</i>	263
<i>Thompson, C. S. (New Zealand): The high intensity rainfall design system: HIRDS</i>	273

Topic 3: Extreme Value Statistics	283
<i>Chbab, E.H., van Noortwijk, J. M., Kalk, H. J. (the Netherlands):</i> Bayesian estimation of extreme river discharge	285
<i>Le Clerc, S., Lang, M. (France):</i> Flood frequency analysis downstream confluences. Comparison between bivariate densities and experimental datas	295
<i>McKerchar, A. I. (New Zealand):</i> Shifts in flood frequency due to climate variability	305
<i>Merz, R., Blöschl, G. (Austria):</i> Estimating flood probabilities at the regional scale.....	315
<i>Painter, D. J. (New Zealand):</i> Seasonal flood probability for South Canterbury New Zealand Rivers	325
<i>Porhemmat, J., Sedghi, H. (Iran):</i> An estimate of probable maximum flood in large mountainous basins (a case of Karun basin in Iran)	335
<i>Senaratne, S., Cunnane, C. (Ireland):</i> Relative worth of the regression estimates of floods - comparison of the procedures	347
<i>Steinbrich, A., Uhlenbrook, St., Sancak, S. Leibundgut, Ch. (Germany):</i> Relevance of the seasonality of precipitation and floods	357
Topic 4: Modelling and Regionalisation of Floods	367
<i>Ashkar, F., El-Jabi, N. (Canada):</i> Regional flood data analysis using peaks over threshold.....	369
<i>Avdyli, B., Pano, N. (Albania):</i> Maximum floods and their regionalisation on the Albanian hydrographic network.....	379
<i>Boillat, J.-L., Dubois, J., Schleiss, A., Jordan, F. (Switzerland):</i> Flood modelling and prevention in the Rhone basin upstream of Lake Geneva.....	389
<i>Bürgi, T. (Switzerland):</i> Operational flood forecasting in mountainous areas - An interdisciplinary challenge	397
<i>Burlando, P., Kuntner, R. (Switzerland):</i> Parsimonious and spatially distributed modelling of runoff generation in mesoscale prealpine and alpine catchments.....	407
<i>Capkun, G., Davison, A. C., Musy, A. (Switzerland):</i> Joint modelling of mean and dispersion with application to a rainfall-runoff transfer model.....	419
<i>Castellarin, A., Brath, A. (Italy):</i> Descriptive capability of seasonality indicators for regional frequency analysis of flood and rainfall.....	429
<i>De Roo, A., Thielen, J., Gouweleeuw, B., Schmuck, G. (Italy):</i> Use of meso-scale weather forecasting for early flood warning on European scale.....	441
<i>Dubois, J., Boillat, J.-L., Schleiss, A. (Switzerland):</i> FAITOU: A physically based and spatially distributed numerical model for extreme flood simulations.....	451
<i>Eberle, M., Buiteveld, H., Beersma, J., Krahe, P., Wilke, K. (Germany):</i> Estimation of extreme floods in the River Rhine basin by combining precipitation-runoff modelling and a rainfall generator.....	459
<i>Faeh, A., Cavelti, B., Zarn, B., Müller-Lemans, H. (Switzerland):</i> The flood estimation puzzle	469
<i>Gerlinger, K., Demuth, N., Ludwig, K. (Germany):</i> Effects of grid resolution and precipitation interpolation on a mesoscale flood forecast model.....	479

<i>Hegg, Ch., Forster, F. (Switzerland):</i> A suggestion for the estimation of peak flood discharges in small torrential catchments	489
<i>Hingray, B., Niggli, M., Talamba, D., Musy, A. (Switzerland):</i> Regionalisation of annual floods - An adaptive method to errors and data uncertainties.....	499
<i>Jasper, K., Gurtz, J., Lang, H. (Switzerland):</i> Evaluation and intercomparison of atmospheric model driven flood runoff simulations in the Lago Maggiore Basin	507
<i>Job D., Humbel, M., Müller, D., Sagna, J. (Switzerland):</i> Flood estimation Buenz Valley, Switzerland. Practical use of rainfall-runoff models.....	519
<i>Kohnová, S., Szolgay, J. (Slovak Republic):</i> Practical applicability of regional methods for design flood computation in Slovakia	529
<i>Kouwen, N., Benoit, R. (Canada):</i> Regional forecasting of river flows using a high resolution numerical weather model coupled to a hydrological model.....	539
<i>Kron, W., Willems, W. (Germany):</i> Flood risk zoning and loss accumulation analysis for Germany	549
<i>Lamb, R., Calver, A., Kay, A. L. (United Kingdom):</i> A national system for flood frequency estimation in Great Britain using continuous catchment simulation: Confidence and uncertainties.....	559
<i>Lobanov, V. A., Lobanova, H. V. (Russia):</i> Methodology of time-space flood modelling in changing conditions	567
<i>Merz, B., Thielen, A., Blöschl, G.(Germany):</i> Uncertainty analysis for flood risk estimation	577
<i>Moretti, G., Montanari, A., Brath, A. (Italy):</i> On the use of simulation techniques for the estimation of peak river flows	587
<i>Neff, H.-P., Ihringer, J. (Germany):</i> Regionalisation model for flood events in Baden-Wuerttemberg based on a multiple linear regression model.....	601
<i>Niggli, M., Hingray, B., Musy, A. (Switzerland):</i> Regional estimation of model parameters - A case study in Western Europe	611
<i>Pearson, C. P. (New Zealand):</i> Regional flood estimation experiences in New Zealand.....	621
<i>Perrin, Ch., Michel, C. (France):</i> Robustness of two flood estimation methods with data availability.....	629
<i>Pertziger, F. Baumgartner, M., Kobilov, T., Schultz, A., Vasilina, L. (Uzbekistan):</i> Model of snow cover formation and methodics of long-term prediction of inflow into water reservoir during flood season.....	637
<i>Rodda, H. J. E., Berger, A. (United Kingdom):</i> The application of flood modelling and mapping for managing flood risk in the UK.....	645
<i>Schatzl, R. (Austria):</i> Correlation between basin characteristics and extreme flood values.....	651
<i>Schulz, W., Merkel, U., Bach, H., Appel, F., Ludwig, R., Löw, A., Mauser, W. (Germany):</i> INFERNO - Integration of remote sensing data in operational water balance and flood prediction modelling	659
<i>Schumann, A. H., Pfützner, B. (Germany):</i> Regionalized flood estimation at ungauged sites supported by GIS.....	669
<i>Shrestha, R. R., Theobald, St., Nestmann, F. (Germany):</i> Flood risk modelling of Babai River in Nepal	679

<i>Solín, L. (Slovak Republic):</i> Regional flood frequency analysis: Identification of physical regional types	687
<i>Stanescu, V. A. (Romania):</i> Outstanding floods in Europe: A regionalisation and comparison.....	697
<i>Stanescu, V. A. (Romania), Ungureanu, V. (Romania), Domokos, M. (Hungary):</i> Regionalisation of the peak discharge in the Danube Basin.....	707
<i>Telvari, A. L., Islami, A. (Iran):</i> Regional flood frequency in north basins of Iran	717
<i>Todini, E., Liu, Z., (Italy):</i> TOPKAPI: A physically based rainfall-runoff model.....	727
<i>Vogt, St., Forster, F., Hegg, Chr. (Switzerland):</i> Clark-WSL - A method for the estimation of flood hydrographs in small torrential catchments.....	739
<i>Zugaj, R. (Croatia):</i> Maximum annual discharges in overgrown Croatia Karst.....	749
 Poster Presentations	
All Topics	759
<i>Blazkova, S., Beven, K. (Czech Republic):</i> Estimating extreme floods using various likelihood measures within the GLUE uncertainty framework.....	761
<i>Deutsch, M., Spanknebel, G., Pörtge, K.-H. (Germany):</i> Flood measurement techniques in present and past	763
<i>Lobanova, H., Lobanov, V. (Russia):</i> Estimation of design floods in changing conditions	765
<i>Mengelkamp, H.-T., Backhaus, R., Ewertowski, R., Klein, M., Messal, H. Wozniak, Z. (Germany):</i> ODRAFLOOD - A flood forecasting system for the Odra drainage basin.....	769
<i>Naghetini, M., de Oliveira Cândido, M. (Brasil):</i> A knowledge-based expert system for selecting a probability distribution function for frequency analysis of hydrological annual maxima at a site	773
<i>Parida, B. P. (Botswana):</i> Effect of measurement error in flood estimation.....	775
<i>Ramirez, A. I., Aldama, A. A. (Mexico):</i> The joint return period of peak discharge and volume: a new base for flood estimation	779
<i>Rozhdestvensky, A. V., Lobanov, V. (Russia):</i> Monitoring of design floods as a basis of safety for hydraulic engineering structures	783
<i>Ruiz, A., González, X., Herms, I., Bastianelli, I. (Spain):</i> Flood risk mapping based on airborne laser scanner data: Case of the Llobregat River.....	785
<i>Schädel, W., Becker, R. (Germany):</i> Concept for the improvement of flood warning by distributed soil moisture measurements	787
<i>Weingartner, R., Hauser, F. (Switzerland):</i> Flood Estimation using the "Hydrological Atlas of Switzerland"	789
<i>Werner, M. (the Netherlands):</i> Flood inundation modelling: a comparison of approaches through predictive uncertainties and the value of spatial data.....	791
<i>Wiesmann, A., Wegmüller, U., Honikel, M. Strozzi, T. Werner, Ch. (Switzerland):</i> Flood mapping with satellite synthetic aperture radar.....	793

Publications of CHR	795
Information about CHR	799
International Commission for the Hydrology of the Rhine basin (CHR).....	799
Die Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR).....	800
La Commission internationale pour l'Hydrologie du bassin de Rhin (CHR).....	801

OVERVIEW

INTERNATIONAL CONFERENCE ON FLOOD ESTIMATION BERNE, 6 - 8 MARCH 2002

Rolf Weingartner¹, Manfred Spreafico², Simon Scherrer³, Andreas Schumann⁴

¹ Dept. of Geography, Hydrology Group, University of Berne, 3012 Berne, Switzerland, wein@giub.unibe.ch

² Federal Office for Water and Geology, 3012 Berne, Switzerland, manfred.spreafico@bwg.admin.ch

³ Scherrer AG, 4153 Reinach, Switzerland, scherrer@scherrer-hydrol.ch

⁴ Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik, 44780 Bochum, Germany andreas.schumann@ruhr-uni-bochum.de

Introduction

In March 2002, the (FOWG) and the Hydrology Group at the Geographical Institute of the University of Berne (GIUB), headed by Prof. M. Spreafico, Prof. R. Weingartner and Dr. H-P. Hodel, jointly organised an international scientific conference on flood estimation. The conference focused on new methods of estimating floods. Topics such as regionalisation and rainfall-runoff models, extreme value statistics and runoff generation were addressed. A half-day excursion around Lake Thun provided a "hands-on" hydrological view. The 280 specialists in hydrological research and practical application, representing some 40 different countries, were shown the GIUB's Spissibach (at Leissigen, Bernese Oberland) research area, as well as aspects of flood management during the Lake Thun flooding in 1999 and given a demonstration of various methods of measuring runoff.

The conference was intended to provide a link between research and practice, an aim which was concluded with an overview of methods for estimating floods in the countries along the River Rhine (project of the International Commission for Hydrology of the Rhine Basin) which wound up the meeting. An aid for estimating floods in practice, which will be made available jointly by the FOWG and the GIUB in autumn 2002 (Spreafico et al. 2002), was also presented.

The present paper provides an overview of the topics covered at the conference, individual papers being mentioned by way of example.

Measuring runoff in rivers and streams

Even today, it is possible to determine runoff in rivers and streams indirectly only using the rating curve. Two Swiss research teams demonstrated how a velocity profile can be drawn up applying photogrammetric methods. The latter are based on substances flowing in the water. Subsequently the runoff is determined with the help of models. These approaches are very promising, although they are still at the developmental stage. They offer an interesting alternative to measuring flow-rate using current meters, which is often difficult when the water-level is high.

In his opening speech the keynote speaker, Beat Sigrist, gave an overview of the problems of measuring flood discharge.

Regionalisation of flood discharge

Using transfer functions, flood discharge values from catchments with discharge gauges can be transferred to areas where no measurements are available (regionalisation). On the one hand, such methods are based on topographical parameters of the catchments (area, altitude, topography) and on the other, they take into account more specific data on precipitation, soil, vegetation, geology, river network density etc. For all these approaches the flood discharge figures obtained show a considerable range of variation which makes it difficult to apply these methods in practice. For this reason a number

of speakers suggested using several methods simultaneously and assessing the flood discharge through a hydrological evaluation of the results.

Geographical information systems (GIS) are often used for analysing the information obtained and for developing new regionalisation approaches.

A research team from Germany highlighted aspects of spatial heterogeneity of runoff generation which can only partly be explained by the heterogeneity of the basin characteristics. For example the spatial variation in heavy summer rainfall and the variation in runoff processes from event to event have a strong influence on runoff generation and thus make regionalisation more difficult.

Flood estimation using rainfall-runoff models

A number of the papers given dealt with calculating flood discharge with the help of rainfall-runoff models (RRMs). Applications of RRM of varying complexity (from the black box to physically based models) on different scales were described, and slightly modified older models were revived. The parameters for the large number of so-called physically based models are taken from easily accessible sources such as topography, land-use and soil data. The normally good correlation between measured and calculated discharge rates, in particular in cases of "normal" floods, may have given the general public the impression that, with the help of a large selection of model approaches, hydrologists have already found the answers to all possible questions concerning flood estimation.

However, various authors raised the problem of precipitation when a model is used, for example. Inadequate spatial and temporal resolution of the available precipitation data, for instance, has a major influence on the model calibration and thus on its application in the field of flood estimation (extrapolation). At the same time devising realistic precipitation scenarios for model calculations is hindered by both the limited availability and quality of precipitation measurements (temporal resolution, duration of measurements) as well as limited knowledge with regard to extreme events. In various applications, extrapolating models for extreme volumes and/or extreme levels of intensity of rainfall may well be far more complicated than supposed, owing to the non-linear hydrological system.

In addition, one speaker from Sweden questioned the common method of model calibration and extrapolation and suggested how calibration and thus the results of RRM could be improved by including additional data (for example on ground-water).

From the papers given it could be concluded that models are a suitable means of investigating the influence of infrequent heavy rainfall on the discharge reaction of catchments. It was also shown, however, that, even when models include the processes which occur during floods, the interpretation of the results depends on various factors. For this reason RRM only partially represent an alternative to statistical extrapolation of short runoff measurement series, which is often unreliable, or regionalisation.

Runoff generation processes and the formation of floods

A large number of field studies were presented which provided an insight into the generation of runoff in well equipped measurement plots or in extremely small and quite small catchments ranging from a few hectares to some km² in size. During process studies field instruments, tracers or mapping was used to identify water flow in the field.

One approach showed how dominant runoff processes could be identified on the plot-scale with a large number of sprinkling experiments and model calculations. The processes observed could not be explained using ordinary parameters such as soil physics data, however. Through the results of this research a procedure was devised by which dominant runoff processes can be identified at certain locations using key points in the soil. This specific information was up-scaled on slopes and finally for the whole catchment using theories from hillslope hydrology. In this way areas that contribute to runoff to a varying degree were ascertained. This serves as "physically based" input for RRM.

The papers concerning runoff processes revealed a variety of ways in which major floods develop and the great number of processes involved to form a flood in a catchment. In effect, the ideal RRM should take into account all these processes.

A research team from Austria, which had obtained spatially differentiated information on runoff generation from sprinkling experiments, presented an interesting link between research and practice. The results of this basic research are applied with the aim of introducing physical properties into flood estimations.

Floods in different parts of the world

Case studies of major floods in different parts of the world were presented.

Analysing historical floods in Europe, a meteorologist discussed the relevant weather conditions which lead to widespread flooding such as that of the River Oder in Central Europe.

Another paper dealt with the development and consequences of extreme floods in north-eastern Iran. Here heavy rainfall which lasted only a few hours but amounted to around 200 mm led to extreme floods in the Golestan area, with major damage to infrastructure (homes, flood prevention installations and farmland). Over one million people were affected and 200 people lost their lives in this tragic event, flood warnings not having reached them in time. This example reveals the consequences of a lack of both a flood warning system and suitable flood estimation tools. In addition, the shortage of data also makes it difficult to analyse and classify such extreme events statistically.

Flood estimation in the Rhine basin

To conclude the conference an overview was presented of flood estimation procedures which are applied in the countries along the River Rhine. This overview is also available as a report by the International Commission for Hydrology of the Rhine Basin (Barben et al. 2002). Depending on the basic data (availability, duration and quality of measurements) different methods are used to calculate discharge for a specific return period. In all the countries concerned, simple methods, which are not very time-consuming, are widely used in practice for areas where no runoff measurements are available. However, the range of variation in the estimations using these methods (some of which are extremely old) is considerable. Efforts are being made at present, especially in Switzerland, to optimise these methods; for this purpose the regional differentiation of the errors for each model was investigated. It is planned to make such knowledge available to a broad range of interested people as a part of a guideline for practical application. This guideline has been created as a joint project involving researchers and specialists confronted with flood estimates in every day's work (Spreafico et al. 2002).

Outlook

This conference in Berne indicated that *the optimum* method for estimating floods has not (yet) been devised. As part of his conclusions Andreas Schumann discussed unanswered questions and unsolved problems relating to flood estimation. The key points are summarised below:

- flood estimation at ungauged sites remains problematic
- extrapolation from gauged to ungauged sites is not reliable
- stationarity of measurements series and of statistical results in a changing world is not ensured
- uncertainty and confidence intervals are often not taken into account (risk management)

The following requirements can therefore be formulated:

- to bridge the gap between statistical analyses and deterministic approaches
- to develop and adopt more comprehensive approaches (including flood peaks, volume etc.)
- to devise methods for estimating floods which have a very low exceedance probability (e.g. 1000 years)

The researchers who were present should treat these conclusions as a pointer and a challenge for their future work.

References

Barben, M., Hodel, H.-P., Kleeberg, H.-B., Spreafico, M., Weingartner, R. (2002): Übersicht über Verfahren zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen – Erfahrungen aus den Rhein-anliegerstaaten. KHR-Report no I-19.

Spreafico, M., Weingartner, R., Barben, M., Ryser, A. (2002): Praxishilfe – Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Berichte des BWG - Serie Wasser, Bern.

INTERNATIONALE KONFERENZ ZUM THEMA HOCHWASSERABSCHÄTZUNG BERN, 6. - 8. MÄRZ 2002 – ÜBERSICHT

Rolf Weingartner¹, Manfred Spreafico², Simon Scherrer³, Andreas Schumann⁴

¹ Geographisches Institut, Gruppe für Hydrologie, Universität Bern, 3012 Bern, Schweiz, wein@giub.unibe.ch

² Bundesamt für Wasser und Geologie, 3012 Bern, Schweiz, manfred.spreafico@bwg.admin.ch

³ Scherrer AG, 4153 Reinach, Schweiz, scherrer@scherrer-hydrol.ch

⁴ Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik, 44780 Bochum, Deutschland andreas.schumann@ruhr-uni-bochum.de

Einleitung

Als Organisationsteam führte das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) zusammen mit der Gruppe für Hydrologie des Geographischen Instituts der Universität Bern (GIUB) unter der Leitung von Prof. Dr. M. Spreafico, PD Dr. R. Weingartner und Dr. HP. Hodel eine wissenschaftliche Tagung zum Themenbereich Hochwasserabschätzung durch. Schwerpunkte bildeten

- neue Techniken zur Messung von Abflüssen,
- Extremwertstatistik,
- Regionalisierung,
- Niederschlag-Abfluss-Modellierung sowie
- Prozessuntersuchungen zur Entstehung extremer Hochwasser.

Anlässlich einer halbtägigen Exkursion rund um den Thunersee wurde die Hydrologie „handfest“. Den aus vierzig Ländern angereisten rund 280 Fachleuten aus Forschung und Praxis wurden unter anderem Einblicke in das Forschungsgebiet „Spissibach“ (Leissigen, Berner Oberland) des GIUB gegeben und Aspekte des Hochwassermanagements beim Thunersee-Höchststand von Mai 1999 gezeigt; eine Demonstration verschiedener Methoden der Abflussmessung gehörte ebenso zum Exkursionsprogramm wie eine Darstellung der Geographie und Geologie des Berner Oberlandes.

Die Tagung verstand sich als Brückenschlag zwischen Forschung und Praxis. Diese Idee wurde mit einer Übersicht über Methoden zur Hochwasserabschätzung in den Rhein-Anliegerstaaten (Projekt der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, KHR) am Ende der Tagung abgerundet. Ebenfalls vorgestellt wurde eine in der Schweiz realisierte Arbeitshilfe zur Hochwasserabschätzung in der Praxis, welche von BWG und GIUB gemeinsam herausgegeben wird (Spreafico et al. 2002).

Der vorliegende Aufsatz vermittelt einen Überblick über die anlässlich der Konferenz behandelten Themenbereiche, wobei einzelne Vorträge exemplarisch hervorgehoben werden.

Abflussbestimmung an Fliessgewässern

Da der Abfluss in Bächen und Flüssen nach wie vor nur indirekt über eine Wasserstand-Abfluss-Beziehung ermittelt werden kann, stellten zwei Forschungsteams aus der Schweiz Ansätze vor, wie anhand photogrammetrischer Auswertungen von im Wasser treibenden Stoffen ein Geschwindigkeitsprofil ermittelt und mit Hilfe von Modellen der tatsächliche Abfluss im Gewässer hergeleitet werden kann. Beide Teilschritte sind vielversprechend, stehen aber noch in der Entwicklungsphase. Sie stellen eine interessante Alternative zu den bei Hochwasser oft schwierigen Geschwindigkeitsmessungen mit dem Messflügel dar.

Einen allgemeinen Überblick über Probleme bei der Abflussbestimmung im Hochwasserbereich vermittelte der „Keynote speaker“, Beat Sigrist, in seinem Eröffnungsvortrag.

Regionalisierung von Hochwasserabflüssen

Durch sogenannte regionale Übertragungsfunktionen werden Hochwasserabflüsse aus Einzugsgebieten mit Abflussmessungen in Gebiete ohne Messungen übertragen (Regionalisierung). Solche Verfahren stützen sich einerseits auf topographische Parameter der Einzugsgebiete (Fläche, Höhe, Form) und berücksichtigen andererseits oftmals auch spezifische Angaben über Niederschläge, Böden, Waldanteil, Geologie, Gerinnelänge etc. Diese Ansätze weisen bei den ermittelten Hochwasser-

abflüssen aber meistens einen grossen Streubereich auf, der ihre Anwendung in der Praxis erschwert. Deshalb wurde von einzelnen Referenten vorgeschlagen, mehrere Verfahren parallel einzusetzen und über eine hydrologische Bewertung der Ergebnisse zu einer Eingrenzung des Hochwasserabflusses zu gelangen.

Geographische Informationssysteme (GIS) werden oft als Werkzeug der Informationsanalyse und zur Entwicklung neuer Regionalisierungsansätze eingesetzt. Ein Forschungsteam aus Deutschland wies auf Aspekte der räumlichen Heterogenität der Hochwasserentstehung hin, die nur zum Teil durch die mit GIS erfassbaren Gebietseigenschaften erklärt werden kann. Gerade bei grossen Hochwasserereignissen übt die räumliche Variabilität sommerlicher Starkniederschläge und die Variabilität der Abflussprozesse von Ereignis zu Ereignis einen starken Einfluss auf die Abflussbildung aus und erschwert damit die Regionalisierung.

Hochwasserabschätzung mit Niederschlag-Abfluss-Modellen

Eine Mehrzahl der Vorträge war der Berechnung von Hochwasserabflüssen mit Hilfe von Niederschlag-Abfluss-Modellen gewidmet. Anwendungen unterschiedlich komplexer Modelle (black-box bis physikalisch basierte Modelle) in verschiedenen Skalenbereichen wurden vorgestellt; aber auch ältere Modelle in leicht veränderter Aufmachung gaben ein Comeback. Die Vielzahl der sog. Physikalisch basierten Modelle bezieht ihre Parameter aus leicht verfügbaren (digitalen) Quellen zur Topographie, zur Landnutzung und zum Boden. Die meist gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Abflüssen – vor allem im Bereich „normaler“ Hochwasser - könnte beim Publikum das Gefühl geweckt haben, die Hydrologie hätte mit Hilfe unterschiedlichster Modellansätze bereits sämtliche Fragen der Hochwasserabschätzung gelöst.

Verschiedene Autoren wiesen aber auch auf Probleme beim Einsatz von Niederschlag-Abfluss-Modellen hin, die sich beispielsweise aus dem Niederschlagsinput ergeben. So beeinflusst eine ungenügende räumliche und zeitliche Auflösung der verfügbaren Niederschlagsdaten die Eichung als auch die Anwendung (Extrapolation) der Modelle wesentlich. Aber auch die Erstellung von realistischen Niederschlagsszenarien für die Modellrechnungen ist sowohl durch die begrenzte Verfügbarkeit und Qualität der Niederschlagsmessungen (zeitliche Auflösung, Messdauer) als auch durch das ungenügende Wissen über Extremereignisse eingeschränkt.

Die Extrapolation von Modellen in den Bereich extremer Niederschlagsbelastungen dürfte infolge der Nichtlinearität der hydrologischen Prozesse weitaus komplizierter sein als dies in verschiedenen Anwendungen postuliert wurde.

Ein Vortragender aus Schweden hinterfragte zudem das übliche Vorgehen „Modelleichung – Extrapolation“ und unterbreitete Vorschläge, wie die Eichung und damit die Resultate von Niederschlag-Abfluss-Modellen mit zusätzlichen Daten (beispielsweise Grundwasserdaten) verbessert werden könnten.

Den Vorträgen war zu entnehmen, dass Modelle grundsätzlich ein geeignetes Mittel sind, um die Wirkung von seltenen Starkregenereignissen auf die Abflussreaktion von Einzugsgebieten zu untersuchen. Es wurde aber auch gezeigt, dass die Aussagekraft von Modellen – selbst wenn diese die bei Hochwasser ablaufenden Prozesse erfassen – von verschiedenen Faktoren abhängt. Daher sind Niederschlag-Abfluss-Modelle nur bedingt eine Alternative zu den - oftmals unsicheren - statistischen Extrapolationen kurzer Abflussmessreihen oder zu den Regionalisierungsansätzen.

Abflussbildungsprozesse und Hochwasserentstehung

Im Rahmen der Tagung wurde auch eine grössere Anzahl von Untersuchungen im Gelände vorgestellt, die einen Einblick in die Abflussbildungsprozesse auf gut instrumentierten Messparzellen oder in Kleinst- und Kleineinzugsgebieten (Fläche: wenige ha bis einige km²) vermittelten. Bei diesen Prozessuntersuchungen wurden die Wasserflüsse im Gelände beispielsweise mittels geeigneter Messgeräte, durch den Einsatz von Tracern oder über Kartierungen bestimmt.

In einem Vortrag wurde dargelegt, wie die dominanten Abflussprozesse auf der Grundlage einer Vielzahl von Beregnungsversuchen und Modellrechnungen identifiziert werden können. Dabei zeigte es sich, dass sich die in den Testparzellen beobachteten Prozesse mit gängigen Parametern aus der Bodenphysik nicht erklären lassen. Deshalb wurde eine Vorgehensweise gewählt, welche die standort-bezogene Identifikation der dominanten Abflussprozesse anhand von Schlüsselstellen im Boden erlaubt. Das „Up-Scaling“ dieser Punktinformation auf Hänge und schliesslich auf ganze Einzugsgebiete erfolgte anhand von Überlegungen aus der sog. „Hillslope Hydrology“. Auf diesem Weg können

unterschiedlich stark zum Abfluss beitragende Flächen bestimmt werden, die dann als „physikalisch-basierter“ Input bei Niederschlag-Abfluss-Modellen berücksichtigt werden.

Die Präsentationen zum Themenbereich „Abflussprozesse“ deckten auf, dass die Entstehungsweise grosser Hochwasser sehr vielfältig ist und dass bei einem Hochwasserereignis eine Vielzahl von Prozessen abläuft. Eigentlich müsste das „ideale“ Niederschlag-Abfluss-Modell alle diese Prozesse berücksichtigen.

Einen interessanten Brückenschlag zwischen Forschung und Praxis präsentierte eine Forschungsgruppe aus Österreich, die ebenfalls mit Hilfe von Berechnungen versuchte, räumlich differenzierte Erkenntnisse über den abfliessenden Teil des Niederschlags bei Starkregen zu gewinnen. Die Ergebnisse dieser Grundlagenforschung wurden praxispflichtig mit dem Ziel umgesetzt, die Hochwasserabschätzung auf physikalisch fundierte Annahmen zu stützen.

Hochwasserereignisse aus aller Welt

Fallstudien zu grossen Hochwasserereignissen in verschiedenen Regionen der Erde wurden vorgestellt.

Mit der Analyse vergangener Hochwasser in Europa diskutierte ein Meteorologe massgebende Wetterlagen, die imstande sind, grossräumige Hochwasser, wie beispielsweise das der Oder in Zentraleuropa, hervorzurufen.

Die Entstehung und Folgen eines extremen Hochwassers im Nordosten Irans wurden in einem anderen Vortrag dargestellt: Ein wenige Stunden dauernder Starkregen von ca. 200 mm löste im Gebiet Golestan ein verheerendes Hochwasser mit gewaltigen Schäden an der Infrastruktur (Siedlungen, Hochwasserschutzbauten und Landwirtschaftsflächen) aus. Über eine Million Personen waren betroffen, und 200 Menschen verloren bei diesem tragischen Ereignis ihr Leben, nachdem die Hochwasserwarnung sie nicht mehr rechtzeitig erreicht hatte. Dieses Beispiel zeigt mit aller Deutlichkeit die Folgen von versagenden Hochwasserwarnungen, die Konsequenzen des Fehlens geeigneter Hochwasserabschätzverfahren sowie die Schwierigkeit, solche Extreme - bei dürftiger Datenlage - statistisch einzuordnen.

Hochwasserabschätzung in den Rhein-Anliegerstaaten

Zum Abschluss der dreitägigen Veranstaltung wurde eine Übersicht über Hochwasserabschätzverfahren gegeben, die in den Rhein-Anliegerstaaten zum Einsatz gelangen. Diese mit Unterstützung der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR) erarbeitete Übersicht liegt auch in Berichtsform vor (Barben et al. 2002). Sie zeigt, dass im Rheineinzugsgebiet - in Abhängigkeit der Datenlage (Verfügbarkeit, Dauer und Qualität von Messungen) - unterschiedliche Verfahren eingesetzt werden, um Abflüsse einer bestimmten Jährlichkeit herzuleiten. In allen Ländern sind einfache Verfahren für Gebiete ohne Abflussmessungen in der Praxis weit verbreitet; sie erlauben es, ohne grossen Aufwand eine Hochwasserabschätzung vorzunehmen. Der Streubereich der Abschätzungen dieser z.T. recht alten Verfahren ist allerdings erheblich. Bemühungen vor allem in der Schweiz gehen nun dahin, den Einsatz dieser Verfahren zu optimieren, indem z.B. regional differenzierte Genauigkeitsüberlegungen durchgeführt wurden. Es ist geplant, solche Erkenntnisse im Rahmen einer „Arbeitshilfe für die Praxis“ – ein Gemeinschaftswerk von Forschung und Praxis – einem breiten Kreis von Interessenten zugänglich zu machen (Spreafico et al. 2002).

Ausblick

Die Tagung in Bern machte deutlich, dass *das* optimale Verfahren zur Hochwasserabschätzung (noch) nicht existiert. Im Rahmen eines abschliessenden Vortrags diskutierte Andreas Schumann offene Fragen und Probleme im Bereich der Hochwasserabschätzung. Die wichtigsten Punkte seien hier stichwortartig zusammengefasst:

- Die Hochwasserabschätzung an Stellen ohne Direktmessungen des Abflusses ist nach wie vor problematisch;
- die Übertragung von gemessenen auf ungemessene Einzugsgebiete ist nicht zuverlässig;
- die Stationarität der Hochwasserreihen und der daraus abgeleiteten statistischen Ergebnisse ist - in einer sich wandelnden Welt - nicht a-priori gewährleistet;
- Ungenauigkeiten der Abschätzungen und Konfidenzintervalle werden in der praktischen Anwendung oftmals nicht mitberücksichtigt (Risiko-Management).

Demzufolge können die folgenden Herausforderungen an die Hochwasserhydrologie formuliert werden:

- Überbrückung der Kluft zwischen statistischen Analysen und deterministischen Ansätzen;
- Entwicklung und Anwendung umfassender Ansätze, welche sowohl Hochwasserspitzen als auch Volumina und andere Hochwasserparameter mitberücksichtigen;
- Entwicklung von Methoden, die eine Abschätzung von Hochwasserabflüssen mit sehr kleinen Wahrscheinlichkeiten (z.B. 1000 Jahre) erlauben.

Diese von Schumann diskutierten Punkte dürften von den anwesenden Forscherinnen und Forschern als Fingerzeig und eine Art „Auftrag“ wahrgenommen worden sein.

Literatur

Barben, M., Hodel, H.-P., Kleeberg, H.-B., Spreafico, M., Weingartner, R. (2002): Übersicht über Verfahren zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen – Erfahrungen aus den Rheinanliegerstaaten. KHR-Report no I-19.

Spreafico, M., Weingartner, R., Barben, M., Ryser, A. (2002): Praxishilfe – Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Berichte des BWG - Serie Wasser, Bern.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR L'ESTIMATION DES CRUES BERNE, DU 6 AU 8 MARS 2002: RÉSUMÉ

Rolf Weingartner¹, Manfred Spreafico², Simon Scherrer³, Andreas Schumann⁴

¹ Institut de géographie, Groupe Hydrologie, Université de Berne, CH-3012 Berne, Suisse, wein@giub.unibe.ch

² Office fédéral des eaux et de la géologie, CH-3012 Berne, Suisse, manfred.spreafico@bwg.admin.ch

³ Scherrer AG, CH-4153 Reinach, Suisse, scherrer@scherrer-hydrol.ch

⁴ Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik, D-44780 Bochum, Allemagne, andreas.schumann@ruhr-uni-bochum.de

Introduction

En mars 2002, l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) et le Groupe Hydrologie de l'Institut de géographie de l'Université de Berne (GIUB) ont organisé sous la direction de M. Spreafico (Prof. Dr), R. Weingartner (PD Dr) et H.P. Hodel (Dr) une conférence scientifique sur l'estimation des crues. L'accent a été mis sur les points suivants:

- les nouvelles techniques de mesure des débits,
- la statistique des valeurs extrêmes,
- la régionalisation,
- la modélisation précipitations-écoulement ainsi que
- les mécanismes de formation des crues extrêmes.

Une excursion d'une demi-journée autour du lac de Thoune a fourni une perception hydrologique in situ. Les quelque 280 spécialistes issus de la recherche et de la pratique, représentant une quarantaine de pays, ont assisté entre autres à une présentation du bassin de recherche «Spissibach» (Leissigen, Oberland bernois) du GIUB. La manière dont les crues ont été gérées en mai 1999 lorsque le lac de Thoune a atteint son niveau maximal a ensuite été abordée. Une démonstration des différentes méthodes utilisées pour mesurer l'écoulement figurait également au programme de cette excursion, de même qu'une présentation de la géographie et de la géologie de l'Oberland bernois.

Cette conférence, dont le but était de jeter des ponts entre la recherche et la pratique, s'est terminée par un aperçu des méthodes utilisées pour estimer les crues dans les Etats riverains du Rhin (un projet de la Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin). Un outil conçu en Suisse pour estimer les crues dans la pratique a également été présenté. Il est publié conjointement par l'OFEG et le GIUB (Spreafico et al. 2002).

Ce document donne un aperçu des thèmes traités lors de la conférence en présentant certains exposés à titre d'exemple.

Mesure de l'écoulement dans les cours d'eau

Aujourd'hui, on ne peut toujours pas déterminer directement l'écoulement dans les rivières et les ruisseaux; comme cela ne peut se faire qu'indirectement par le biais de la courbe de tarage, deux équipes suisses de chercheurs ont montré comment on pouvait établir un profil de la vitesse d'écoulement au moyen d'analyses photogrammétriques des particules en suspension dans l'eau. Des modèles permettent ensuite de dériver l'écoulement réel dans le cours d'eau. Ces deux étapes sont très prometteuses, bien qu'elles soient encore en phase de développement. Elles constituent une alternative intéressante aux moulinets hydrométriques, dont l'utilisation pour mesurer les vitesses s'avère souvent problématique en cas de crues.

Dans son discours d'ouverture, le «Keynote Speaker» Beat Sigrist a présenté un résumé des problèmes liés à la mesure des débits de crue.

Régionalisation des débits de crue

Les «fonctions régionales de transfert» permettent de transférer les valeurs des débits de crue des bassins versants ayant des stations de jaugeage aux bassins où aucune mesure n'est disponible (régionalisation). Ces méthodes s'appuient d'une part sur les paramètres topographiques des bassins

versants (superficie, altitude, relief), mais d'autre part elles tiennent souvent compte de données spécifiques sur les précipitations, le sol, la végétation, la géologie, la longueur du chenal, etc. Cependant, les débits de crue calculés ainsi présentent généralement une fourchette de dispersion considérable, ce qui rend difficile leur utilisation dans la pratique. Pour cette raison, certains conférenciers ont proposé d'utiliser plusieurs méthodes simultanément et de déterminer le débit de crue à l'aide d'une évaluation hydrologique des résultats.

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont souvent utilisés pour analyser les données recueillies et pour développer de nouvelles approches de régionalisation. Une équipe de chercheurs venus d'Allemagne a relevé des aspects de l'hétérogénéité spatiale de la formation des crues, qui ne peut être expliquée que partiellement par les caractéristiques du bassin saisies avec les SIG. C'est justement lors d'événements de crue importants que la variabilité spatiale des fortes précipitations estivales et la variabilité des processus d'écoulement d'un cas à l'autre influencent fortement la formation de l'écoulement, ce qui rend la régionalisation plus difficile.

Estimation des crues à l'aide des modèles précipitations-écoulement

La plupart des exposés ont été consacrés au calcul des débits de crue à l'aide des modèles précipitations-écoulement (MPE). Les applications de MPE plus ou moins complexes (allant du modèle de type «boîte noire» à des modèles physiques) à différentes échelles ont été décrites et d'anciens modèles légèrement modifiés ont été repris. Les paramètres utilisés par les nombreux modèles dits physiques sont issus de sources facilement accessibles (numérisées) relatives à la topographie, à l'affectation des sols et à la pédologie. La corrélation généralement bonne entre les débits mesurés et les débits calculés, en particulier dans le cas de crues «normales», a pu donner l'impression au public que, grâce à une vaste sélection de modèles, les hydrologues avaient déjà trouvé toutes les solutions aux problèmes liés à l'estimation des crues.

Cependant, plusieurs auteurs ont relevé certains problèmes qui se posent lorsqu'on utilise les MPE, problèmes qui découlent par exemple de l'input des précipitations. Ainsi, une résolution spatiale et temporelle insuffisante des données pluviométriques disponibles influence considérablement le calibrage, mais aussi l'utilisation des modèles (extrapolation). De plus, le développement de scénarios de précipitations réalistes pour la modélisation est entravé non seulement par la disponibilité et la qualité limitées des mesures pluviométriques (résolution temporelle, durée des mesures), mais aussi par les connaissances insuffisantes en matière d'événements extrêmes.

Comme les processus hydrologiques ne sont pas linéaires, l'extrapolation des modèles dans le domaine des pluies extrêmes pourrait être bien plus compliquée que ce que différentes approches ont postulé.

En outre, un conférencier venu de Suède a remis en question la méthode traditionnelle «calibrage du modèle – extrapolation»; il a proposé des moyens pour améliorer le calibrage et par conséquent les résultats des MPE en incluant des données supplémentaires (concernant par exemple l'eau souterraine).

Il ressort de ces exposés que les modèles sont en principe des outils appropriés pour étudier l'influence de précipitations intenses rares sur l'écoulement des bassins versants, mais que leur force d'expression dépend de divers facteurs, même lorsqu'ils prennent en compte les processus qui entrent en jeu lors d'une crue. Les MPE ne représentent donc qu'une alternative limitée aux extrapolations statistiques (souvent peu fiables) de courtes séries de mesures ou à la régionalisation.

Processus de formation de l'écoulement et genèse des crues

De nombreuses études de terrain ont également été présentées dans le cadre de la conférence. Elles ont donné un aperçu des processus de formation de l'écoulement sur des parcelles de mesure bien instrumentées ou dans de petits bassins versants (de quelques hectares à plusieurs km²). Des instruments de mesure appropriés, l'utilisation de traceurs ou le recours à la cartographie ont permis de déterminer les débits sur le terrain.

Un exposé a montré comment on pouvait identifier les processus d'écoulement dominants en se basant sur de nombreux essais d'arrosage et sur les calculs des modèles. Il s'est avéré qu'on ne pouvait pas expliquer les processus observés sur les parcelles-tests en se servant des paramètres courants tirés de la physique du sol. On a donc choisi une procédure permettant l'identification sur le site des processus d'écoulement dominants au moyen de «points témoins» dans le sol. Avec l'appui des théories de l'«Hillslope Hydrology», cette information ponctuelle a ensuite été reportée à l'échelle des versants puis finalement des bassins versants entiers («Up-Scaling»). Cette méthode permet de définir des surfaces

contribuant plus ou moins fortement à l'écoulement, que les MPE peuvent ensuite considérer comme input «physique».

Les exposés relatifs aux processus d'écoulement ont révélé que les fortes crues pouvaient se former de manière très diverse et que de nombreux processus entraînent en jeu lors d'un événement de crue. Le MPE idéal devrait donc prendre en compte l'ensemble de ces processus.

Une équipe de recherche autrichienne a présenté un lien intéressant entre la recherche et la pratique; au moyen d'arrosages, elle a tenté d'obtenir des résultats différenciés spatialement sur la part des précipitations qui s'écoule lors de fortes pluies. Les résultats de cette recherche fondamentale ont été transposés à la pratique, dans le but de pouvoir baser l'estimation des crues sur des hypothèses physiquement valables.

Evénements de crue dans différentes parties du monde

Des études de cas de fortes crues dans différentes parties du monde ont été présentées.

Lors de son analyse des crues historiques en Europe, un météorologue a commenté les situations météorologiques déterminantes capables de provoquer des crues à grande échelle, comme celle de la rivière Oder en Europe centrale.

Un autre exposé a parlé du développement et des conséquences d'une crue extrême dans le nord-est de l'Iran: de fortes pluies qui ont duré quelques heures seulement et atteint 200 mm ont provoqué une crue catastrophique dans la région du Golestan, causant d'importants dégâts à l'infrastructure (habitations, ouvrages de protection contre les crues et terres cultivées). Plus d'un million de personnes ont été touchées par cet événement tragique et 200 personnes qui n'avaient pu être alertées à temps y ont perdu la vie. Cet exemple montre bien les conséquences d'une défaillance des systèmes d'alerte et celles d'un manque en méthodes permettant d'estimer les crues. En outre, on voit que le manque de données rend difficile l'analyse et la classification statistiques de telles crues extrêmes.

Estimation des crues dans les Etats riverains du Rhin

La conférence s'est terminée par la présentation d'un résumé des méthodes utilisées dans les Etats riverains du Rhin pour estimer les crues. Ce résumé, élaboré avec le soutien de la Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin, est également disponible sous la forme d'un rapport (Barben et al. 2002). Il montre que, selon les données de base (disponibilité, durée et qualité des mesures), on recourt à différentes méthodes pour calculer les débits d'une période de récurrence spécifique. Dans chaque pays, des méthodes simples sont largement répandues dans la pratique pour les bassins où l'écoulement n'est pas mesuré; elles permettent de procéder à une estimation des crues sans perdre trop de temps. Cependant, les estimations basées sur ces méthodes (dont certaines sont très anciennes) peuvent varier considérablement. Actuellement, surtout en Suisse, on s'efforce d'optimiser l'emploi de ces méthodes, par exemple en examinant l'exactitude des résultats au niveau régional. Il est prévu de mettre ces résultats à la disposition des nombreuses personnes intéressées dans le cadre d'une «Directive pour la pratique», un projet commun de la recherche et de la pratique (Spreafico et al. 2002).

Perspectives

Cette conférence organisée à Berne a montré que *la* méthode optimale pour l'estimation des crues n'existait pas (encore). Dans ses conclusions, Andreas Schumann a abordé quelques questions restées sans réponse et problèmes non résolus dans le domaine de l'estimation des crues. Les principaux points sont résumés ci-dessous sous la forme de mots-clefs:

- l'estimation des crues dans les bassins où l'écoulement n'est pas mesuré directement reste problématique,
- l'extrapolation des bassins versants jaugés aux bassins versants non jaugés n'est pas fiable,
- la stationnarité des séries de mesures et des résultats statistiques qui en résultent n'est pas garantie a priori dans un monde en perpétuel mouvement,
- les imprécisions des estimations et les intervalles de confiance ne sont souvent pas pris en compte dans la pratique.

L'hydrologie spécialisée dans les crues va donc devoir relever les défis suivants:

- combler le fossé entre les analyses statistiques et les approches déterministes,
- développer et adopter des approches plus globales qui tiennent autant compte des débits de pointe que des volumes des crues et autres paramètres,
- développer des méthodes permettant d'estimer les débits de crue ayant une très faible probabilité (par exemple 1000 ans).

Les chercheurs et chercheuses qui ont assisté à cette conférence devraient utiliser ces conclusions comme des indices et les considérer comme un «mandat» à remplir dans leurs travaux futurs.

Références

Barben, M., Hodel, H.-P., Kleeberg, H.-B., Spreafico, M., Weingartner, R. (2002): Übersicht über Verfahren zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen – Erfahrungen aus den Rheinanliegerstaaten. Rapport de la CHR n° I-19.

Spreafico, M., Weingartner, R., Barben, M., Ryser, A. (2002): Praxishilfe – Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Rapport de l'OFEG – Série Eaux, Berne