



Potsdam Institute
for Climate Impact Research

Mini-Conference on
New Developments in Trend- and
Extreme Value Analysis of
Hydrometeorological Time Series

*Workshop Venue: Potsdam, Germany, Albert Einstein
Science Park, Potsdam Institute for Climate Impact Re-
search, Building H, Lecture Hall, December 12.-13., 2005*

SPONSORED BY THE



Federal Ministry
of Education
and Research



Projektträger des BMBF und BMWA
Forschungszentrum Jülich GmbH

Background: A thorough understanding of the water cycle, and in particular flood and drought occurrences, is a pressing need facing climate change, especially in highly populated areas. The German Ministry for Science and Education has funded a three year project dealing with the scaling behaviour, correlations and other statistical properties of hydrometeorological time series, which will be finished soon and its results will be presented to a wider audience during this workshop. Since also the IPCC (2002) stated that current methods for time series data analysis are insufficient a review of current approaches and their suitability shall be initiated by this workshop.

Topics: In the following fields research results will be presented:

- Scaling behaviour of hydrometeorological data
- Trend estimation in the presence of correlations
- Extreme value statistics and applications
- Stochastic modelling
- Filtering and signal extraction in long-term hydrology
- Multivariate methods and regionalization of long-term and extreme behaviour

All contributions will be oral (**german or english**), and we will provide ample time for discussions.

Target Groups: The workshop is recommended for:

- Scientists and engineers in all fields of the hydrological sciences.
- Government officials with environmental responsibilities.
- All other persons with an interest in water-related issues.

The Workshop Aims:

- to present new statistical techniques and associated results for hydrology.
- to bring together researchers and practitioners interested in new developments in hydrology
- to stimulate discussions about current data analysis knowledge and its impact on flood risk assessment.
- to promote the integration of new methods in the daily practice of water management authorities.

The deadline for contributions to the proceedings (Springer) is **March 31st, 2006**. The length of your contribution is restricted to approx. 6 000 words. All contributions will be peer-reviewed. Since the book will be typesetted in LaTeX2 ϵ we prefer manuscripts, which are prepared in LaTeX. Color images are possible, but should be reduced to a minimum.



Schedule

Monday, 12. December 2005, Morning Session

09:30 - 11:00	Registration (Building H)	
10:00	‘Opening Session’; Chair A. Bunde	
10:00 - 10:10	Reception (H.J. Schellnhuber)	
10:10 - 10:25	Aims and Scopes of the Project “Scaling Analysis of Hydrometeorological Time Series Data” (J. Kropp)	
10:25 - 10:35	Short Note: Project Design of VERIS-Elbe: Changing Risks and Management Options (C. Schmidt)	
10:35 - 10:50	Coffee Break	
10:50 - 11:20	Assessment of Design-Flows in Water Management: Classical Methods, Non-Stationary and Multidimensional Extensions (W. Willems) Key Note Lecture: The View of Practitioners	p. 24
11:20 - 11:50	Trend Detection in River Flow Extremes (M. Radziejewski) Key Note Lecture: Trend Detection	p. 19
11:50 - 12:20	The Bootstrap Approach to Analyse Trends and Extremes in Hydrological Time Series (M. Mudelsee) Key Note Lecture: Methodological Developments	p. 18
12:20 - 12:45	Discussion	
12:45 - 13:45	Lunch	



Schedule

Monday, 12. December 2005, Afternoon Session

- 13:45 **Session: ‘Trend assessment, Long-term Variability and Extremes’; Chair: J. Kropp**
- 13:45 - 14:15 Extreme Value and Trend Analysis Based on Statistical Modelling of Precipitation Time Series (S. Trömel) p. 23
- 14:15 - 14:45 Extreme Value Analysis considering Trends: Methodology and Application to Runoff Data of the River Danube Catchment (M. Kallache, H. Rust, H. Lange, J. Kropp) p. 12
- 14:45 - 15:15 Regional Determination of Historical Heavy Rain for Reconstruction of Extreme Flood Events (F. Imbery, P. Dostal, K. Bürger, J. Seidel) p. 11
- 15:15 - 15:35 Coffee Break
- 15:35 - 16:05 Methods and Examples for Identification of Non-Stationarities in Frequency Distributions of River Runoffs (B. Thies, H. Lange) p. 22
- 16:05 - 16:35 Long-Term Behaviour of Daily Precipitation Data and Rainfall Extremes using Wavelets (S. Bachner, A. Kapala, C. Simmer) p. 5
- 16:35 - 17:05 Extraction of Spatially Correlated Long-Term Structures from River Runoff Data of Southern Germany by Means of Multivariate and Non-Linear Dimension Reduction Techniques (M. Mahecha, H. Lange, G. Lischeid) p. 15
- 17:05 - 17:25 Discussion & Summary: Implications for Water Management
- 17:30 Adjourn
- 19:30 Workshop Dinner



Schedule

Tuesday, 13. December 2005, Morning Session

9:00	Session: ‘Spatial and Temporal Variability, Scaling’; Chair: H. Lange	
9:00 - 9:30	Precipitation and River Runoff Records: Long-Term Persistence and Multifractality (D. Rybski, J. Kantelhardt, E. Koscielny-Bunde, P. Braun, A. Bunde, S. Havlin)	p. 21
9:30 - 10:00	On the Robustness of the Estimates of Centennial-Scale Variability in Heavy Precipitation from Station Data over Europe (O. Zolina, C. Simmer, A. Kapala, S. Gulev)	p. 25
10:00 - 10:30	Dimension Estimates of Multivariate Hydrometeorological Data: Influence and Early Detection of Extreme Events (R. Donner, A. Witt, J. Kurths)	p. 7
10:30 - 10:45	Coffee Break	
10:45 - 11:15	Characteristic Scales, Temporal Variability Modes and Simulation of Monthly Elbe River Flow Time Series at Ungauged Locations (D. Markovic, M. Koch)	p. 17
11:15 - 11:45	Wavelet Spectral Analysis: Developments and Application (D. Maraun & M. Hohlschneider)	p. 16
11:45 - 12:15	Scaling Analysis of River Flux Fluctuations: Properties of Observed Records vs. Model Data (V. Livina, Y. Ashkenazy, P. Braun, A. Bunde, S. Havlin)	p. 14
12:15 - 12:30	Discussion	
12:30 - 13:30	Lunch	



Schedule

Tuesday, 13. December 2005, Afternoon Session

13:30	Session: ‘Extreme Value Assessment’; Chair: S. Havlin	
13:30 - 14:00	Intense Precipitation and High River Flow – Observations and Projections (Z. Kundzewicz)	p. 13
	Key Note Lecture: Impacts of Climate Change	
14:00 - 14:30	Estimating Confidence Intervals for Flood Quantiles: A Bootstrap Approach (H.W. Rust, M. Kallache, J. Kropp)	p. 20
14:30 - 15:00	Extreme Value Statistics under the Influence of Long-Range Correlations: Return Intervals, Annual and Centennial Maxima (J.F. Eichner, A. Bunde, J. Kantelhardt, S. Havlin)	p. 8
15:00 - 15:15	Coffee Break	
15:15 - 15:45	Extreme Value Statistics of Non-Stationary and Correlated Run-Off Time Series Data (S. Endres, H. Lange)	p. 9
15:45 - 16:15	Probabilistic Seasonal Precipitation Forecasting of Africa and Europe using Quantile Regression (P. Friederichs, A. Hense)	p. 10
16:15 - 16:45	Development of Regional Flood Formulae using L-Moments for Small Watersheds of Sone Subzone of India (C. Chatterjee, R. Kumar)	p. 6
16:45 -17:00	Discussion: Implications for Water Management	
17:00	End	

Long-term behaviour of Daily Precipitation Data and Rainfall Extremes Using Wavelets

Susanne Bachner[†], Alice Kapala, Clemens Simmer

Meteorologisches Institut, Universität Bonn

Selected daily station records from the German Weather Service data base covering at least 100 years of data are investigated concerning their long-term behaviour in several statistical properties. A special focus is set on characteristics of extremes – formulated in terms of extreme indices – like high percentiles or the maximum 5-day precipitation sum; a quantity especially interesting in hydrologic studies. The time series are examined separately for the hydrologic summer and winter seasons. Besides traditional methods like extreme value theory – calculating return periods – and conventional trend analysis, techniques like spectral analysis and wavelets can give additional information on e.g. variabilites on different time scales. The same method is applicable also to runoff series of nearby rivers and the results can be compared to those of the rainfall data.

[†]s.bachner@uni-bonn.de

Development of Regional Flood Formulae using L-moments for Small Watersheds of Sone Subzone of India

Chandranath Chatterjee^{(1)†} and Rakesh Kumar⁽²⁾

(1) Institut für Geoökologie, Universität Potsdam

(2) National Institute of Hydrology, Roorkee-247 667, India

Estimation of flood frequency and magnitude is essential for design of soil and water conservation measures. Data from 12 stream flow gauges within the Sone region of India were screened using the discordancy measure (D_i) in terms of the L-moments. Homogeneity of the region was then tested using the L-moments based heterogeneity measure, H. For computing the heterogeneity measure H, 500 simulations were performed using the four parameter Kappa distribution. Comparative regional flood frequency analysis studies were performed using the L-moments based frequency distributions: viz. Extreme value, General extreme value, Logistic, Generalized logistic, Normal, Generalized normal, Uniform, Pearson Type-III, Exponential, Generalized Pareto, Kappa, and five parameter Wakeby. Based on the L-moment ratio diagram and $|Z_i^{\text{dist}}|$ -statistic criteria, the GEV distribution was identified as the robust distribution for the study area. For estimation of floods of various return periods for gauged watersheds of the study area, a regional flood formula was developed using the L-moments based GEV distribution. Also, for estimation of floods of desired return periods for ungauged watersheds, a regional flood formula was developed by coupling the regional flood formula with the regional relationship between mean annual peak flood and watershed area.

Keywords: Design flood, L-moments, GEV distribution, Ungauged watershed, Return period

†cchat_iit@yahoo.com

Dimension Estimates of Multivariate Meteorological Data – Influence and Early Detection of Extreme “Events”

Reik Donner^{(1)†}, Annette Witt^(1,2), Jürgen Kurths⁽¹⁾

(1) Arbeitsgruppe Nichtlineare Dynamik, Institut für Physik, Universität Potsdam

(2) Department of Geography, Kings College London, United Kingdom

For dynamically quantifying the internal correlation structure of multivariate geoscientific data, we have recently proposed the application of dimension estimates based on an appropriate statistical decomposition of the data [1]. In this contribution, our studies are continued by applying the corresponding measures to daily time series of meteorological standard parameters from different stations distributed over Germany. We compare both regional differences and differences between special weather regimes in different years. The influence of long-term oscillatory trends (annual cycle) and the capability of our method to early detection of extreme weather events (droughts, storms, heats etc.) are discussed.

References

- [1] R. Donner, A. Witt: Temporary Dimensions of Multivariate Data from Paleoclimate Records – Novel Measure for Dynamic Characterization of Long-Term Climate Change. *Int. J. Bifurcation Chaos*, submitted

†reik@agnld.uni-potsdam.de

Extremwertstatistik unter dem Einfluss von Langzeitkorrelationen: Wiederkehrintervalle, Jahresmaxima und Jahrhundertereignisse

Jan F. Eichner^{(1)†}, Armin Bunde⁽¹⁾, Jan W. Kantelhardt⁽²⁾, Shlomo Havlin⁽³⁾

(1) Institut für Theoretische Physik III, Justus-Liebig-Universität, Giessen

(2) Fakultät für Physik, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg

(3) Minerva Center and Department of Physics, Bar-Ilan University,
Ramat-Gan 52900, Israel

Wir untersuchen den Einfluss von Langzeitkorrelationen auf die Statistik der Wiederkehrintervalle r und der Jahresmaxima m an Zufallszahlen mit unterschiedlichen Verteilungsfunktionen. Hierbei zeigt sich, dass sowohl die Wiederkehrintervalle r als auch die Jahresmaxima m ebenfalls langzeitkorreliert sind. Auf lange Wiederkehrintervalle r folgen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit wieder lange Intervalle und auf kurze r -Werte eher kurze. Ähnlich verhält es sich mit den Maximalwerten m . Auf grosse m -Werte folgen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit wieder grosse und auf kleine m -Werte eher kleine. Dies führt zu Clustern (Häufungen) extremer Ereignisse, aber auch zu ausgeprägten Epochen langer Ruhephasen. Beides lässt sich an echten und rekonstruierten hydrometeorologischen Datensätzen zeigen. Der Einfluss der Langzeitkorrelationen auf die Verteilungsfunktionen der r -Werte und m -Werte wird deutlich, wenn man bedingte Verteilungsfunktionen betrachtet. Bedingte Verteilungen berücksichtigen die Vergangenheit und zeigen erhebliche Abweichungen von den unbedingten Verteilungen der gängigen Extremwertstatistik, welche den Memory-Effekt der Korrelationen ignorieren. Zur Verbesserung der Vorhersage von Extremereignissen in Systemen mit Langzeitkorrelationen, und damit auch zur verbesserten Abschätzung eines aktuellen Risikos, muss in der Extremwertstatistik der oben genannte Memory-Effekt berücksichtigt werden. Ausserdem wird der Einfluss der Langzeitkorrelationen auf den HQ_{100} Wert, ein Schätzer für Jahrhundertereignisse, untersucht.

†jan.f.eichner@physik.uni-giessen.de

Extremwertstatistik instationärer und korrelierter Abflusszeitreihen

Sandra Endres^{(1)†}, Holger Lange⁽²⁾

(1) Ökologische Modellbildung, Universität Bayreuth

(2) Skogforsk, N-1430 Ås, Norway

Die Anpassung von Zeitreihendaten an die verallgemeinerte Extremwertverteilung (GEV) geschieht bekanntlich unter der Voraussetzung identisch verteilter, unabhängiger Extremereignisse, da nur dann das Fisher-Tippett Theorem gilt. Anhand von 160 langen Abflusszeitreihen aus Süddeutschland wurden daher Stationarität und Unkorreliertheit der Extremereignisse überprüft.

Dazu wurden aus den täglichen Daten Monats- und Jahresmaximaserien generiert und diese in der Mitte geteilt. Anschliessend wurden Maximum-Likelihood Extremwertanpassungen an beide Hälften durchgeführt und die Werte für Lage-, Streuungs- und Formparameter verglichen.

Es zeigt sich, dass die hier analysierten Pegel mehr oder weniger stark ausgeprägte Instationaritäten aufweisen. Das Bild ist allerdings komplex: die zeitlichen Veränderungen der ermittelten Verteilungsparameter zeigen bei einem Pegelvergleich keine einheitliche Verschiebung in dieselbe Richtung. Lediglich der Lageparameter und somit der mittlere Abfluss tendiert überwiegend zu höheren Werten in der zweiten Hälfte der Datensätze. Allerdings ist mit keiner relevanten Zunahme der Extremereignisse zu rechnen, was nur bei einer zusätzlichen Zunahme des Streuungsparameters, und somit der Varianz, gegeben wäre. Der Dezimierungsgrad (Monats- oder Jahresserien) hat dabei einen relevanten Einfluss auf die Analyseergebnisse und die Qualität der Anpassung. Insgesamt kann das Konzept einer Extremwertanpassung daher nicht unkritisch angewendet werden.

Die Analyse der Wiederkehrintervalle als eine alternative parameterfreie Methode zur Extremwertanpassung ergab, dass alle Datensätze Langzeitkorrelationen aufweisen. Die in der Praxis verfügbare Datengrundlage ist allerdings nicht ausreichend, um eine Verteilung an die Wiederkehrintervalle anzupassen. Raumzeitliche Korrelationen wurden v. a. im Teileinzugsgebiet des Mains gefunden.

Saisonale Veränderungen in den Verteilungsparametern wurden untersucht, indem eine Extremwertanpassung an die Monatsmaxima für jeden Monat separat durchgeführt wurde. Es zeigt sich, dass die Anpassung in den Wintermonaten insgesamt schlechter ist als in den Sommermonaten. Im Mittel über alle Datensätze existieren jahreszeitliche Schwankungen in den Parametern, welche für den Lage- und Streuungsparameter, nicht aber für den Formparameter, in den meisten Fällen periodisch sind.

Die Voraussetzungen des Fisher-Tippett-Theorems sind daher für die untersuchten Pegel nicht gegeben. Andererseits kann kein einheitlicher Trend der Häufigkeit und Stärke von Hochwasserereignissen in den letzten Jahrzehnten konstatiert werden.

†sandra.endres@bayceer.uni-bayreuth.de

Probabilistic Seasonal Precipitation Forecasting over Africa and Europe using Quantile Regression

Petra Friederichs[†], Andreas Hense

Meteorologisches Institut, Universität Bonn

Probabilistic seasonal forecasting of precipitation over Africa and Europe is explored using quantile regression after Koenker (1978). Based on ensemble atmospheric GCM simulations this paper presents a probabilistic model output statistics (MOS) procedure which provides re-calibrated precipitation quantile forecasts. Most MOS systems are based on multiple regression analysis which estimates conditional expectation values. Quantile regression gives a more complete estimate of the conditional distribution of the forecast variable, as it provides conditional quantiles. It enables to re-calibrate model output with respect to a quantile of interest, e.g. rare events as defined by the 90%-quantile. This is of particular value, if rare events and 'normal' conditions are induced by different mechanisms. A proper scoring rule to assess the forecast skill similar to the Brier skill score is presented. The procedure is applied to derive probabilistic forecasts for seasonal precipitation anomalies over regions in Africa and Europe. Special emphasis is given to boreal summer precipitation over western Europe, the West African monsoon, and anomalously strong precipitation during the short rains in Somalia from September to December.

References

- [1] R. Koenker, B. Bassett, Regression quantiles. *Econometrica* **46**, 33-49 (1978)

[†]pfried@uni-bonn.de

Räumliche Bestimmung historischer Starkniederschläge für die Rekonstruktion extremer Hochwasserereignisse

Florian Imbery[†], Paul Dostal, Katrin Bürger, Jochen Seidel

Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg

Mit der Verknüpfung verschiedener Datenquellen kann die Identifizierung und Quantifizierung extremer historischer Niederschlagsereignisse in Einzugsgebieten durchgeführt werden. Im Rahmen eines durch die BMBF-Fördermaßnahme RIMAX geförderten Projekts an der Universität Freiburg wurde das Extremhochwasser Ende Oktober 1824 im Neckareinzugsgebiet sowie die großräumige Wetterlage rekonstruiert, welches das bisher größte Hochwasserereignis in den letzten 300 Jahren in diesem Raum auslöste.

Durch intensive Recherche in Archiven und Bibliotheken (meteorologische und hydrologische Messungen vor den offiziellen instrumentellen Beobachtungen, Pegelstände, Kartenmaterial, Schadensberichte etc.) konnte ein Datensatz erstellt werden, durch den der historische Witterungs- und Niederschlagsverlauf auf einer regionalen Skala rekonstruiert und beschrieben werden konnte.

Rekonstruierte Bodenluftdruck- und 500 hPa-Daten auf Tagesbasis liegen für Mitteleuropa und den Nordatlantik für den untersuchten Zeitraum vor. Mit Hilfe dieser Daten ist eine Analyse charakteristischer Zirkulationsmuster möglich, welche die Entwicklung Hochwasserauslösender Störungssysteme begünstigen können.

Durch die Analyse von Ähnlichkeitsbeziehungen dieser historischen Daten und rezenter Datensätze des DWD auf verschiedenen räumlichen Skalen und der Anwendung eines nichtlinearen Regressionsmodells konnten die auslösenden Starkniederschläge von Oktober 1824 in einer 1x1 km Auflösung rekonstruiert werden. Mit einem Niederschlag-Abflussmodell wurden die modellierten Ergebnisse anhand der historischen Pegelstände validiert und an mehreren Stationen die maximalen Abflüsse ermittelt.

Neben der genaueren Bestimmung von Wiederkehrzeiten von Starkniederschlägen stellt das vorgestellte Verfahren ein innovatives und anwendungsbezogenes Werkzeug für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten und für die Ausweisung von Überschwemmungsflächen dar.

[†]florian.imbery@meteo.uni-freiburg.de

Extreme value analysis considering trends: Methodology and Application to runoff data of the river Danube catchment

Malaak Kallache^{(1)†}, Henning W. Rust⁽¹⁾, Holger Lange⁽²⁾, Jürgen Kropp⁽¹⁾

(1) Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

(2) Skogforsk, N-1430 Ås, Norway

Extreme value theory provides the basis for the statistical modeling of extremes and plays an important role for water management and flood protection. Here we focus on the effect of trends on extreme value statistics. We use a general notion of a trend as any smooth variation on large time scales, which also may include seasonal fluctuations. In our ansatz a stochastic and a deterministic part are combined to model extreme values: a theoretical extreme value distribution (the Generalised Extreme Value distribution or GEV) is fitted to the data, but also a deterministic trend component is incorporated by letting the distribution parameters vary over time. The consideration of non-stationary behaviour is of special relevance given the anticipated intensification of the hydrologic cycle as part of global climate change.

In several simulation studies we investigate the influence of trends on fits to the GEV distribution and the performance of the non-stationary GEV fit. To determine in which cases it is necessary to incorporate a trend assumption we use the deviance statistics, which is based on maximum likelihood. To demonstrate the applicability of the procedure, it is used to analyse a set of river runoff data near the river Danube in Southern Germany.

[†]kallache@pik-potsdam.de

Intense Precipitation and High River Flow – Observations and Projections

Zbigniew W. Kundzewicz[†]

Research Centre for Agricultural and Forest Environment, Polish Academy of
Sciences, Poznan, Poland and
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

A considerable increase in flood damage has been observed worldwide in recent decades. A part of it is linked to socio-economic factors, such as population growth, encroaching of humans into flood plains, and accumulation of increasing wealth in vulnerable areas. However, these factors alone cannot explain the observed growth in flood damage. A portion of it may be linked to climate. Increase of intense precipitation in observed records has been documented in several areas. The Europe-average indices of wet extremes increase, although the spatial coherence of the trends is low. Based on climate scenarios, one may anticipate intense precipitation and high river flow to grow in the future. Using data from the Hadley Centre's HadRM3 model, future changes in the characteristics of intense rainfall over the European continent are examined, comparing the time periods of 1961-1990 and 2070-2099. The potential for intense precipitation is likely to increase in the future, warmer climate, contributing to the growth of flood hazard in areas, where inundations are typically triggered by heavy rain. The increase in observed flood costs is an unabated fact. However, no ubiquitous and uniform increasing trend has been detected in observations of annual maximum river flow worldwide, from the holdings of the Global Runoff Data Centre (GRDC) in Koblenz, Germany. The study of annual maximum flows does not support the hypothesis of ubiquitous growth of high flows - most time series do not show significant changes. A discontinuity between observations (no significant increasing trend) and projections (clear increase) can be observed. Explanation of this dilemma is a challenging research task. Given multiple contributing (and partly compensating) factors, and a weak but persistent change signal under strong natural variability, a series must be sufficiently long in order for the change to be detected. Climate-related changes in flood frequency are complex and dependent on the flood-generating mechanism (e.g., heavy rainfall vs spring snowmelt).

[†]zbyszek@pik-potsdam.de

Scaling Analysis of River Flux Fluctuations: Properties of Observed Records vs Model Data

V. Livina^{(1)†}, Y. Ashkenazy⁽²⁾, A. Bunde⁽³⁾, S. Havlin⁽¹⁾

(1) Minerva Center and Department of Physics, Bar-Ilan University,
Ramat-Gan 52900, Israel

(2) Department of Solar Energy & Environmental Physics, Ben-Gurion University of
the Negev, Israel

(3) Institut für Theoretische Physik III, Justus-Liebig-Universität Giessen

We study hydrological time series of thirty rivers over the globe. The volatility series (magnitudes of daily river flux increments) exhibit strong seasonal periodicity and power-law correlations for time scales less than one year [1]. We test the nonlinear properties of the river flux increment series by randomizing its Fourier phases and show that the surrogate volatility series has almost no seasonal periodicity and is weakly correlated for time scales less than one year. We quantify the degree of nonlinearity by measuring the amplitude of the power spectrum at the seasonal peak and the correlation power-law exponent of the volatility series.

To model the river flux, we first suggest a stochastic model in which, on the background of an asymmetric seasonal trend, dumped correlated fluctuations are present [2]. The model is able to reproduce the main statistical properties of the observed hydrological time series: (a) the crossover in DFA curves from large values of correlation exponent ($\alpha \sim 1.4 - 1.5$, below 3-5 months) to smaller values ($\alpha \sim 0.7 - 0.8$, above one year); (b) the periodicity in the power spectrum of volatilities which disappears after randomizing the phases in the data; and (c) long-range correlations in volatilities that can be eliminated by the phase randomization.

We test the statistical properties of the ASGi model data (Bavaria, Germany) for Naab, Regniz, and Vils rivers and show that the model also reproduces the linear and nonlinear statistical properties of the observed data [3]. Therefore, the observed properties of the river flux fluctuations can be modelled by means of simple physically-motivated stochastic process, as well as by a complex hydrodynamical model solving a set of PDEs. These two modelling approaches combined provide better understanding of river dynamics and the basis for the prediction of the regular flow behaviour.

References

- [1] V. Livina, Y. Ashkenazy, P. Braun, R. Monetti, A. Bunde, S. Havlin, *Phys. Rev. E* **67**, 042101 (2003).
- [2] V. Livina, Y. Ashkenazy, Z. Kizner, V. Strygin, A. Bunde A., S. Havlin, *Physica A* **330** (1-2), 283 (2003).
- [3] V. Livina, Z. Kizner, P. Braun, T. Molnar, A. Bunde, S. Havlin, submitted to *Journal of Hydrology*.

[†]livina@ory.ph.biu.ac.il

Extraktion von räumlich korrelierten Langzeitstrukturen süddeutscher Abflüsse mit multivariaten und nichtlinearen Dimensionsreduktionstechniken

Miguel Mahecha⁽¹⁾, Holger Lange⁽²⁾, Gunnar Lischeid⁽¹⁾

(1) Ökologische Modellbildung, Universität Bayreuth

(2) Skogforsk, N-1430 Ås, Norway

Die simultane Analyse eines Ensembles langjähriger Abflusszeitreihen in täglicher Auflösung erfordert leistungsfähige multivariate Verfahren. Abflüsse besitzen bekanntermaßen eine nichtlineare Dynamik und Langzeitkorrelationen, daher scheiden Standardverfahren wie die Hauptkomponentenanalyse oder multidimensionale Skalierung aus. Vorausgehende Untersuchungen haben gezeigt, dass süddeutsche Abflüsse gemeinsame periodische Langzeitkomponenten besitzen (Lange und Bernhardt, 2004), die nicht in einfacher Weise auf klimatische Einflüsse zurückzuführen sind; zudem besitzen diese Komponenten komplexe räumliche Muster. Der gleiche Datensatz wurde nun mit zwei neuen Verfahren zur nichtlinearen Dimensionsreduktion ausgewertet, der nichtlinearen Multikanal-Singulärsystemanalyse (NLSSA, Hsieh 2004) sowie mit Isometric Feature Mapping (ISOMAP, Tenenbaum et al. 2000). Beide Verfahren haben das Potenzial, die raumzeitliche Dynamik der Langzeitkomponenten zu extrahieren und auf effiziente Weise darzustellen. Sie bilden damit die Grundlage für eine niedrigdimensionale Repräsentation der Gemeinsamkeiten in den Abflüssen, die einer Interpretation leichter zugänglich sein dürfte. Einige Beispiele illustrieren das Vorgehen.

References

- [1] W.W. Hsieh, Nonlinear multivariate and time series analysis by neural network methods, *Reviews of Geophysics* **42**, RG1003 (2004).
- [2] H. Lange, K. Bernhardt, Long-term components and regional synchronization of river runoffs, in Webb B. et al. (Eds.), *Hydrology: Science & Practice for the 21st Century*, British Hydrological Society, p. 165-170, (2004)
- [3] J.B. Tenenbaum, V. De Silva, J.C. Langford, A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction. *Science* **290**, 2319-2323 (2000)

Wavelet Spectral Analysis: Developments and Examples

D. Maraun^{(1)†}, M. Hohlschneider⁽²⁾

(1) Arbeitsgruppe Nichtlineare Dynamik, Institut für Physik, Universität Potsdam

(2) Institut für Mathematik, Universität Potsdam

Starting from two typical pitfalls inherent to continuous wavelet spectral estimation, we suggest a theory of nonstationary stochastic processes defined in the wavelet domain. Thereupon we study the estimation of wavelet spectral measures. We show the weak points of cross wavelet analysis and conventional significance tests for wavelet spectral measures. Finally we develop an alternative significance test and study its sensitivity and specificity. To exemplify our discussion we present an application to geophysical processes.

†maraun@agnld.uni-potsdam.de

Characteristic Scales, Temporal Variability Modes and Simulation of Monthly Elbe River Flow Time Series at Ungauged Locations

D. Markovic[†], M. Koch

Fachgebiet Geohydraulik und Ingenieurhydrologie, Universität Kassel

Spatial and temporal patterns of the long range Elbe River flows across Germany are investigated, using various statistical methods, among others, Principal Component (EOF)- and wavelet analysis. Characteristic time scales are derived for various time series statistics. The wavelet analysis of the raw river discharge data as well as of the major Principal Component reveal the main oscillatory components and their temporal behavior, namely low frequency oscillations at interannual (6.9 years) and interdecadal (13.9 years) scales that are accentuated in the second part of the 20th century and have been conjectured to be a consequence of a teleconnective influence of the North Atlantic Oscillation. The EOF's at ungauged stations are estimated from the principal components of the observed time series sampled over a limited time span whose length equal the major temporal stationarity scale (≈ 7 yr.). The EOF's obtained in this way are subsequently used to simulate long range flows at these locations. A comparison of this method with linear interpolation and ordinary kriging of the EOF shows the superiority of the former in representing the distributional properties of the observed time series. The simulated time series preserve also short and long memory, i.e. lag 1-3 correlations and the Hurst exponent, respectively.

[†]danijela.markovic@uni-kassel.de

The Bootstrap Approach to Analyse Trends and Extremes in Hydrological Time Series

Manfred Mudelsee[†]

Climate Risk Analysis, Halle (S) and
Institut für Meteorologie, Universität Leipzig

One scientific challenge in hydrology is that with global climate change also the risk of extreme floods is expected to change. Quantifying time-dependent flood risk is also of strong societal relevance. The nonstationarity makes standard approaches from extreme value analysis (return periods, etc.) inapplicable. We present kernel occurrence rate estimation as a tool that overcomes this problem. Bootstrap resampling allows the construction of confidence bands around the estimated trends in flood risk. Because the kernel method is not parametrically restricted, also nonlinear and non-monotonic trends can be evaluated. This offers the option to relate highs or lows in flood risk to forcing climatic mechanisms. Elbe floods during AD 1021 to 2002 illustrate the versatility of the bootstrap approach. This all has already been shown by Cowling et al., 1996, *Journal of the American Statistical Association* 91:1516; Mudelsee et al., 2003, *Nature* 425:166; and Mudelsee et al., 2004, *Journal of Geophysical Research* 109:D23101.

On the other hand, regression-based approaches fail to quantify trends in flood risk because they do not model the extremes. *t*-tests fail analogously. However, regressions are useful to quantify long-term changes in mean hydrological properties. A methodical problem hereby comes from non-normal data distributions, persistence and uneven spacing, which are not uncommon in hydrological data. Also here the bootstrap can be adapted such to yield reliable error bars of trend parameters. This is achieved by resampling data blocks, which preserve persistence over the length of a block. This adaption is known since the work of Künsch, 1989, *Annals of Statistics* 17:1217. Regarding block length selection, a very rough guide is to take the persistence time (Mudelsee, 2002, *Computers and Geosciences* 28:69), that is, the decay period of the autocorrelation function of an AR(1) process for uneven spacing fitted to the regression residuals. It appears that long-memory processes such as ARFIMA are often not a better description of the persistence in hydrological or climatological data than the more parsimonious AR(1) model.

[†]mudelsee@climate-risk-analysis.com

Trend Detection in River Flow Extremes

M. Radziejewski^{(1)†}

(1) University Adam Mickiewicz, Poznan, Poland

Studying changes in hydrological extremes is of increasing importance in the context of large losses caused by recent extreme events. Change detection and, even more so attribution are challenging tasks. In addition to practical difficulties (availability of long records, quality of data, missing values and gaps) there are major methodological issues related to change detection that still need to be addressed. Results of change detection in long time series of river flow data will be presented, including studies of mean values, annual maximum, peak-over-threshold river flow, seasonal effects, and scaling properties. Methods of change detection appropriate for application to hydrological data, subject to complicating factors of dependence, strong natural variability and weakness of change, will be reviewed. Although annual maximum flow records show no ubiquitous growth, interesting results for a part of European data can be reported.

[†]maciejr@amu.edu.pl

Estimating Confidence Intervals for Flood Quantiles: A Bootstrap Approach

Henning W. Rust[†], Malaak Kallache, Jürgen Kropp

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Standard flood quantile estimation is generally based on extreme value analysis of independent series, i.e. fitting a model to excesses over threshold or block maxima. The assumption of independence can not be justified in many practical applications, e.g. river run-off. One effect of dependence in parameter estimation problems is that the confidence intervals provided by the asymptotic theory are too small. We suggest a parametric bootstrap strategy to obtain more reliable estimates for the confidence intervals of quantile estimators based on the block maxima approach for correlated records.

The strategy is based on a modelling of the autocorrelation function of a maxima series with fractional ARIMA (FARIMA) processes on the one hand. On the other hand, the block maxima approach with a subsequent fit of the general extreme value distribution (GEV) is used to describe the distribution of the maxima. On the basis of those two parametric models an ensemble of maxima series is generated. Estimating the desired parameter (flood quantile, e.g. HQ100) for each ensemble member yields a distribution representing the variability of the parameter taking the autocorrelation into account. From this distribution, confidence intervals can be calculated.

We show the feasibility of this bootstrap strategy with a simulation experiment first and exemplify the approach with run-off series from southern Germany.

[†]rust@pik-potsdam.de

Precipitation and River Runoff Records: Long-Term Persistence and Multifractality

Diego Rybski^{(1)†}, Jan W. Kantelhardt⁽²⁾, Eva Koscielny-Bunde⁽¹⁾, Peter Braun, Armin Bunde⁽¹⁾, Shlomo Havlin⁽³⁾:

(1) Institut für Theoretische Physik III, Justus-Liebig-Universität Giessen

(2) Fakultät für Physik, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg

(3) Minerva Center and Department of Physics, Bar-Ilan University, Ramat-Gan 52900, Israel

We discuss and compare the multifractal temporal scaling properties of precipitation and river discharge records on large time scales. To detect long-term correlations and multifractal behavior in the presence of trends, we apply recently developed methods [detrended fluctuation analysis (DFA) and multifractal DFA] that can systematically detect non-stationarities and overcome trends in the data at all time scales. We find that above some crossover time that usually is several weeks, the daily runoffs are characterized by an asymptotic scaling exponent that indicates a slow power-law decay of the runoff autocorrelation function and varies from river to river in a wide range. Below the crossovers pronounced short-term correlations occur. In contrast, most of the precipitation series show scaling behavior corresponding to a rapid decay of the autocorrelation function. For the multifractal characterization of the data we determine the generalized Hurst exponents and fit them by three operational models. While the fits based on the universal multifractal model describe well the scaling behavior of the positive moments in nearly all runoff and precipitation records, positive as well as negative moments are consistent with two-parameter fits from a modified version of the multiplicative cascade model for all runoff records and most of the precipitation records. For some precipitation records with weak multifractality, however, a simple bifractal characterization gives the best fit of the data.

†Diego.Rybski@physik.uni-giessen.de

Methoden und Beispiele zur Identifikation von Instationaritäten in Häufigkeitsverteilungen von Abflüssen

Birgit Thies^{(1)†}, Holger Lange⁽²⁾

(1) Öologische Modellbildung, Universität Bayreuth

(2) Skogforsk, N-1430 Ås, Norway

Die meisten statistischen Methoden zur Auswertung hydrologischer Daten implizieren zumindest asymptotische Stationarität sowohl in den Wahrscheinlichkeitsdichten als auch in der dynamischen Struktur (ergodische Systeme). Hier wird untersucht, wie berechtigt diese Annahmen auf den in der Praxis zur Verfügung stehenden Zeitskalen bis zu einem Jahrhundert eigentlich sind. Sind die Häufigkeitsverteilungen von Abflüssen insgesamt variabel und gibt es großräumige Tendenzen und Trends zu verzeichnen? Dazu werden verschiedene Methoden vorgestellt, mit denen solche Instationaritäten aufgedeckt werden können. Ein Ensemble von 97 Pegeln aus dem oberen Donau-Einzugsgebiet wird mittels Fenstertechnik auf Zeitskalen von 2 bis 30 Jahren untersucht.

Zunächst werden herkömmliche Charakteristika von Verteilungen (Perzentile, Momente) betrachtet und die Entwicklung in daraus abgeleiteten Phasenräumen analysiert. Die abschnittsweise vorgenommene Anpassung von Verteilungsfunktionen wird ebenfalls demonstriert. Darüber hinaus werden neue Maß aus einem Verteilungs-Vergleichstest abgeleitet, die sich gut zur Einschätzung der Stärke der Schwankungen im Pegelvergleich eignen. Alle Methoden sind sinnvoll einsetzbar zur Detektion von Instationaritäten, hieran schliessen sich Interpretation und Ursachensuche an.

Die wesentlichen Ergebnisse für das obere Donau-Einzugsgebiet sind ein fast alle Pegel betreffender Mittelwerts-Anstieg in den letzten Jahrzehnten sowie eine synchrone Mittelwerts-Schwankung auf einer Zeitskala von 3-6 Jahren, die abgeschwächt auch in der Varianz und den höheren Momenten sichtbar ist. Dieses "getaktete" Verhalten erstreckt sich über mehrere 100km. In Streuung, Schiefe und Wölbung sind keine übergreifenden langfristigen Tendenzen feststellbar, es gibt dagegen einzelne Abflusszeitreihen mit klaren Trends. Das Niveau der Instationarität schwankt von Pegel zu Pegel, wobei die alpenbeeinflussten Pegel durch ihre vergleichsweise geringen Schwankungen eine Sonderrolle einzunehmen scheinen.

[†]birgit.thies@bitoek.uni-bayreuth.de

Extremwert- und Trendanalyse aufgrund statistischer Modellierung von Niederschlagszeitreihen

Silke Trömel[†]

Institut für Atmosphäre und Umwelt, Arbeitsgruppe Klimaforschung Johann
Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt

Klimatologische Zeitreihen von Beobachtungsdaten bestehen im allgemeinen aus der Überlagerung verschiedener Strukturen und weisen bestimmte Häufigkeitsverteilungen auf, die in idealisierter und normierter Form Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen heißen. Insbesondere zur Analyse von monatlichen Niederschlagszeitreihen ist nun eine Verallgemeinerung des Konzepts der Zeitreihenzerlegung in einen deterministischen und einen statistischen Anteil entwickelt worden. Die dabei berücksichtigten Strukturen wie Trends, saisonale oder niederfrequente Schwankungen werden in verschiedenen Verteilungsparametern frei wählbarer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen gesucht. Die gängige Beschränkung auf die Schätzung einer zeitlich veränderlichen Lokation, häufig repräsentiert durch den Mittelwert einer Normalverteilung, wird aufgehoben. Skalenschätzer sowie Schätzer für den Formparameter spielen ebenso relevante Rollen für die Beschreibung beobachteter Klimavariabilität. Die Klimazeitreihen werden wieder als Realisation eines Zufallprozesses verstanden, jedoch genügen die Zufallsvariablen nun einer frei wählbaren Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion. Die zeitlich strukturierten Änderungen in den Verteilungsparametern werden auf Basis der gesamten Zeitreihe für jeden Zeitpunkt in einem rekursiven Verfahren geschätzt.

Es hat sich gezeigt, dass beobachtete Niederschlagszeitreihen oftmals als Realisation einer Weibull-verteilten Zufallsvariablen mit variablem Streu- und Formparameter oder als Realisation einer Gumbel-verteilten Zufallsvariablen mit variablem Lage- und Streuparameter interpretiert werden können. Die Methode liefert somit eine statistische Modellierung monatlicher Niederschlagsreihen. Die resultierende vollständige analytische Beschreibung in Form einer zeitabhängigen Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ermöglicht dann die Schätzung von Über- und Unterschreitungswahrscheinlichkeiten beliebig wählbarer Schwellenwerte für jeden Zeitpunkt des Beobachtungszeitraums. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Möglichkeit aus den statistischen Modellierungen Änderungen im Mittel und somit gebräuchliche Trendkarten zu gewinnen. Statt der direkten Anwendung des Kleinst-Quadrate-Schätzers den Umweg über die Modellierung zu gehen, beinhaltet den Vorteil, die zugrundeliegenden Verteilungen berücksichtigen zu können. Damit können Auswirkungen von Änderungen in der Streuung oder der Verteilungsform auf den Erwartungswert berücksichtigt werden. Beispielsweise aufgrund der Sensitivität des Kleinst-Quadrate-Schätzers gegenüber hohen Werten, sind bei Abweichungen von der Normalverteilung Trendschätzer auf Basis der Modellierung vertrauenswürdiger.

[†]S.Troemel@meteor.uni-frankfurt.de

Ermittlung von Bemessungsabflüssen in der Wasserwirtschaft – klassische Methoden sowie instationäre und mehrdimensionale Erweiterungen

W. Willems[†]

Institut für Angewandte Wasserwirtschaft und Geoinformatik, München

Die DVWK-Regeln 120 und 121 zur statistischen Analyse von Niedrigwasserabflüssen sowie das DVWK-Merkblatt zur statistischen Analyse von Hochwasserabflüssen liefern die methodischen Grundlagen für die in der Wasserwirtschaft gebräuchliche Vorgehensweise zur Ermittlung von Bemessungsabflüssen, also beispielsweise dem 100-jährliche Hochwasser HQ_{100} oder dem 40-jährlichen, über 7 Tage gemittelte Niedrigwasser $NM7Q_{40}$. Eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendung dieser Verfahren ist Stationarität der zugrunde liegenden Serien, also die Abwesenheit von instationären Komponenten wie Trends oder Periodizitäten. Weiterhin wird auch vorausgesetzt, dass die eindimensionale Betrachtung der Bemessungsaufgabe gerecht wird.

Diese Voraussetzungen sind in der Praxis nicht immer gegeben: Gemessene Abflussreihen weisen nicht selten deterministische Instationaritäten auf und die univariate Betrachtung korrelierter Größen wie Niedrigwasserdauer und Abflussdefizit oder wie Hochwasserscheitel und Hochwasservolumen kann unter bestimmten Bedingungen zu fehlerhaften Bemessungen führen.

Im Vortrag werden den klassischen, stationär-univariaten Ansätzen instationäre und mehrdimensionale Verfahren gegenübergestellt und dargestellt, welche Konsequenzen sich bei Anwendung der weitergehenden Verfahren auf die Ermittlung von Bemessungsabflüssen ergeben.

References

- [1] W. Willems, Statistische Analyse von Niedrigwasser- Kenngrößen auf der Grundlage stationärer und instationärer Wahrscheinlichkeitsmodellierung. In: Kleeberg, H.-B. und Koehler, G. (Hrsg.) Niedrigwassermanagement. Beiträge zum Seminar am 11./12. November 2004 in Koblenz, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung **07.04**, P. 15-34 (2004)
- [2] W. Willems, Ein- und mehrdimensionale Wahrscheinlichkeitsanalyse von Niedrigwasserkenngrößen. Vortrag beim Kolloquium “Erfahrungen zur Niedrigwasserbewirtschaftung” am 14/15. September 2005 in Herne, veröffentlicht in: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Veranstaltungen (2005, in Vorbereitung)

[†]willems@iawg.de

The Robustness of the Estimates of Centennial-Scale Variability in Heavy Precipitation from Station Data over Europe

Olga Zolina^{(1)†}, Clemens Simmer⁽¹⁾, Alice Kapala⁽¹⁾, Sergey Gulev⁽²⁾

(1) Meteorologisches Institut, Universität Bonn

(2) P.P.Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russia

The impact of missing values on the centennial-scale variability of heavy precipitation was analysed using daily data from European rain gauges. Sub-sampling was modeled according to the observed structure of gaps in daily precipitation records. Quantitative estimates of the sampling impact on the long-term variability derived from high-quality long-term station data were used for the homogenization of sampling in European time series and the estimation of long-term secular tendencies in heavy precipitation indices. Centennial linear trends of extreme precipitation based on different indices are quite robust in winter but less robust in summer, implying seasonality in the trend estimates especially in Western Europe. Estimates of annual indices derived for the locations where different indices shows significant trends imply primarily positive centennial-scale changes in heavy and very heavy precipitation with the strongest magnitudes of about 3-5% per decade in Eastern Europe. The spatial distribution of the estimated secular trends in heavy precipitation is somewhat more homogeneous in RSTS (without gaps) data than in USTSn ($n > 30$ gaps) time series. Nevertheless, sampling cannot fully explain the spatial noise in the estimates of long-term trends. Meso-scale precipitation variability, which is usually higher in the areas with inhomogeneous terrain (mountain regions), and uncertainties associated with inaccuracy of data records still remaining after homogenization procedures are likely to be the reasons for this. The analysis of 100-year long homogenized time series shows that linear trends in heavy precipitation are influenced by seasonality. Robust tendencies in heavy precipitation indices derived from annual records are found only in a few locations, being positive in most of cases. The use of more objective indices based on estimated PDFs for daily precipitation, with separate analysis of different seasons appears to be the best strategy for estimating long-term tendencies in heavy precipitation.

†olga.zolina@uni-bonn.de

List of Participant and Co-Authors

Dr. Heiko Apel	GeoForschungsZentrum Potsdam Abt. Ingenieurhydrologie	hapel@gfz-potsdam.de
Dr. Yosef Ashkenazy	Bar Ilan University, Ramat Gan, Israel	ashkenaz@alon.cc.biu.ac.il
Steffen Bartl	BTU Cottbus, LS für Hydrologie und Wasserwirtschaft	Steffen.Bartl@tu-cottbus.de
Dr. Alfred Becker	Postdam Institut für Klimafolgenforschung	Alfred.Becker@pik-potsdam.de
Prof.Dr. Chandranath Chatterjee	Agr. & Food Eng. Department, Indian Inst. of Technology, India	cchatnih@yahoo.com
Susanne Bachner	Meteorologisches Institut, Universität Bonn	s.bachner@uni-bonn.de
Dr. Katrin Bürger	Institut für Geographie, Universität Freiburg	katrin.buerger@geographie.uni-freiburg.de
Dr. Peter Braun	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Abt. Hydrologie	braun.peter@lycos.de
Prof.Dr. Armin Bunde	Universität Giessen, Institut für Theoretische Physik	Armin.Bunde@physik.uni-giessen.de
Dr. R. Dankers	Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy	Rutger.Dankers@jrc.it
Reik Donner	Nichtlineare Dynamik, FB Physik, Universität Potsdam	reik@agnld.uni-potsdam.de
Dr. Paul Dostal	Meteorologisches Institut, Universität Freiburg	paul.dostal@meteo.uni-freiburg.de
Dr. Werner Dröge	Technische Universität Dresden, Institut für Hydrologie & Meteorologie	werner.droege@mailbox.tu-dresden.de
Jan F. Eichner	Universität Giessen, Institut für Theoretische Physik	Jan.F.Eichner@theo.physik.uni-giessen.de
Sandra Endres	Universität Bayreuth, Zentr. für Ökologie und Umweltforschung	sandra.endres@bayceer.uni-bayreuth.de
Dr. Ingo Fitting	Projektträger PTJ, Berlin	i.fitting@fz-juelich.de
Dr. Katrin Fleischbein	GeoForschungs Zentrum Potsdam Ingenieurhydrologie	katrin.Fleischbein@gfz-potsdam.de
Saskia Förster	Universität Potsdam, Inst. für Geoökologie	foerster@uni-potsdam.de
Dr. Petra Friederichs	Meteorologisches Institut der Universität Bonn	pfried@uni-bonn.de
Prof.Dr. F.W. Gerstengarbe	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung	friwi@pik-potsdam.de
Prof.Dr. U. Grünewald	BTU Cottbus, LS für Hydrologie und Wasserwirtschaft	Uwe.Gruenewald@tu-cottbus.de
Dr. Sergey Gulev	P.P.Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, Russia	gulev.boba@omnet.com
Prof.Dr. Michael Hauhs	Universität Bayreuth, Zentr. für Ökologie und Umweltforschung	michael.hauhs@bayceer.uni-bayreuth.de
Prof.Dr. Shlomo Havlin	University of Bar Ilan, Ramat Gan, Israel	havlin@ophir.ph.biu.ac.il
Prof.Dr. Andreas Hense	Meteorologisches Institut der Universität Bonn	ahense@uni-bonn.de
Prof.Dr. M. Hohlschneider	University of Potsdam, Inst. of Mathematics	hols@math.uni-potsdam.de
Dr. Florian Imbery	Meteorologisches Institut, Universität Freiburg	florian.imbery@meteo.uni-freiburg.de
Malaak Kallache	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung	malaak.kallache@pik-potsdam.de
Dr. Alice Kapala,	Meteorologisches Institut der Universität Bonn	akapala@uni-bonn.de
Prof.Dr. Jan W. Kantelhardt	Universität Halle, FB Physik	kantelhardt@physik.uni-halle.de
Prof. Dr. Manfred Koch	Geohydraulik und Ingenieurhydrologie, Universität Kassel	kochm@hrz.uni-kassel.de
Dr. Jürgen Kropp	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung	kropp@pik-potsdam.de
Dr. Eva Koscielny-Bunde	Universität Giessen, Institut für Theoretische Physik	Eva.Koscielny-Bunde@physik.uni-giessen.de
Prof. Dr. Zbigniew Kundzewicz	Polish Academy of Sciences & Potsdam Institute for Climate Impact Res.	zkundze@man.poznan.pl, zbyszek@pik-potsdam.de
Rakesh Kumar	National Institute of Hydrology, Roorkee-247 667, India	

List of Participant and Co-Authors (cont.)

Prof. Dr. Jürgen Kurths	Nonlineare Dynamik, FB Physik, Universität Potsdam	juergen@agnld.uni-potsdam.de
Prof. Dr. Holger Lange	Skogforsk, Ås, Norway	holger.lange@skogforsk.no
Karl-Erich Lindenschmidt	GeoForschungsZentrum, Ingenieurhydrologie	kel@gfz-potsdam.de
Dr.habil. Gunnar Lischeid	Universität Bayreuth, Zentr. für Ökologie und Umweltforschung	gunnar.lischeid@bayceer.uni-bayreuth.de
Stefan Liersch	Umweltforschungszentrum Leipzig/Halle	stefan.liersch@ufz.de
Valerie Livina	University of Bar Ilan, Ramat Gan, Israel	livina@ory.ph.biu.ac.il
Dr. Hermann Mächel	Deutscher Wetterdienst, Offenbach	Hermann.Maechel@dwd.de
Miguel Mahecha	Universität Bayreuth, Ökologische Modellbildung	
Douglas Maraun	Nichtlineare Dynamik, FB Physik, Universität Potsdam	maraun@agnld.uni-potsdam.de
Danijela Markovic	FB Geotechnologie und Geohydraulik, Universität Kassel	danijela.markovic@uni-kassel.de
Prof.Dr. Manfred Mudelsee	Institut für Meteorologie, Universität Leipzig	mudelsee@uni-leipzig.de
Tzveta Neltchinova	GeoForschungsZentrum Potsdam	tzveta.neltchinova@gfz-potsdam.de
Dr. Jörg Neumann	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Abt. Hydrologie	Joerg.Neumann@lfw.bayern.de
Theresia Petrow	Geoforschungszentrum Potsdam, Centre for Disaster Management	theresia.petrow@gfz-potsdam.de
Sascha Pfändler	Industrielle Werke Basel, Bereich Wasser	sascha.pfaendler@iwb.ch
Dr. Maciej Radziejewski	University Adam Mickiewicz, Poznan, Poland	maciejr@amu.edu.pl
Mathias Raschke	CAT-Softwareentwicklung und Vertrieb, Weimar	MathiasRaschke@t-online.de
Dr. Thomas Reich	Deutscher Wetterdienst, Hydrometeorologie	thomas.reich@dwd.de
Henning Rust	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung	hrust@pik-potsdam.de
Diego Rybski	Universität Giessen, Institut für Theoretische Physik	Diego.Rybski@theo.physik.uni-giessen.de
Carsten Schmidt	Technische Universität Dresden, Institut für Hydrologie & Meteorologie	Carsten.Schmidt@mailbox.tu-dresden.de
Dr. Jochen Seidel	Institut für Geographie, Universität Freiburg	jochen.seidel@geographie.uni-freiburg.de
Jana Sillmann	Deutsches Klimarechenzentrum/FB Meteorologie, Universität Hamburg	sillmann@dkrz.de
Prof.Dr. Clemens Simmer	Meteorologisches Institut, Universität Bonn	csimmer@uni-bonn.de
Florian Storck	Institut für Umweltgeowissenschaften, Universität Basel	florian.storck@unibas.ch
Helmut Straub	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg	Helmut.Straub@lfuka.lfu.bwl.de
Dr. Jochen Stuck	Sekretaer des Wissenschaftlichen Beirats des DKKV, GFZ Potsdam	stuck@gfz-potsdam.de
Birgit Thies	Universität Bayreuth, Zentr. für Ökologie und Umweltforschung	birgit.thies@bayceer.uni-bayreuth.de
Dr. Silke Trömel	Arbeitsgruppe Klimaforschung, Universität Frankfurt	S.Troemel@meteor.uni-frankfurt.de
Hans Weber	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Abt. Hydrologie	Hans.Weber@lfw.bayern.de
Dr.habil. Peter C. Werner	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung	p.c.werner@pik-potsdam.de
Victor Venema	Meteorologisches Institut der Universität Bonn	Victor.Venema@uni-bonn.de
Dr. W. Willems	Institut für Angewandte Wasserwirtschaft und Geoinformatik, München	willems@iawg.de
Dr. Annette Witt	Department of Geography, Kings College London, United Kingdom	
Dr. Olga Zolina	Meteorologisches Institut, Universität Bonn	olga.zolina@uni-bonn.de
Rainer Zesch	Universität Karlsruhe (TH), Graduiertenkolleg Naturkatastrophen	rainer.zesch@ibf.uni-karlsruhe.de