

Hochwasser und kein Ende!

Statusberichte, aktuelle Vorhaben, neue Planungswerkzeuge

Beiträge zur Fachtagung am 3. und 4. Juli 2014 in Obernach



Schlottwitz, 13.08.2004

Foto: Harald Weber

Veranstalter:

Freunde des Lehrstuhls für Wasserbau und Wasserwirtschaft

in Kooperation mit dem

Lehrstuhl und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft
der Technischen Universität München



Technische Universität München

Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Arcisstraße 21
80333 München
Germany

Tel.: 089 / 289 23161
Fax: 089 / 289 23172
E-Mail: wabau@bgu.tum.de

Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft (Oskar von Miller - Institut)

82432 Obernach, Walchensee
Germany

Tel.: 08858 / 9203 0
Fax: 08858 / 9203 33

ISSN 1437-3513

ISBN 978-3-943683-06-6

Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für
Wasserbau und Wasserwirtschaft

Herausgegeben von Prof. Dr. Peter Rutschmann
Ordinarius für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München

Druck und Einband: Meissner Druck GmbH, Oberaudorf

Vorwort

Die Hochwasser der zurückliegenden Jahre verursachten durch Schäden an Siedlungen und Infrastruktur Kosten in Milliardenhöhe. Nach den katastrophalen Überschwemmungen 1999 und 2005 wurden im Juni 2013 insbesondere Bayern, Thüringen und Sachsen sowie auch Österreich wieder von einer extremen Wettersituation erfasst, die zu erheblichen Überschwemmungen und Zerstörungen führte.

Hochwasser und kein Ende! – Der von uns gewählte Tagungstitel enthält kein Fragezeichen, sondern ganz bewusst ein Ausrufezeichen. Unsere Gesellschaft wird auch in Zukunft mit extremen Hochwassern leben müssen. Es zeichnet sich schon lange ab, dass durch den fortschreitenden Klimawandel die meteorologischen und hydrologischen Randbedingungen – die zu Hochwassern führen – weiter verschärft werden. Allgemein rechnen Fachleute für die Zukunft mit einer spürbaren Veränderung des Wasserkreislaufs und mit einer Zunahme von Extremereignissen. Das baden-württembergische Klimaschutzkonzept 2020PLUS aus dem Jahr 2011 prognostiziert für die Wintermonate einen Anstieg der Niederschläge um bis zu 20 % bis zum Ende des Jahrhunderts.

Um Hochwasserschäden vorzubeugen, werden laufend Hochwasserschutzmaßnahmen geplant und baulich umgesetzt. Nach dem signalweisenden "Pfungsthochwasser" im Mai 1999 hat die bayerische Staatsregierung das Aktionsprogramm 2020 ins Leben gerufen. Viel Geld ist seither geflossen und zahlreiche Projekte sind zwischenzeitlich erfolgreich durchgeführt worden. Als Konsequenz auf das dramatische Junihochwasser 2013 sind die finanziellen Mittel erneut aufgestockt worden. In den Vorträgen wird auf das Aktionsprogramm 2020plus ebenso eingegangen, wie auch auf das neue DWA-Themenheft "Flutpolder", das im April 2014 erschienen ist.

Es freut mich sehr, dass von den insgesamt 18 Fachbeiträgen sechs Artikel von Vertretern der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung verfasst wurden. Weitere Beiträge stammen aus dem universitären und bautechnischen Bereich. Die Fachtagung bietet damit eine gute Verschränkung der wissenschaftlichen, baupraktischen und verwaltungstechnischen Aspekte und Fragestellungen der wasserwirtschaftlichen Gegenwart. Aber: *"Ein effektiver Umgang mit Hochwasser bedeutet mehr, als nur technische Schutzbauwerke zu errichten."* So leitet Erich Eichenseer seine Gedanken zu einem integralen Hochwassermanagement ein. Die Entwicklung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten spielt dabei eine wichtige Rolle, um das stets vorhandene Hochwasserrisiko künftig noch weiter zu verringern.

Ich wünsche allen Tagungsteilnehmern eine informative und belebende Veranstaltung und allen Lesern dieses Berichtsbandes eine interessante Lektüre.

Peter Rutschmann

Inhaltsverzeichnis

	Seite
<i>Peter Rutschmann</i> Vorwort	
<i>Uwe Kleber-Lerchbaumer</i> Das Extremhochwasser im Juni 2013 in Bayern – Eine Bestandsaufnahme	1
<i>Christoph Heinzelmann, Nils P. Huber und Matthias Alexy</i> Naturmessungen an der Elbe während des Hochwassers 2013 zur Validierung numerischer Modelle	13
<i>Wolf-Dieter Rogowsky</i> Hochwasserschutz an der Donau zwischen Straubing und Vilshofen Teil 1: Bestehende Anlagen, Sofortprogramm 2013/2014	25
<i>Markus Schmautz</i> Hochwasserschutz an der Donau zwischen Straubing und Vilshofen Teil 2: Grundsätze und Gesamtplanung für den Ausbau	35
<i>Erich Eichenseer, Gabriele Merz, Dieter Rieger und Marc Daniel Heintz</i> Vom Hochwasserschutz zum Risikomanagement	43
<i>Andreas Rimböck</i> AP 2020plus – Ein Plus für den Hochwasserschutz	55
<i>Florian Stauder</i> Vom Umgang mit dem Bestand an Schutzbauwerken am Beispiel Wildbäche	65
<i>Jürgen Stamm und Torsten Heyer</i> Das Sommerhochwasser 2013 in Sachsen und Sachsen-Anhalt	75
<i>Thomas Nester, Jürgen Komma, Juraj Parajka, Rui A.P. Perdigão und Günter Blöschl</i> Das Juni-Hochwasser 2013 in Österreich	89
<i>Franz-Klemens Holle und Stefan Laurent</i> Festlegung von Bemessungswerten unterhalb gesteuerter Speicher am Beispiel des Lechs	99

<i>Gudrun Seidel</i>	
DWA-Themenheft "Flutpolder" – Wesentliche Inhalte und Ausblick	111
<i>Peter Rutschmann und Minh Duc Bui</i>	
Hochwasser und Geschiebe am Hochrhein	123
<i>Daniel Skublics</i>	
Großräumige Modellierung von Hochwasserrückhalt und Hochwasserretention im Einzugsgebiet der bayerischen Donau	135
<i>Simon Seibert und Uwe Ehret</i>	
Series Distance – ein innovatives Gütemaß zur Bewertung der Simulationsgüte hydrologischer und hydraulischer Modelle	145
<i>Wolfgang Rieger</i>	
Welches Potenzial haben dezentrale Hochwasserschutzmaßnahmen bei Ereignissen wie dem Juni-Hochwasser 2013?	159
<i>Theodor Strobl</i>	
Lehren aus dem Juni-Hochwasser 2013 – Hochwasserschutz im Konsens mit dem Bürger?	171
<i>Markus Disse, Patrick Keilholz und Winfried Willems</i>	
Neuer Beitrag zur Dimensionierung von Schöpfwerken an Flusspoldern	181
<i>Arnd Hartlieb und Richard Huber</i>	
Hochwasserschutzprojekte im wasserbaulichen Modellversuch	191

Anhang:

Bisher erschienene Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt
für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Neuer Beitrag zur Dimensionierung von Schöpfwerken an Flusspoldern

Markus Disse, Patrick Keilholz und Winfried Willems

Kurzfassung

Schöpfwerke sind Einrichtungen, um Gebiete zu entwässern und damit überschwemmungsfrei zu halten. Die betroffenen Regionen, sogenannte Polder, liegen zumeist tiefer als der Vorfluter, so dass das Wasser künstlich mit Hilfe von Pumpen in diese gehoben werden müssen. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen sollte das zu pumpende Volumen so gering wie möglich gehalten und die Leistung der Pumpen nicht überdimensioniert werden. Insbesondere die Bemessung der Pumpen ist eine schwierige Aufgabe, da sich die Zuflüsse zum Schöpfwerk aus unterschiedlichen Anteilen zusammensetzen. Neben den Zuflüssen, die aus dem Hinterland in das Poldergebiet strömen, gibt es infolge von Niederschlägen Abflussprozesse im Polder selbst und zusätzlich über das Grundwasser einsickerndes Drängewasser, welches erheblichen Einfluss haben kann. Außerdem muss die Wahrscheinlichkeit ermittelt werden, dass ein Hochwasser im Vorfluter zeitgleich mit einem Hochwasser im Hinterland des Polders auftreten kann. Entlang der Donau wurden fünf Poldergebiete mit unterschiedlichen Randbedingungen bestimmt, an denen detaillierte hydrologische und hydraulische Untersuchungen mit dem Ziel einer wirtschaftlichen Bemessung durchgeführt. Für jeden Polder mit zugehörigem Schöpfwerk wurde ein Bemessungsnomogramm angefertigt, anhand dessen der Scheitelabfluss am Schöpfwerk bestimmt werden kann. Eine Verallgemeinerung aller Bemessungs-Nomogramme zu einem bayernweiten Gesamt-Nomogramm ist auf Grund der wenigen Gebiete nicht möglich, wenngleich die hier betrachteten Gebiete über ein zusammenfassendes Nomogramm gut abgebildet werden können. Zusätzlich wurde eine universell anwendbare Methodik zur Bemessung von Schöpfwerkszuflüssen entwickelt.

1 Untersuchungsgebiete

Für die durchgeführte Untersuchung werden die hydrologischen und hydraulischen Prozesse in den fünf Polderregionen Ainbrach, Irlbach, Natternberg, Auterwörth und Winzer / Säckerbach entlang der Donau (Flusskilometer: 2276 – 2311) untersucht, die über unterschiedliche Charakteristiken verfügen (Abbildung 1).

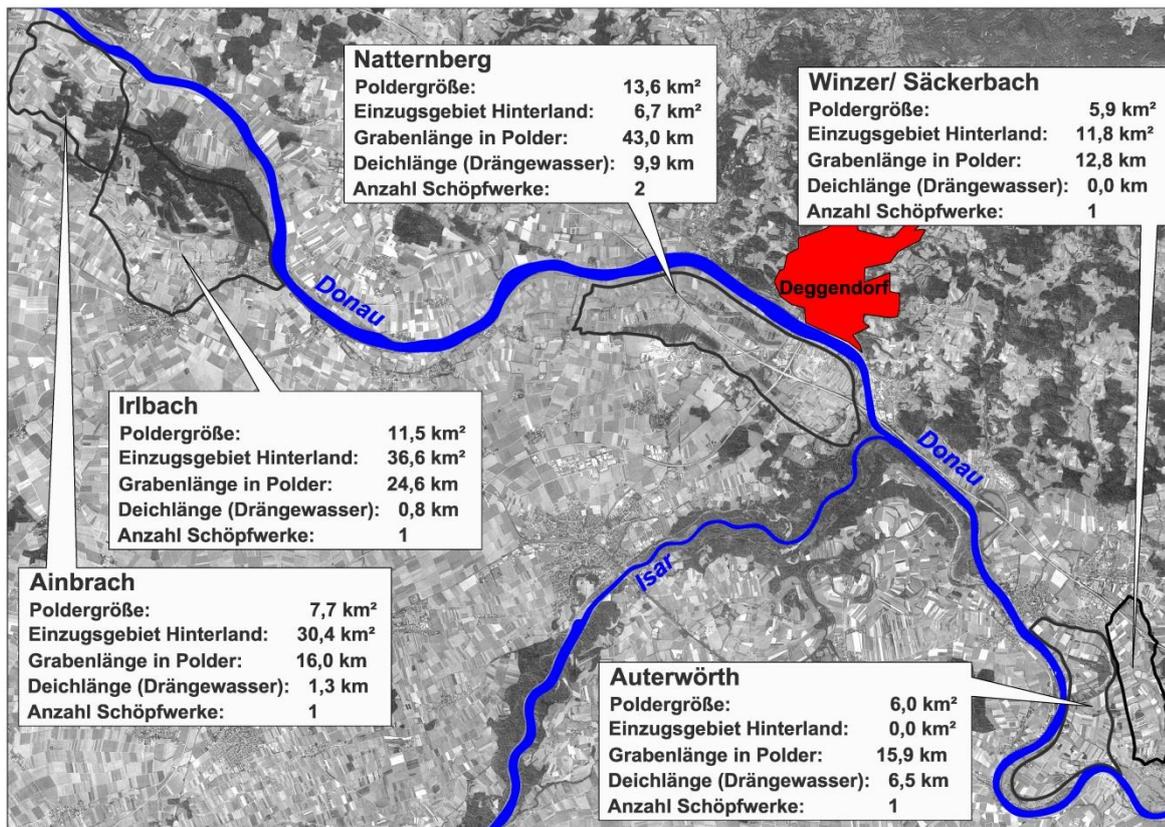


Abb. 1 Lage der Poldergebiete und deren Eigenschaften

Für die Berechnung der Schöpfwerkszuflüsse ist es notwendig, mehrere Modelle zu verwenden. So werden beispielsweise die Zuflüsse, die aus dem Hinterland dem Poldergebiet zufließen, mit dem Flussgebietsmodell IWK-Paket bestimmt. Da allerdings in den Poldergebieten durch die ausufernden Drainagegräben und die starke Vernetzung der Fließgewässer hydrodynamische Prozesse dominieren, ist dort eine zweidimensionale hydraulische Modellierung erforderlich. Die Simulation erfolgt mit dem Programm MIKE Flood (DHI-Wasy), das über eine effiziente 1D/2D-Kopplung verfügt und zusätzlich ein N-A-Modell beinhaltet, mit dem die Abflussbildung in den Poldern berechnet werden kann. Die Bestimmung der Drängewassermengen, insbesondere der Qualmwassermengen, erfolgt mit dem Modell FEFLOW (DHI-Wasy), wodurch die Topografie im Polder mit berücksichtigt werden kann. Eine Plausibilisierung der Modelle erfolgt anhand des im Hinterland des Irlbachpolder befindlichen Pegels (Haberkofen/ Ödbach) und der Schöpfwerksaufzeichnungen. Die Modelle werden für unterschiedliche Berechnungsszenarien genutzt, aus denen die Bemessungsregeln für die Schöpfwerke abgeleitet werden.

2 Gleichzeitiges Auftreten von behinderter Vorfluter und Hochwasser im Polderhinterland

Lastfälle an Schöpfwerken treten dann ein, wenn Hinterlandhochwasser wegen behinderter Vorflut oder unzureichender Leistungsfähigkeit des Siels nicht abgeführt werden können. Nachfolgend wird die Frage behinderter Vorflut betrachtet. Ziel ist es dabei, einen für das Hinterland maßgeblichen Bemessungsniederschlag beliebiger Jährlichkeit abzuleiten, dessen statistische Ermittlung allein auf Niederschlagsereignissen in Phasen behinderter Vorflut basiert. Der so ermittelte Bemessungsniederschlag wird für die Niederschlag-Abfluss-Modellierung zugrunde gelegt. Es wird vorausgesetzt, dass die hydraulische Leistungsfähigkeit des Siels zur Abführung hundertjähriger Abflüsse bei freier Vorflut gegeben ist (vgl. auch Bank et al. (2007)).

Zur Ermittlung von Phasen behinderter Vorflut wird wie folgt vorgegangen: Zugrunde gelegt werden zunächst die Wasserstandsganglinien am Donaupegel Pfelling. Der Bemessungswasserstand am Schöpfwerk Irlbach (zulässiger Binnenwasserpegel 311,80 mNN) wird auf die Lage des Pegels hin ausgespiegelt. Anhand dieses pegelbezogenen Grenzwertes (ca. 435 m³/s) werden diejenigen Zeitphasen ausgewählt, in denen der Wasserstand überschritten wird. Wie Abbildung 2 bezogen auf das Kalenderjahr 2008 entnommen werden kann, korrespondieren die so gewählten Phasen sehr gut mit den aus den Schöpfwerksaufzeichnungen digitalisierten Pumpphasen in diesem Jahr.

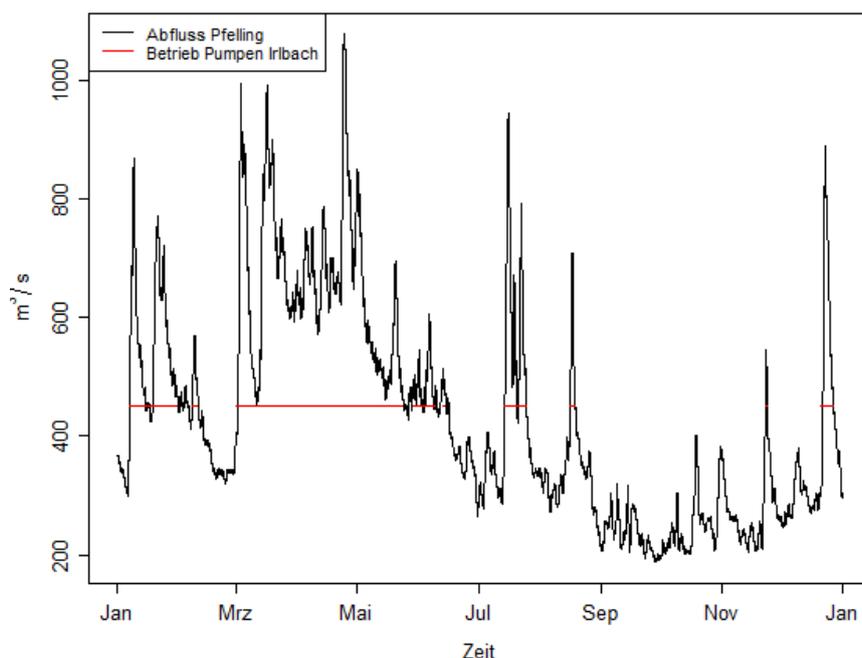


Abb. 2 Abflussganglinie am Pegel Pfelling sowie Zeiträume des Pumpenbetriebs am Schöpfwerk Irlbach im Kalenderjahr 2008

Bezogen auf die so ermittelten Zeiträume werden die an den zur Verfügung stehenden Niederschlagsstationen registrierten Niederschlagssummen extrahiert. Da Niederschlagssummen hoher Jährlichkeit ermittelt werden müssen und nur die Reihe Regensburg über einen längeren Messzeitraum (seit Mai 1953, Datenlücke im Zeitraum Januar 1981 bis März 1994) verfügt, ist diese Datensituation in geeigneter Weise beim anzuwendenden Verfahren zu berücksichtigen. Es wird wie folgt vorgegangen: Zunächst werden bezogen auf die vorliegenden Niederschlagsinformationen für alle verfügbaren Niederschlagsstationen Jahresserien von Niederschlagshöchstwerten für verschiedene Dauerstufen in Zeiten der Vorflutbehinderung gebildet. Um zu Bemessungsniederschlägen beliebiger Dauerstufe und Jährlichkeit zu gelangen, wird die KOSTRA-Methode (Bartels et al., 2006) wie folgt modifiziert:

- Anstelle der zweiparametrischen Gumbel- wird die dreiparametrische Generalisierte Extremwert-Verteilung verwendet.
- Es erfolgt ein Übergang von einer lokalen (nur auf einer Stationsreihe basierenden) zu einer regionalen (auf mehreren Stationen) basierenden Parameterschätzung, indem Serierdaten mehrerer Stationen zusammengeführt werden (vgl. dazu Hosking / Wallis 1997)
- Die zweistufige Vorgehensweise wird in eine einstufige überführt, in dem die Anpassung an mehreren Dauerstufen gleichzeitig erfolgt und dabei die Lokations- und Skalenparameter als Funktion von der Dauerstufe ermittelt werden.

Die so ermittelten Bemessungsniederschläge sind geringer als die von KOSTRA vorgegebenen Werte (Tabelle 1).

Tabelle 1 Quotienten Wert KOSTRA / Wert behinderte Vorflut

Dauerstufe [h]	T=1	T=2	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
1	1.594	1.322	1.272	1.252	1.235	1.219	1.254
2	1.640	1.335	1.259	1.227	1.201	1.226	1.255
4	1.483	1.347	1.250	1.277	1.233	1.243	1.213
6	1.511	1.355	1.246	1.265	1.217	1.222	1.237
12	1.559	1.373	1.329	1.250	1.257	1.245	1.201
24	1.627	1.416	1.356	1.267	1.267	1.249	1.252

Die Frage der Gleichzeitigkeit des Auftretens von Hochwasserereignissen an Donau und den Poldereinzugsgebieten wird auf der Grundlage einer zweidimensionalen bivariaten Extremwertanalyse (Tawn, 1988, Salvadori / Michele 2004) umgesetzt. Bezogen auf den Zeitraum gemeinsamer Datenverfügbarkeit wird eine partielle Hochwasserserie gebildet, deren Schwellenwert so gewählt wird, dass die 27 höchsten Hochwasserereignisse an der Donau selektiert werden. Für diese 27 partiellen Höchstwerte werden

korrespondierende Höchstwerte in der Abflussreihe des Pegels Haberkofen innerhalb eines Datenfensters von 24 Stunden extrahiert und einer bivariaten Extremwertanalyse zugeführt (Abbildung 3).

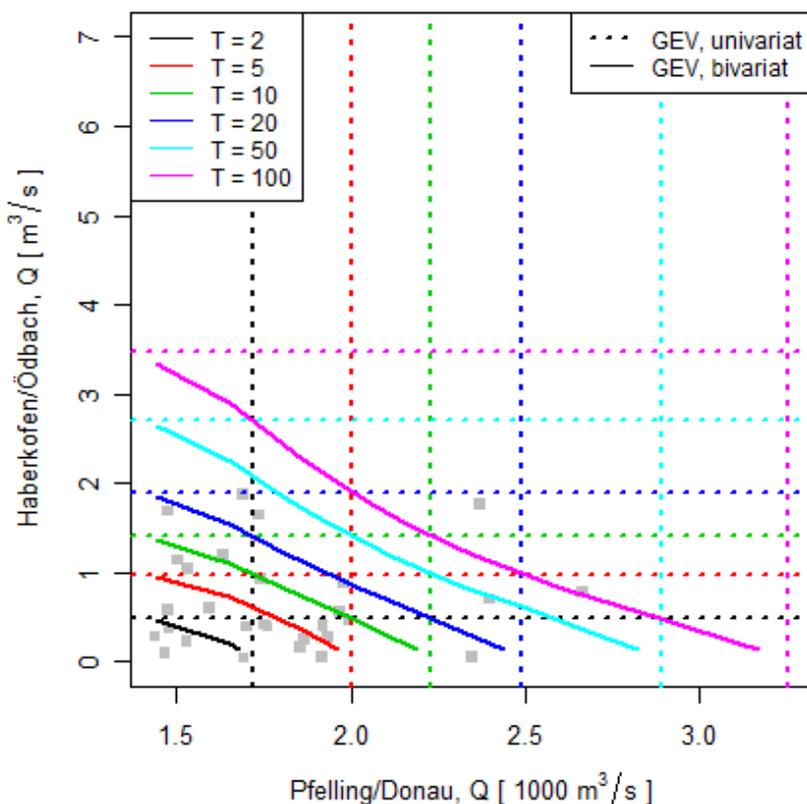


Abb. 3 Quantile aus bivariater Extremwertanalyse von Hochwasserabflüssen der Pegel Pfelling und Haberkofen

Das Ergebnis der Analyse zeigt, dass näherungsweise davon ausgegangen werden kann, dass die Zufallsvariablen näherungsweise unabhängig voneinander sind, so dass einfache Wahrscheinlichkeitsgesetze (multiplikative Verknüpfung) zugrunde gelegt werden können. Für die Gleichzeitigkeit von Drängewasser und Hinterlandabfluss resultieren damit folgende Kombinationen von Jährlichkeiten, um hundertjährige Situationen am Schöpfwerk zu erzeugen:

Tabelle 2 Kombination von Hinterland-Jährlichkeit und Drängewasserjährlichkeit zur Erzeugung hundertjähriger Ereignisse am Schöpfwerk

Jährlichkeit Hinterland	Jährlichkeit		
	T=5	T=20	T=100
Jährlichkeit Drängewasser	T=20	T=5	T=1
Resultierende Jährlichkeit am Schöpfwerk	T=100	T=100	T=100

3 Bemessung der Schöpfwerkszuflüsse

Der zentrale Kern der Untersuchung liegt in der Bestimmung der Schöpfwerkszuflüsse mehrerer ausgewählter Pumpstationen entlang der Donau, aus denen eine verallgemeinerte Bemessungsregel abgeleitet werden soll. Die Untersuchung der jeweiligen Einflüsse auf die Schöpfwerkszuflüsse wird anhand der folgenden physikalischen Werte (Parameter) durchgeführt:

- Gewässerrauhigkeit (K_{st} : 10, 20 und 30 $m^{1/3}/s$)
- Grabennetzdichte als Speicherkonstante (C: 1, 3 und 6 Std.)
- statistische Jährlichkeit (HQ: 5, 20 und 100)

Die Variablen müssen für jeden Polder mit seinen Schöpfwerk/-en individuell untersucht werden, was durch Variantenrechnungen erfolgt. Die unterschiedlichen Scheitelabflüsse und Wasservolumen, die infolge der verschiedenen Szenarien die Schöpfwerke erreichen, liefern Informationen über die Sensitivität der einzelnen variierten Parameter. Für jeden einzelnen Polder werden daher 27 unterschiedliche Berechnungen durchgeführt, von denen die Zuflussganglinien am Schöpfwerk und die Überflutungskarten dokumentiert werden.

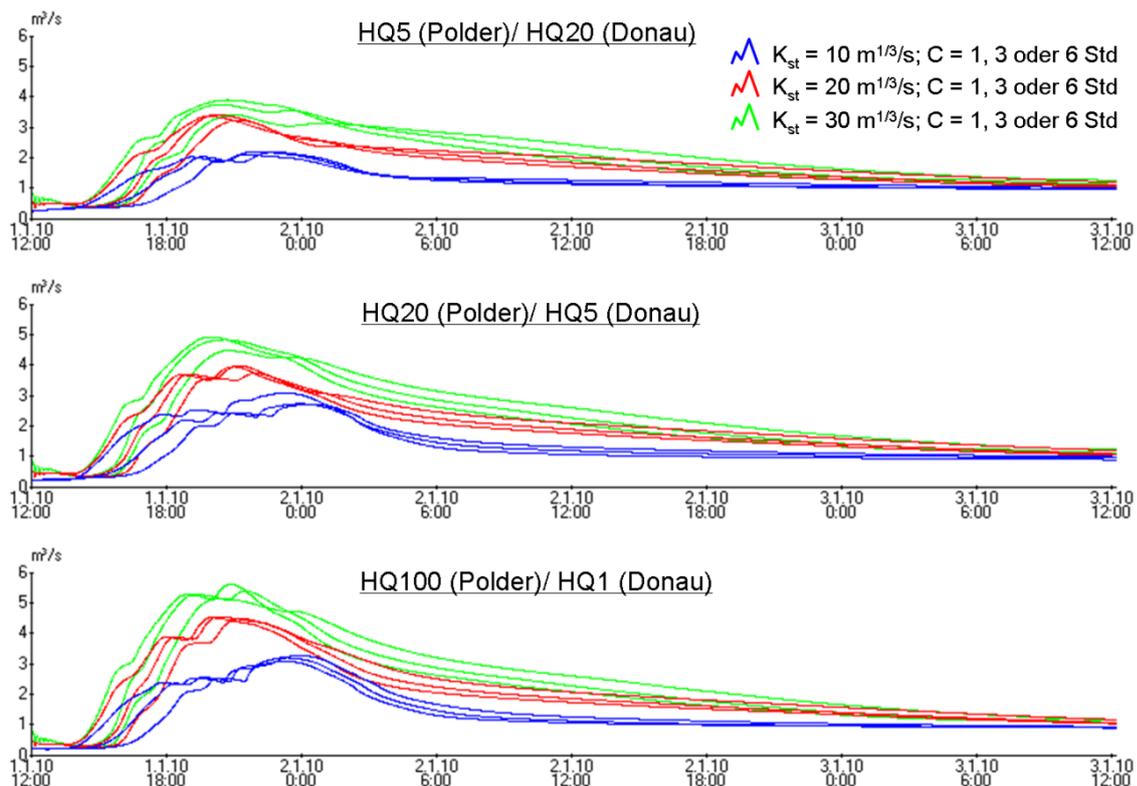


Abb. 4 Simulierte Abflussganglinien am Schöpfwerk Irlbach

Zudem können mit dem 2-dimensionalen hydraulischen Modell die Auswirkungen der Überflutungen im Polder simuliert werden. Besonders bei ausgeprägten Hochwasserwellen (HQ 100) aus dem Hinterland und stark verkrauteten Grabensystemen kann es zu weitreichenden Ausuferungen im Polder kommen. Dieser Effekt bewirkt einen Wasserrückhalt im Polder, was einen positiven Einfluss auf die Bemessung der Schöpfwerkspumpen hat (Dämpfung des Scheitelabflusses).

4 Verallgemeinerte Bemessungsregeln

Ziel der verallgemeinerten Bemessungsregeln ist die Nachbildung der im Rahmen der hydrologisch-hydraulischen Variantenrechnungen ermittelten Scheitelabflüsse am jeweiligen Schöpfwerk auf der Grundlage linearer Regressionsmodelle und deren Visualisierung durch Nomogramme. Die Interpretation der Nomogramme kann, wie das Beispiel des Irlbachpolder zeigt, wie folgt vorgenommen werden (Abbildung 5): In der obersten Reihe werden die Punkte für einzelne erklärende Variablen abgelesen, in dem ausgehend vom jeweiligen Wert auf der Zahlengeraden eine senkrechte Verbindung zur Punkte-Linie gezogen wird. Die so für jede erklärende Variable erreichten Punkte werden addiert und die erhaltene Summe auf der Linie „Gesamtpunkte“ abgegriffen. Die senkrechte Verbindung zur untersten Linie liefert dann den Wert zur Zielgröße. Gleichartige Nomogramme werden für jedes Schöpfwerk der untersuchten Poldergebiete entwickelt.

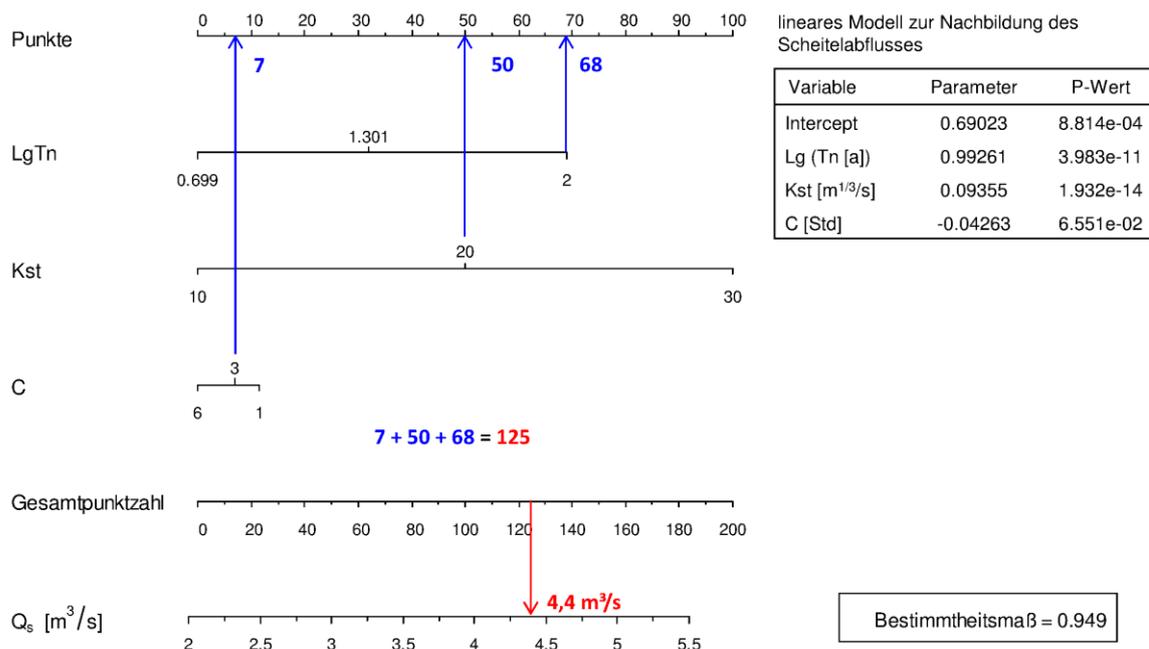


Abb. 5 Nomogramm Schöpfwerk Irlbach

Die Nomogramme stellen damit eine anschauliche Visualisierung der Ergebnisse der Regressionsmodelle dar. Dabei kann die Variablenachsenlänge unmittelbar als Maß für

die relative Erklärungskraft der jeweiligen Variable betrachtet werden. Interessant ist die Frage, ob die Einzelnomogramme zu einem allgemein gültigen Gesamtnomogramm zusammengefasst werden können. Um dies umzusetzen, werden folgende Schritte umgesetzt:

- Es werden die folgenden, die Poldereinzugsgebiete repräsentierenden, potenziell erklärenden Variablen erfasst:
 - Gesamteinzugsgebietsgrößen (Hinterland plus Polder) [km²],
Landnutzungsanteile der Klassen „bebaut“, „Acker“, „Wald“, „Wiese“ [-],
Flächenanteile der Bodenklassen („A“, „B“, „C“, „D“) [-],
 - mittlere Geländehöhe [m],
 - mittleres Gefälle [-] und
 - Gewässernetzdichte [km/km²] innerhalb der Polder.
- Anstelle des Scheitel-Hochwasserabflusses werden die logarithmierten Scheitel-Hochwasserabflussspenden q_s [l/s·km²] als Zielgröße modelliert.

Die potenziell erklärenden Variablen werden mit klassischen Techniken der statistischen Modellbildung hinsichtlich ihrer Signifikanz überprüft. Dabei zeigt sich, dass bereits die Erweiterung der einzelnen Poldermodelle durch das Gebietsmerkmal *Gesamteinzugsgebietsgröße* zu einem Bestimmtheitsmaß von mehr als 98% führt. Andererseits heben sich verschiedene weitere Gebietscharakteristika wie Landnutzungs- oder Bodenklasse, Geländehöhe, Gefälle und Gewässerdichte aufgrund der kleinen Anzahl unabhängiger Poldergebiete offensichtlich wechselseitig in ihrer Wirkung auf. Zum Teil wechseln sogar die Vorzeichen der ermittelten Koeffizienten bei kleinen Variationen der Stichprobe.

Aus den genannten Gründen wird ein Modell gewählt, bei dem alleine die logarithmierte Einzugsgebietsgröße als polderspezifisches Gebietsmerkmal einbezogen wird. Das Gesamtnomogramm zeigt Abbildung 6, in dem der dominierende Einfluss der Einzugsgebietsgröße deutlich erkennbar ist.

5 Ausblick

Die Ableitung einer Methodik, mit der ein einfacher Bemessungsansatz zur Dimensionierung von Schöpfwerken erstellt werden kann, ist prinzipiell möglich. Allerdings ist die hier zugrunde liegende Anzahl von Poldern nicht ausreichend, um belastbare Gesamtnomogramme abzuleiten. Hinzu kommt, dass die zur Verfügung stehenden Messdaten nicht ausreichend sind, um die hydrologischen, hydraulischen und geohydraulischen Situationen im Polder hinreichend zu beschreiben. Damit ein allgemein gültiger Bemessungsansatz zur Bemessung von Schöpfwerksleistungen in Bayern

entwickelt werden kann, sollten weitere Messungen hinsichtlich des geschöpften Wasservolumens, des Drängewassers und der Zuflüsse aus dem Hinterland durchgeführt werden und der Ansatz auf eine deutlich erweiterte Stichprobe von Poldern angewendet werden.

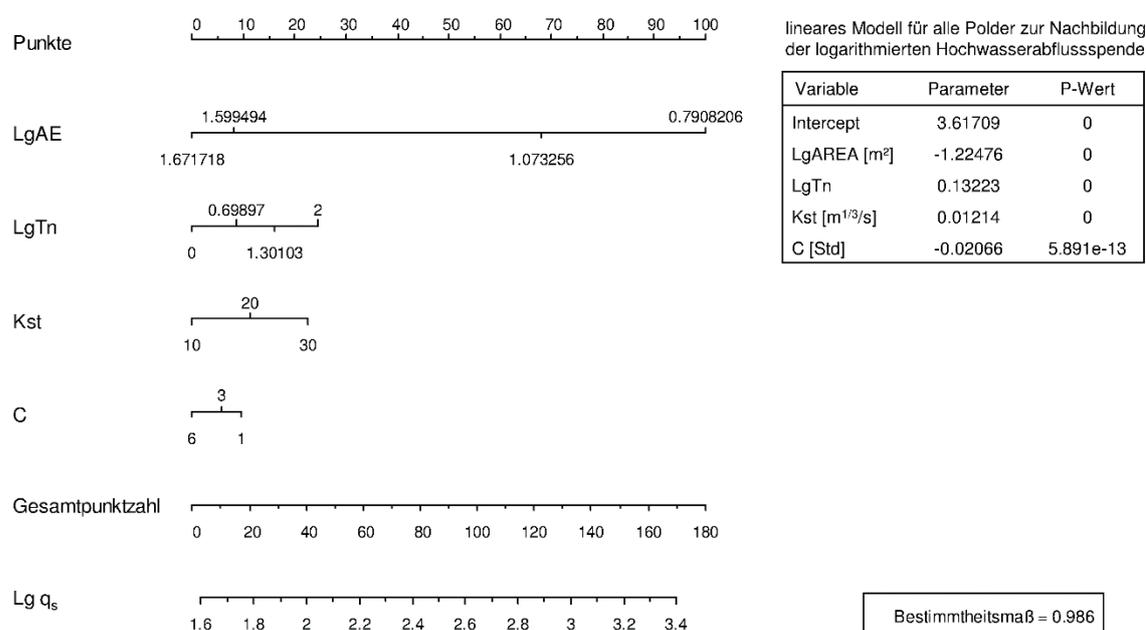


Abb. 6 Gesamtnomogramm auf Grundlage der Polder Ainbrach, Irlbach, Winzer und Auterwörth

Förderung

Die Autoren bedanken sich beim Wasserwirtschaftsamt Deggendorf für die Förderung des Forschungsprojekts *Entwicklung einer Methodik zur Bemessung von Schöpfwerksleistungen in Bayern* (Projektlaufzeit: 03/2009 – 02/2011)

Literatur

- Bank, E., Vogt, B., Lerch, A. (2007) Bemessung von Schöpfwerken durch statistische Analysen von Kanalisations- und Hochwasserabflüssen. KA Abwasser, Abfall, 12, S. 1226-1231
- Bartels, H., Dietzer, B., Malitz, G.; Albrecht, F. M., Guttenger, J. (2006) KOSTRA-DWD-2000, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 – 2000) Fortschreibungsbericht, Deutscher Wetterdienst, Berlin.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R. (1997): Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments
- Salvadori, G. and Michele, C.D. (2004): Frequency analysis via copulas: Theoretical aspects and applications to hydrological events. Water Resources Research, 40, W12511, p. 1-17
- Tawn, J. A. (1988): Bivariate extreme value theory: models and estimation. Biometrika, 75, p.397–415.

Anschriften der Verfasser

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse
Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement
Technische Universität München
Arcisstr. 21
80333 München
markus.disse@tum.de

M. Eng.; Dipl.-Ing. (FH) Patrick Keilholz
Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement
Technische Universität München
Arcisstr. 21
80333 München
patrick.keilholz@tum.de

Dr. Winfried Willems
Ingenieurhydrologie, Angewandte Wasserwirtschaft und Geoinformatik (IAWG)
Alte Landstr. 12 - 14
85521 Ottobrunn
info@iawg.de