

## Flussgebietsmodell Blies

Thomas Kreiter, Ingenieurbüro für Hydrologie und Gewässerschutz (ihg)

St. Ingberter Straße 49, 66583 Spiesen-Elversberg, email: Kreiter@ihg-www.de

### 1 Einleitung

Seit jeher richtet die Blies in den gewässernahen Ortschaften und Städten mit ihren mehr oder weniger regelmäßig wiederkehrenden Hochwassern z. T. verheerende volkswirtschaftliche Schäden an („... allein das Dezemberhochwasser von 1993 verursachte Kosten von über 100 Millionen Mark ...“ Quelle: Die Rheinpfalz) und fordert im schlimmsten Fall sogar Menschenleben. So wuchs in der Vergangenheit auch der Druck aus der Öffentlichkeit und Forderungen nach wirksamen Hochwasserschutzmaßnahmen wurden lauter „...Habkircher ließen mächtig Dampf ab, die Bürgerinitiative "Hochwasserschutz" hat bei der Gemeinderatssitzung heftig protestiert...“ (Quelle: Saarbrücker Zeitung).

Auch von den 10 „offiziellen“ Hochwasserbrennpunkten des Saarlandes [MfU, 1995] liegen alleine 4 an der Blies (St. Wendel, Ottweiler, Neunkirchen-Wiebelskirchen und Blieskastel, vgl. Abb. 1).

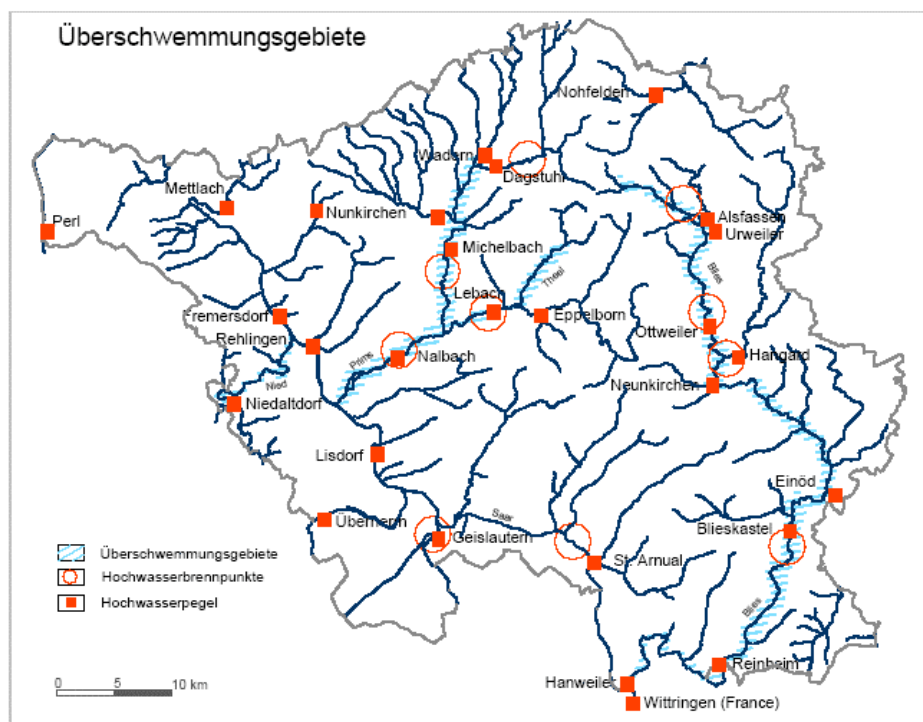


Abb. 1: Ausgewiesene Überschwemmungsgebiete und Hochwasserbrennpunkte im Saarland. Quelle: MfU Saarland

Die o. a. Beispiele verdeutlichen die Notwendigkeit, den Hochwasserschutz an der Blies durch moderne, nachhaltige Maßnahmen zu verbessern. Dies beinhaltet die

frühzeitige Integration der Betroffenen ebenso, wie die Gewährleistung einer maximalen Projekttransparenz durch interdisziplinäres, länderübergreifendes Zusammenarbeiten von Fachbehörden und Planungsinstanzen.

Im Rahmen moderner Hochwasserschutzprogramme stellen Flussgebietsmodelle eines der zentralen Werkzeuge dar, mit deren Hilfe Bemessungsgrößen bestimmt, Maßnahmen beurteilt und Varianten verglichen werden können. Zudem fordert die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie die Ausrichtung der Bezugsräume auf Flussgebiete und Flussgebietseinheiten. Die kombinierte Betrachtung naturwissenschaftlicher und sozioökonomischer Aspekte sowie der hohe Stellenwert der Öffentlichkeitsbeteiligung sind Beispiele für einen höchst integrativen Planungsansatz. Zukünftige Planungsprozesse im Flusseinzugsgebietsmanagement, wie beispielsweise die Phase der Bewirtschaftungsplanung, machen den Einsatz von Flussgebietsmodellen ebenso erforderlich wie die bereits erwähnten Hochwasserschutzkonzepte und Maßnahmenplanungen.

Aus den o. g. Gründen wurde das Ingenieurbüro für Hydrologie und Gewässerschutz (ihg) vom MfU des Saarlandes mit der Aufstellung eines Modells für das Einzugsgebiet der Blies beauftragt. Sowohl die Vorgehensweise bei der Modellaufstellung als auch die Modelleigenschaften werden nachfolgend beschrieben. Abschließend wird anhand des Beispiels „Hochwasserschutzkonzeption (HWSK) für die Stadt St. Wendel“ der Einsatz des Modells im Rahmen konkreter Projekte erläutert.

## **2 Software**

Bei der Aufstellung des Flussgebietsmodells für die Blies kam das Konzeptmodell NAM-NKF (Niederschlag-Abfluss-Modell für natürliche und kanalisierte Flächen) zum Einsatz. NAM-NKF stellt eine an der Universität Kaiserslautern und durch ihg weiterentwickelte Version des rein hydrologischen Flussgebietsmodells FGM der Universität Karlsruhe dar. Die zusätzlichen Optionen ermöglichen insbesondere

- eine Langzeit-Seriensimulation (neben statistischen Bemessungsregen);
- eine verbesserte Simulation der Abflussbildung für die durchlässigen Flächen (u. a. variable Abflussbeiwerte nach *Zaiß* und *Lutz* oder Bodenspeichermodell nach *Ostrowski*) sowie für undurchlässige Flächen gemäß dem Kanalnetzmodell HYSTEM-EXTRAN;
- eine Kalibrierung der Kanalnetzparameter anhand hydrodynamischer Berechnungen.

### 3 Modellansätze

#### 3.1 Abflussbildungsansatz nach Zaiß

Aufgrund der Ergebnisse eines Verfahrensvergleiches in [Sartor, 1997] sowie allgemein guter Anwendungserfahrungen wird diese auch in [ATV-DVWK, 2004] und in [DVWK, 1999] genannte Weiterentwicklung des SCS-Verfahrens in vielen N-A-Modellen (so wie z. B. [IHH, 1990] oder [BGS, 1998]) standardmäßig verwendet und wurde deshalb auch beim Flussgebietsmodell der Blies eingesetzt. Das Verfahren ist in [Zaiß, 1989] detailliert beschrieben.

Die Erweiterungen des Original-SCS-Verfahrens durch [Zaiß, 1989] beziehen sich auf folgende Punkte:

- Einführung eines verbesserten Ansatzes zur Berücksichtigung der Vorgesichtsabhängigkeit;
- Änderung des Verlustverhältnisses VV von 0,2 auf 0,05;
- Verwendung eines pro Zeitintervall jeweils mit der akkumulierten Niederschlagssumme ermittelten variablen Abflussbeiwertes.

Die Vorregengeschichte (Bodenfeuchte) und die jahreszeitlichen Einflüsse (Vegetationsstand, Temperatur usw.) prägen die aktuelle Abflussbereitschaft des Einzugsgebiets zu Ereignisbeginn. Diese Einflussgrößen sind für das Verfahren nach Zaiß von entscheidender Bedeutung und werden in NAM-NKF standardmäßig durch den 21-tägigen Vorregenindex berücksichtigt.

Der zeitliche Verlauf des Effektivregens wird durch den variablen Abflussbeiwert  $\Psi_i$  in Abhängigkeit der akkumulierten Niederschlagssumme  $SN_i$  bis zur Mitte des aktuellen Zeitintervalls  $i$  bestimmt (integrale Form):

$$\Psi_i = 1 - \left( \frac{AV}{0,05 \cdot SN_i + 0,95 \cdot AV} \right)^2 \quad [-] \quad (1)$$

mit:  $\psi_i$ : Abflussbeiwert im aktuellen Intervall  
 $SN_i$ : Summe der Niederschläge im aktuellen Intervall  
 AV: Anfangsverlust

Gegenüber dem klassischen Ansatz, den mittleren Abflussbeiwert konstant über das gesamte Ereignis anzusetzen, hat diese Form den Vorteil, dass die mit der fortschreitenden Wassersättigung des Bodens zunehmende Abflusshöhe in ihrem zeitlichen Verlauf wirklichkeitsnah wiedergegeben werden kann. Ferner wird der aktuelle Abflussbeiwert so (auch rechnerisch) unabhängig von der Gesamthöhe des Ereignisses.

Zur Berücksichtigung der Bodenregeneration während Regenspauzen dient ein Zwischenverlust ZV, der das erhöhte Wasseraufnahmevermögen des Bodens bei erneut einsetzendem Niederschlag berücksichtigt. Der entscheidende Parameter bei diesem erweiterten SCS-Verfahren bleibt der CN-Wert, der sich bei fehlender Kalibrierungsmöglichkeit auch aus Gebietsmerkmalen ableiten lässt und für den allgemein vielfältige Erfahrungen vorliegen. Als Eingangsgrößen kommen gegenüber dem Original-SCS-Verfahren lediglich die Jahreszeit und die Niederschlagshöhen der 21 Tage vor dem Ereignis hinzu.

### 3.2 Abflusskonzentrationsansatz Doppelspeicherkaskade

Kaskadenmodellen liegt die Modellvorstellung zugrunde, dass die Reaktion des Einzugsgebietes durch die Rückhaltewirkung von  $n$  hintereinander geschalteten Linear speichern wiedergegeben wird, die jeweils durch die Speicherkonstante  $K$  (Dimension: [h]) charakterisiert sind. Werden mehrere solcher Kaskaden nebeneinander angeordnet, spricht man von Parallelspeicherkaskaden. Im Rahmen des Flussgebietsmodells Blies wurde die Doppelspeicherkaskade gemäß Abb. 2 verwendet. Dabei repräsentiert die erste Kaskade schnell reagierende Abflussanteile (z. B. aus gewässernahen Flächen oder Oberflächenabfluss) und die zweite Kaskade langsamere Komponenten (z. B. entfernte Flächen oder entsprechend verzögerte Interflow-Anteile). Das Aufteilungsverhältnis des effektiven Niederschlags auf die beiden Kaskaden bestimmt sich aus dem Faktor  $\beta$  [-].

Die Übertragungsfunktion der Doppelspeicherkaskade ergibt sich allgemein gültig zu:

$$u_H(t) = \beta \cdot \frac{t^{n_1-1}}{K_1^{n_1} \cdot \Gamma(n_1)} \cdot e^{-t/K_1} + (1-\beta) \cdot \frac{t^{n_2-1}}{K_2^{n_2} \cdot \Gamma(n_2)} \cdot e^{-t/K_2} \quad [1/h] \quad (2)$$

mit:             $n$ :        Anzahl der Einzellinearspeicher pro Kaskade  
                    $K$ :        Speicherkonstante [h] der jeweiligen Kaskade  
                    $\Gamma(n)$ :    Euler'sche Gammafunktion

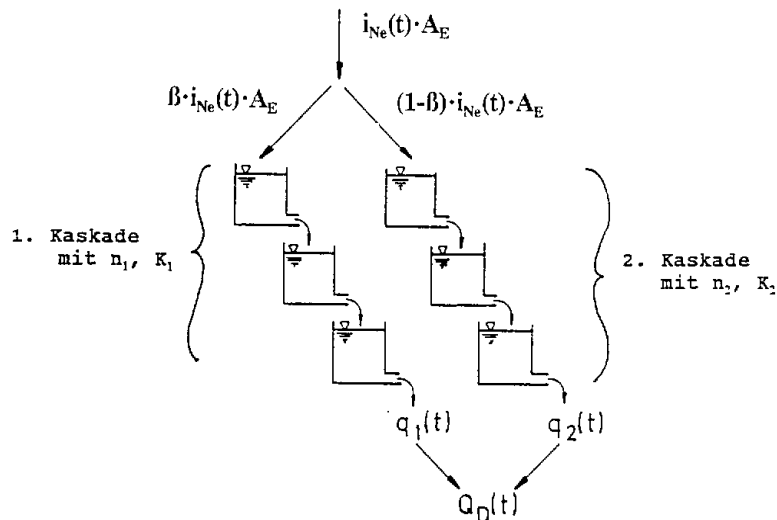


Abb. 2: Prinzip der Doppelspeicherkaskade. Quelle: [DVWK, 1999]

### 3.3 Abflustransportansatz nach Kalinin-Miljukov

Ein in der Praxis häufig verwendetes Verfahren ist die Kaskade von gleichen, linearen Speichern nach *Kalinin-Miljukov*. Das Modell besitzt zwei Parameter, die Anzahl  $n$  [-] und die Retentionskonstante  $k$  [h] der linearen Speicher. In einem linearen Speicher ist die Steigung der Inhalts-Ausfluss-Beziehung konstant.

$$S = k Q_A \quad [m^3] \quad (3)$$

$$dS / dQ = k = \text{const.} \quad [h] \quad (4)$$

In einem Gerinneausschnitt mit der charakteristischen Länge  $l_{ch}$  lässt sich der instationäre Ausfluss  $Q_A$  auf die stationäre Abflusskurve  $Q_{stat}(h)$  beziehen. Der differentielle Speicheranteil  $dS$  setzt sich geometrisch aus der Speicherlänge  $l_{ch}$ , der Spiegelbreite  $b_{sp}$  und der differentielle Wassertiefe  $dh$  zusammen. Damit lässt sich die Retentionskonstante  $k$  ebenfalls ausschließlich mit Hilfe der stationären Abflusskurve  $Q_{stat}(h)$  und der Querschnittsgeometrie  $b_{sp}(h)$  bestimmen.

$$k = l_{ch} \int b_{sp}(h) dh / dQ_{stat} \quad [m^3] \quad (5)$$

Mit diesem Verfahren wurde beispielsweise auch im Rahmen des IRMA IIc-Projekts „Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhöhung des Retentionspotenzials der Blies“ [NLS, 2001] die Abfluss-Volumen-Beziehung gemäß [DVWK, 1999] berechnet.

## 4 Gewässer und Einzugsgebiet

Die Blies entspringt auf ca. 420 m+NN bei Selbach in der Nähe der Nahe- und Primsquelle aus 3 Quellen. Auf ihrem Fließweg legt die Blies bis zur Mündung in die Saar auf ca. 195 m+NN eine Strecke von rund 74 km zurück. Dies entspricht einem durchschnittlichen mittleren Gefälle von rund 3 ‰. Ihr  $A_{E0} = 1.890 \text{ km}^2$  großes Ge-

samteinzugsgebiet weist einen typischen Mittelgebirgscharakter auf und liegt zu etwa 37 % im Saarland, zu 46 % in Rheinland-Pfalz und zu 17 % in Frankreich. Den bedeutendsten Zufluss bildet der Schwarzbach mit  $A_{E0} = 1.152 \text{ km}^2$  bis zum Pegel Einöd (vgl. Abb. 4 und 5).

Im östlichen Bereich des Einzugsgebietes finden sich nahezu ausschließlich bewaldete Gebiete (Pfälzer Wald), während sich weiter westlich die versiegelten Flächen zunehmend akkumulieren (Neunkirchen, Bexbach, Homburg und Zweibrücken). Nördlich von Neunkirchen sowie südlich von Blieskastel findet man Flächen, die vorwiegend der Acker- und Grünlandnutzung unterliegen (St. Wendeler Land und Bliesgau). In ihrem Mittellauf im Bereich Schwarzbachmündung bis unterhalb von Blieskastel bildet die Blies breite, im Saarland einzigartige Auen aus, in denen sie z. T. starke Mäander aufweist (siehe Abb. 3) und die gemäß [Sartor, 2002] selbst bei großen Hochwassern wie beispielsweise im Dezember 1993 mit Scheitelabminderungen von 20 % nicht unerheblichen zum Hochwasserschutz beitragen.



Abb. 3: Blick in die Bliesau bei Blieskastel

## 5 Modellstruktur und Eingangsdaten

Die Struktur des Flussgebietsmodells ist in Abb. 4 dargestellt. Das Modell besteht insgesamt aus 77 Modellknoten, 50 überwiegend natürlichen Teilflächen, 24 kanalisiertem Teilflächen und 44, gemäß dem Ansatz nach *Kalinin-Miljukov*, detailliert simulierten Gewässerabschnitten.

Als Eingangsdaten dienen die Niederschlagswerte von insgesamt 33 Niederschlagsstationen. Dabei wurden die Tageswerte der 6 verwendeten Niederschlagsmesser an den Intensitätsverlauf geeigneter Niederschlagsschreiber (i. d. R. nächstgelegener) angeglichen. Die maßgebenden Einflussbereiche der einzelnen Stationen wurden durch das Polygonverfahren nach Thiessen bestimmt und sind Abb. 5 zu entnehmen.

Das Einzugsgebiet wird derzeit von insgesamt 15 „brauchbaren“ Pegeln kontrolliert. Eine Übersicht über die im N-A-Modell verwendeten Pegel gibt Tabelle 1.

Der Berechnungszeitschritt wurde einheitlich zu  $\Delta t = 5,0$  min gewählt, um die zahlreichen kanalisierten Teilflächen noch ausreichend genau zu modellieren.

Pegel/Gewässer	Einzugsgebiet
[-]	[km <sup>2</sup> ]
Alsfassen/Blies	42,0
Althornbach/Hornbach	424,0
Contwig/Schwarzbach	530,0
Eichelsbacher Mühle/Felsalbe	28,4
Einöd/Schwarzbach	1152
Hangard/Oster	114
Hornbach/Schwalb	111,0
Lautzkirchen/Würzbach	56,1
Neunkirchen/Blies	318
Oberauerbach/Auerbach	73,9
Ottweiler/Blies	142,0
Reinheim/Blies	1798
Urweiler/Todbach	42,1
Walshausen/Felsalbe	69,4
Walsheim/Hetschenbach	6,15

Tab. 1: Pegelübersicht

## 6 Kalibrierung und Validierung

Zur Kalibrierung des Modells wurden für jeden der o. g. 15 Gewässerpegel die Hochwasserereignisse vom Januar 1993, Dezember 1993, Januar 1995, Februar 1997 und Oktober 1998 simuliert ( $\Rightarrow 5 \times 15 = 75$  Simulationen). Dabei wurden die Parameter für Abflussbildung und Abflusskonzentration solange variiert, bis eine bestmögliche Anpassung der gerechneten Ganglinie an die gemessene gefunden wurde. Alle Anpassungen wurden mit dem jeweils gleichen Parameterdatensatz erzielt.

Zur quantitativen Beurteilung der Modellgüte existieren mehrere Ansätze. Die modifizierte Standardabweichung STAN nach *Maniak* vergleicht die Varianz der gemessenen mit der Varianz der simulierten Ganglinie.

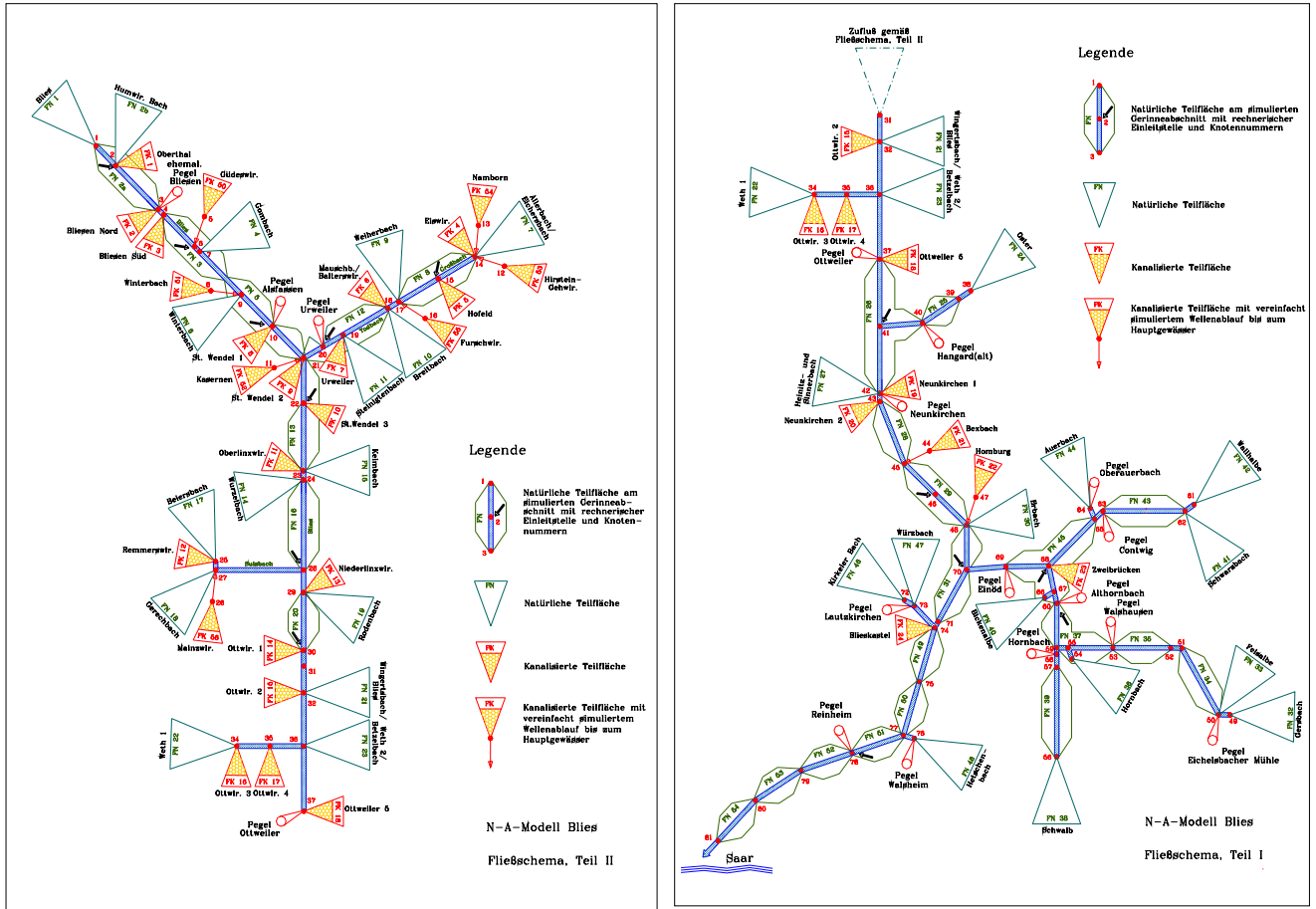


Abb. 4: Fließschema des Flussgebietsmodells

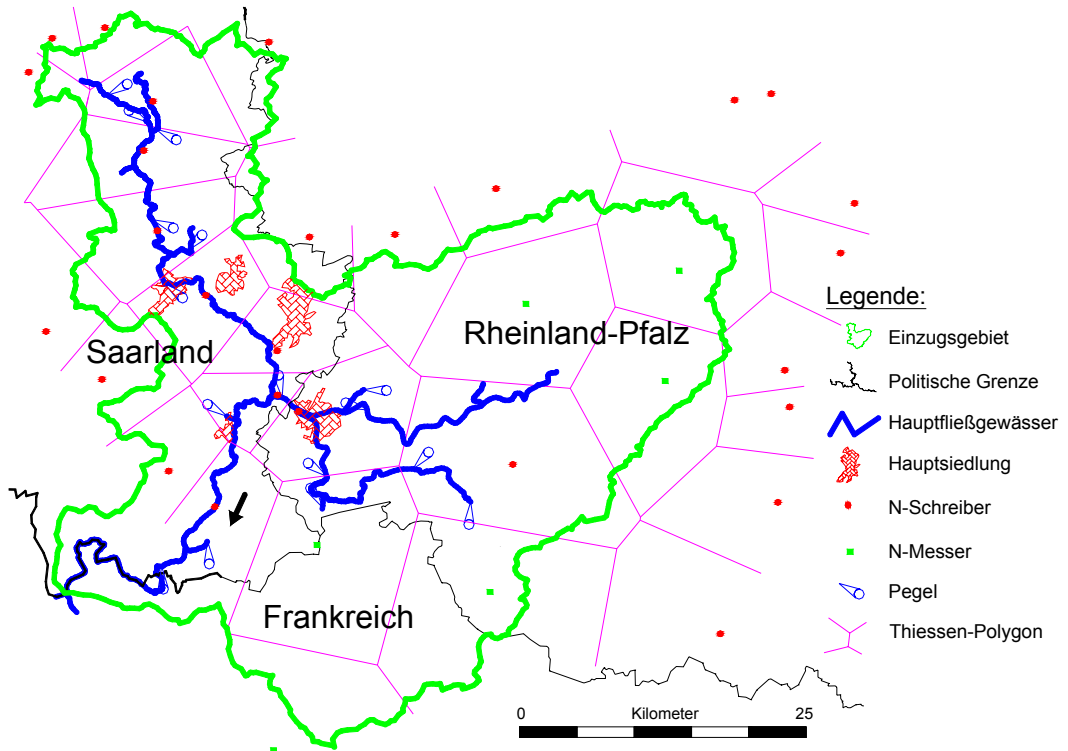


Abb. 5: Gebietsübersicht



Die Deviation DEVS nach [Schulz, 1968] ist die gewichtete Summe der absoluten Abweichung zwischen gemessener und berechneter Ganglinie bezogen auf den Maximalwert der gemessenen Ganglinie. Dabei werden Abweichungen in der Nähe des Maximums stärker gewichtet als Abweichungen bei kleineren Ordinaten. Auch Zeitverschiebungen der beiden Ganglinien wirken sich negativ auf die Beurteilung der Modell- bzw. Anpassgüte aus.

Die Prüfgröße DEVM nach [Ritscher, 1971] bezieht den Wert DEVS auf den Mittelwert der gemessenen Ganglinie.

Zur quantitativen Beurteilung der Modellgüte sind nach *Maniak* und [Schulz, 1968] die in Tabelle 2 genannten Wertebereiche der o. g. Prüfgrößen bekannt, die u. a. auch von [Ritscher, 1971] bestätigt wurden. Zudem ist in Tabelle 2 auch der Wertebereich der Volumenbilanz VOL angegeben.

Prüfgröße	Anpassung			
	sehr gut	gut	brauchbar	schlecht
DEVS [%]	0 – 3	3 – 10	10 – 18	> 18
DEVM [%]	0 – 15	15 – 30	30 – 50	> 50
STAN [-]	1,0 – 0,85	0,85 – 0,65	0,65 – 0,35	< 0,35
VOL [%]	0 – 5	5 – 10	10 – 15	> 15

Tab. 2: Bewertung der Prüfgrößen

In jüngerer Zeit hat sich zunehmend die einheitslose Modelleffizienz  $R_{\text{eff}}$  gemäß Formel (6) mit  $-\infty < R_{\text{eff}} \leq +1,0$  als Gütemaß durchgesetzt. Die Modelleffizienz  $R_{\text{eff}}$  ist identisch mit der o. g. modifizierten Standardabweichung STAN. Die Gleichheit zwischen gemessener und simulierter Ganglinien entspricht  $R_{\text{eff}} = +1,0$ .  $R_{\text{eff}} < 0$  weist auf große Abweichungen hin.

$$R_{\text{eff}} = 1 - \frac{\sum (x_i - y_i)^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad [-] \quad (6)$$

mit:  $\bar{x}$ : mittlerer gemessener Wert  
 $x_i$ : gemessener Wert zum Zeitpunkt  $t_i$   
 $y_i$ : simulierter Wert zum Zeitpunkt  $t_i$

Beispielhaft ist das Ereignis vom Dezember 1993 als Ergebnis der Modellkalibrierung für den Pegel Reinheim in Abb. 6 dargestellt. Das Ereignis vom Dezember 1993 stellt am Pegel Reinheim das größte jemals registrierte Hochwasser dar.

Zur Kontrolle des kalibrierten Modells (Validierung) wurden anschließend die amtlichen Hochwasserstatistiken der einzelnen Pegel mittels synthetischer Niederschläge nachgerechnet. Als Eingangswerte für den Niederschlag wurden grundsätzlich Mittelwerte der KOSTRA-Statistik aus [DWD, 1997] verwendet. Für Einzugsgebiete größer 300 km<sup>2</sup> wurde der Niederschlag gemäß [DVWK, 1984] um 10% abgemindert. Die Modellergebnisse weichen um maximal  $\pm 20\%$  (im Mittel rund 1 %) von den gemessenen Pegelwerten ab. Die Abweichung liegt somit in der im KOSTRA-Atlas von 1997 genannten üblichen Größenordnung, mit der bereits der Niederschlag behaftet ist.

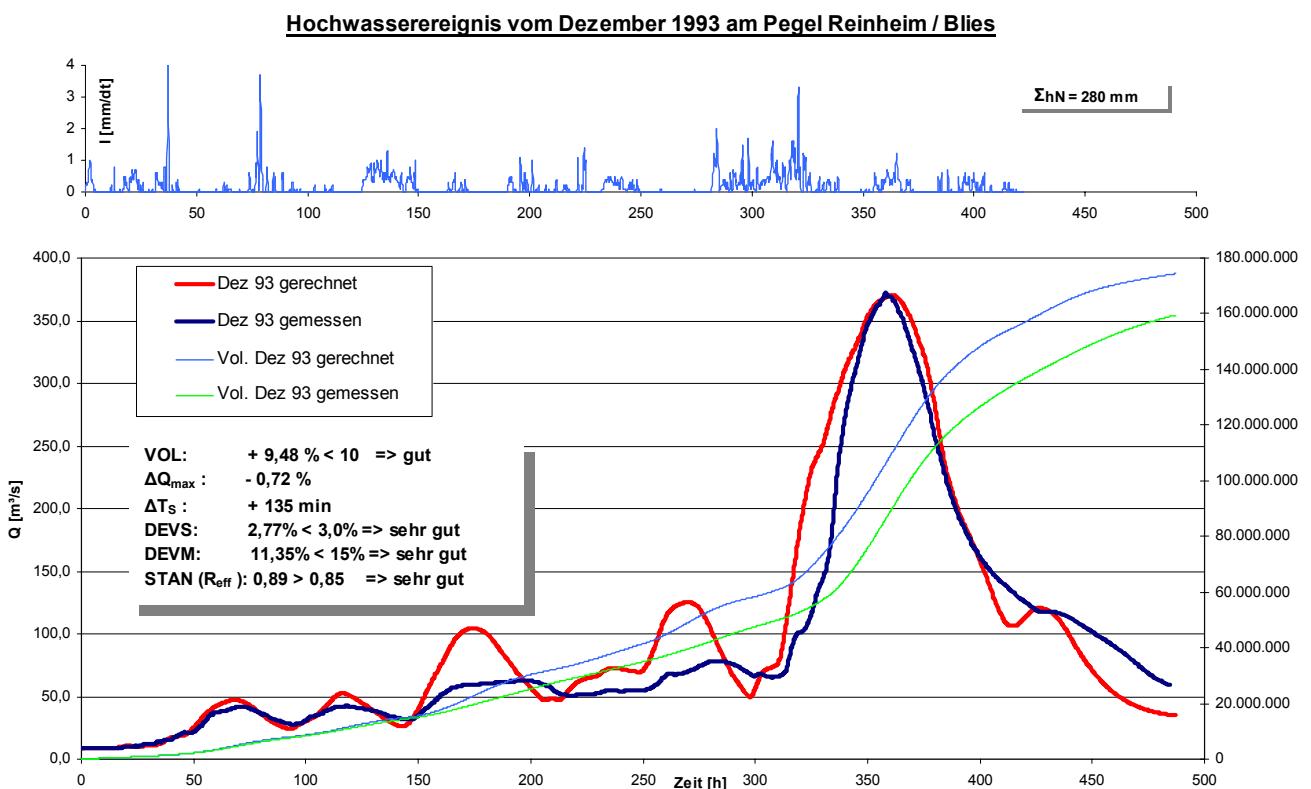


Abb. 6: Ergebnis der Parameterjustierung für den Pegel Reinheim. Ereignis: Dezember 1993

## 7 Flussgebietsmodell im praktischen Einsatz

Die nachfolgend dargestellte, auszugsweise Auflistung bisheriger und aktueller Projekte zeigt die Vielfalt der unterschiedlichen, mittels eines Flussgebietsmodells zu lösender Fragestellungen. Zudem geht aus dieser Auflistung auch hervor, dass es nicht das Flussgebietsmodell gibt, sondern dass das Modell in seinem Genauigkeitsanspruch und Detaillierungsgrad stetig „wächst“.

- Hochwasserrückhaltebecken Ottweiler, 1996-98
- Hochwasserschutzkonzept für die Stadt St. Wendel, 1996/99
- N-A-Modell für das Flussgebiet der Blies bis Pegel Reinheim, 1998/99
- Hochwasserschutzuntersuchung Blieskastel, 1998-2000
- N-A-Modell und Wasserspiegellagenberechnung für das Flussgebiet von Horn- und Schwarzbach in der Pfalz 1999-2001
- Landbauliche Maßnahmen und dezentrale Rückhaltemaßnahmen im oberen Bliesgebiet, 2000
- Konzeption und Bemessung von Ausgleichsmaßnahmen für Neubauten im Überschwemmungsgebiet der Blies in Neunkirchen, seit 2001
- Hochwasseruntersuchung Kläranlage St. Wendel (Ausgleich von Retentionsvolumen), 2003

Nachfolgend wird anhand des konkreten Projektes „Hochwasserschutzkonzeption für die Stadt St. Wendel“ [ihg, 1996] exemplarisch gezeigt, wie mit Hilfe eines FGM verschiedenste Einzelmaßnahmen quantifiziert und in einer optimierten Maßnahmenkombination zu einem nachhaltigen Gesamtkonzept zusammengefügt werden können.

Zunächst wurde eine Hochwasser-Abflussstatistik für den Stadtbereich mittels N-A-Modell erstellt. Wie bei der Modellverifizierung wurden dazu mittels statistischer Niederschlagshöhen aus KOSTRA Modellregen nach DVWK gebildet und durch Variation der Niederschlagsdauer  $D$  die jeweils maßgebenden Scheitelabflüsse bestimmt. Anschließend wurden aus den Abflussdaten mittels eines hydraulischen Modells die korrespondierenden Wasserstände berechnet, woraus hervorging, dass der geforderte Hochwasserschutz von  $HQ_{50}$  nicht gewährleistet war, sondern nur bei etwa  $HQ_{20}$  lag.

Mit Hilfe des N-A-Modells wurden dann verschiedene Sanierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet untersucht, um  $HQ_{50}$  auf den kritischen Abfluss zu reduzieren. Zu den Sanierungsvarianten gehörten u. a. ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) am Todbach bei Urweiler, mehrere Kleinrückhalte am Johannesbach, Gewässerrenaturierungen an Blies und Todbach, Maßnahmen der naturnahen Regenwasser-

bewirtschaftung in Siedlungsgebieten sowie Flächennutzungsänderungen (insbesondere die Winterbegrünung von Äckern).

Als besonders effektiv im Hinblick auf die Erreichung eines 50-jährlichen Hochwasserschutzstandards erwiesen sich dabei einerseits das HRB Urweiler und andererseits eine Maßnahmenkombination aus einer Winterbegrünung von Äckern am Todbach sowie aus einer Renaturierung der Blies zwischen Bliesen und Göckelmühle. Unter Abwägung aller Gesichtspunkte wurde die vorrangige Verfolgung der o. g. Maßnahmenkombination empfohlen (beste Kosten-Nutzen-Relation) und die Option auf das sehr effektive HRB Urweiler aufrecht erhalten (siehe Abb. 7).

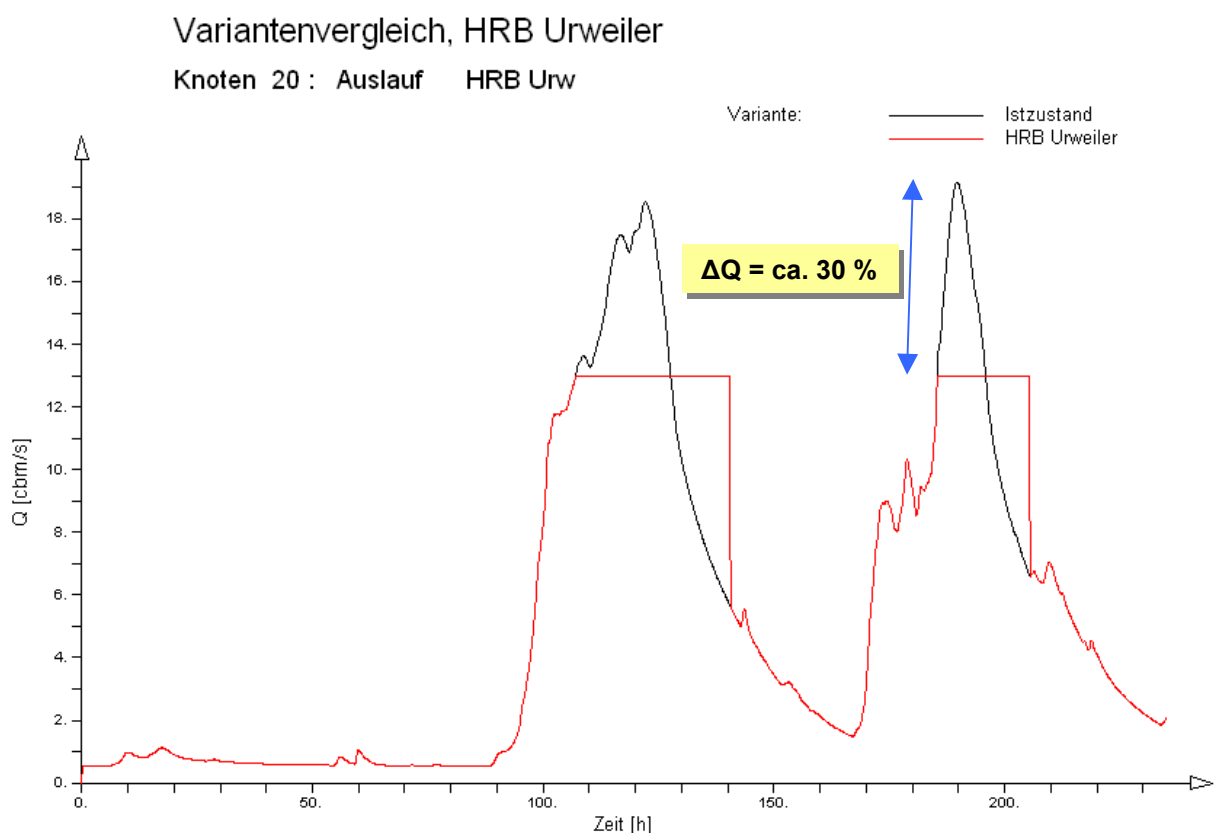


Abb. 7: Variantenvergleich am geplanten Hochwasserrückhaltebecken Urweiler im Rahmen der Hochwasserschutzkonzeption St. Wendel

## 8 Literatur

ATV-DVWK (2004): Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung. Merkblatt ATV-DVWK-M 165, Hennef

BÁRDOSSY, A. (2003): Manuskript zur Vorlesung „Hydrologie III – Modellierung“. Institut für Wasserbau, Lehrstuhl für Hydrologie und Geohydrologie, Universität Stuttgart

BUND (2001): Gutachten des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Landesverband Saar zur Agenda 21. Abschlussbericht Oktober 2001

- BGS – BRANDT, GERDES, SITZMANN Wasserwirtschaft GmbH (1998): Dokumentation des EDV-Programmsystems MOMENT, Version 5.0 (Weiterentwicklung von [IHH, 1990]), Darmstadt
- DVWK (1984): Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.: Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluss-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese. Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 113
- DVWK (1999): Einsatz von Niederschlag-Abfluss-Modellen zur Ermittlung von Hochwasserabflüssen. Schrift Nr. 124, Bonn
- DWD (1997): Deutscher Wetterdienst: Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland. Eigenverlag, Offenbach am Main
- IHH - Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Hydraulik (1990): Schmutzfrachtsimulationsmodell SMUSI, Version 3.1, Technische Hochschule Darmstadt
- MfU (1995): Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr (MfU): Hochwasserschutzkonzept für das Saarland, Saarbrücken
- NLS (2001): Naturlandstiftung Saar : IRMA IIc-Projekt SL 3 - Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhöhung des Retentionspotenzials der Blies. Teilprojekt Wasserwirtschaft. Erstellt durch das Ingenieurbüro für Hydrologie und Gewässerschutz, Spiesen-Elversberg
- RITSCHER, U. (1971): Ein mathematisch-physikalisches Abflussmodell zur Berechnung von Hochwasserabflüssen und Untersuchung des Betriebs von Hochwasserrückhaltebecken. Mitteilungen aus dem Leichtweiß-Institut für Wasserbau und Grundbau, TU Braunschweig, Heft 31
- SARTOR, J. (1997): Weiterentwicklung der Langzeit-Seriensimulation des Niederschlag- Abfluss-Prozesses für kanalisierte und natürliche Einzugsgebiete. Die Wasser wirtschaft, Heft 5
- SARTOR, J. (2002): Bedeutung der Bliesaeue für den Hochwasserschutz. Drittes Deutsch-französisches Seminar "Die Blies", Blieskastel
- SCHULZ, G.A. (1968): Bestimmung theoretischer Abflussganglinien durch elektronische Berechnung der Niederschlagskonzentration und Retention (HEYREUN-Verfahren). Versuchsanstalt für Wasserbau der TH München, Bericht Nr. 11
- ZAISS, H. (1989): Simulation ereignisspezifischer Einflüsse des Niederschlag-Abfluss-Prozesses von Hochwasserereignissen kleiner Einzugsgebiete mit N-A-Modellen. Technischer Bericht des Instituts für Ingenieurhydrologie und Hydraulik, TH Darmstadt, Nr. 42