

# **Dezentraler Hochwasserrückhalt im Einzugsgebiet der Oberen Flöha Reinhardt (Mittleres Erzgebirge)**

Modellierung der Potentiale von dezentralen  
Maßnahmen an Fließgewässern als Elemente  
des vorbeugenden Hochwasserschutzes

Inauguraldissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors  
der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) am Fachbereich  
Geowissenschaften der Freien Universität Berlin

Vorgelegt von  
Dipl.-Geogr. Christian Reinhardt

Berlin 2010

Erstgutachter:

Prof. Dr. Achim Schulte

Freie Universität Berlin

Institut für Geographische Wissenschaften

Fachrichtung Angewandte Geographie, Umwelthydrologie und  
Ressourcenmanagement

Zweitgutachterin:

Prof. Dr. Nicola Fohrer

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Ökologie-Zentrum

Fachabteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft

Tag der mündlichen Prüfung:

30. Juni 2010



---

4.2 Das Modellsystem NASIM .....	61
4.2.1 Überblick .....	61
4.2.2 Räumliche Diskretisierung .....	62
4.2.3 Hydrologische Teilprozesse in NASIM 3.3 .....	64
4.2.3.1 Niederschlag .....	64
4.2.3.2 Verdunstung und Interzeption .....	65
4.2.3.3 Bodenwasserhaushalt und Abflussbildung .....	67
4.2.3.4 Abflusskonzentration .....	69
4.2.3.5 Wellenverformung im Gerinne .....	70
4.2.3.6 Speicherbauwerke .....	72
4.2.4 Eichfaktoren .....	72
4.3 Entwicklung des N-A-Modells der Oberen Flöha .....	74
4.3.1 Datengrundlagen .....	75
4.3.1.1 Digitales Geländemodell .....	75
4.3.1.2 Fließgewässer und Einzugsgebiete .....	75
4.3.1.3 Landnutzung .....	76
4.3.1.4 Böden .....	77
4.3.1.5 Elementarflächen und Zeit-Flächen-Funktion .....	78
4.3.1.6 Querprofile .....	78
4.3.1.7 Retentionskonstanten .....	78
4.3.1.8 Pegelzeitreihen .....	79
4.3.1.9 Meteorologische Zeitreihen .....	80
4.3.2 Modellstruktur .....	84
4.3.3 Kalibrierung .....	85
4.3.4 Simulation des Bemessungshochwassers .....	87
4.3.5 Entwicklung der Maßnahmenzenarien .....	88
4.3.5.1 Hochwasserrückhaltebecken .....	89
4.3.5.2 Gewässerstrukturmaßnahmen .....	92
5. Ergebnisse .....	95
5.1 Modellkalibrierung und Modellierung des hydrologischen Ist-Zustands .....	95
5.1.1 Hochwasserereignisse im Modellierungszeitraum .....	95
5.1.1.1 Das Hochwasser vom 13. August 2002 .....	95
5.1.1.2 Das Hochwasser vom 19. März 2005 .....	97
5.1.1.3 Das Hochwasser vom 31. März 2006 .....	99
5.1.2 Tageswertsimulation .....	100
5.1.3 Einzelereignissimulation .....	103
5.2 Das Bemessungshochwasser .....	107
5.3 Hydrologische Wirkung dezentraler Maßnahmen .....	111
5.3.1 Hochwasserrückhaltebecken .....	111
5.3.1.1 Standorte des Szenarios .....	111
5.3.1.2 Örtliche Wirkung .....	112
5.3.1.3 Überörtliche Wirkung .....	115
5.3.1.4 Drosseloptimierung und Stauraumnutzung .....	117
5.3.2 Gewässerstrukturmaßnahmen .....	119

---

5.3.2.1 Fließwegverlängerung .....	119
5.3.2.2 Gehölzstreifen .....	120
5.3.2.3 Aufforstung der Talsohlen .....	121
5.3.3 Kombinierte Maßnahmen .....	124
6. Diskussion und Bewertung der Ergebnisse .....	127
6.1 Unsicherheitsfaktoren in Niederschlag-Abfluss-Modellen .....	127
6.1.1 Modellunsicherheit .....	127
6.1.2 Parameterunsicherheit .....	129
6.2 Güte des entwickelten Modells .....	131
6.2.1 Abbildung des hydrologischen Ist-Zustands .....	131
6.2.2 Das Bemessungsereignis .....	139
6.3 Maßnahmenzenarien .....	143
6.3.1 Hochwasserrückhaltebecken .....	143
6.3.2 Gewässerstrukturmaßnahmen .....	147
6.3.3 Kombinierte Maßnahmen .....	148
6.3.4 Schlussfolgerungen .....	149
6.4 Dezentraler Hochwasserrückhalt im Einzugsgebiet der Oberen Flöha im Kontext des aktuellen Forschungsstands .....	150
7. Zusammenfassung/Summary .....	155
8. Quellenverzeichnis .....	159
8.1 Literatur .....	159
8.2 Richtlinien der Europäischen Union und Gesetzestexte .....	171
8.3 Geodaten .....	172
8.3.1 Kartenwerke .....	172
8.3.2 Digitale Daten .....	173
Danksagungen .....	175
Anhang .....	177
A: Karten .....	178
B: Tabellen .....	189

## 7. Zusammenfassung

Starkniederschläge, die Hochwasserereignisse auslösen und bereits in den Quellgebieten hohe Sachschäden verursachen, sind im Mittleren Erzgebirge (Freistaat Sachsen) keine Seltenheit. Nicht zuletzt als Reaktion auf das jüngste solcher Ereignisse, das Extremhochwasser im August 2002, wurden in Sachsen umfangreiche Hochwasserschutzkonzepte entwickelt, die sich entsprechend der im Sächsischen Wassergesetz geregelten Zuständigkeiten auf die Gewässer I. Ordnung konzentrieren. Die Verantwortung für Gewässer II. Ordnung fällt im Gegensatz zu Gewässern I. Ordnung unter die Kompetenz der Gemeinden, wobei für die von Hochwassergefahren betroffenen Flussläufe bislang kaum Schutzkonzepte vorliegen.

Vor diesem Hintergrund befasst sich die vorliegende Arbeit damit, Potentiale zur Minderung von Hochwasserrisiken im Mittleren Erzgebirge anhand verschiedener dezentraler Maßnahmen, darunter kleine Hochwasserrückhaltebecken im Sinne der DIN19700-12 sowie Gewässerstrukturmaßnahmen (Fließwegverlängerungen, Aufforstung im Gewässervorland), aufzuzeigen. Ziel der Untersuchungen ist es dabei, herauszuarbeiten, in welchem Umfang die dezentralen Maßnahmen dort gleichzeitig eine Verbesserung des Hochwasserschutzes im örtlichen, d.h. für Gemeinden an Gewässern II. Ordnung wie auch überörtlichen Maßstab an Gewässern I. Ordnung ermöglichen. Das Arbeitsgebiet umfasst das Einzugsgebiet der Oberen Flöha zwischen der Talsperre Rauschenbach (Landkreis Mittelsachsen) und der Stadt Olbernhau (Erzgebirgskreis) einschließlich der Schweinitz als größerer Zufluss.

Die Bewertung der hydrologischen Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen erfolgt auf Basis eines mit dem Modellsystem NASIM entwickelten Niederschlag-Abfluss-Modells. Mit Hilfe des an drei größeren Hochwasserereignissen kalibrierten Modells wurde unter Verwendung statistischer Starkniederschlagshöhen zunächst ein Referenzereignis generiert, welches im Sinne der im Freistaat Sachsen geltenden Schutzziele für geschlossene Ortslagen einem hundertjährigen Hochwasser entspricht. Darauf aufbauend wurden die zu berücksichtigenden Maßnahmen getrennt sowie in Form eines Kombinationsszenarios in das Modell implementiert und die daraus resultierenden Einflüsse auf den Verlauf des Hochwasserereignisses untersucht.

Die Modellergebnisse verdeutlichen, dass die 13 potentiellen HRB-Standorte, die in den Einzugsgebieten von Schweinitz und an den kleineren Zuflüssen zur Flöha ausgewiesen wurden, insbesondere im lokalen Maßstab, d.h. im Bereich der Gemeinden an Gewässern II. Ordnung, eine effektive Wirkung entfalten können. Eine geringere Reduktion des Hochwasserscheitels ist darüber hinaus auch entlang der Flöha und in Olbernhau zu verzeichnen, wobei diese jedoch ohne die Berücksichtigung weiterer Maßnahmen eher als Zusatzeffekt verstanden werden muss. Fließwegverlängerungen führen im untersuchten Einzugsgebiet, bedingt durch den geringen Umfang geeigneter Gewässerabschnitte, weder örtlich noch überörtlich zu signifikanten Beiträgen zum Hochwasserschutz. Im Gegensatz dazu ergibt sich jedoch unter Berücksichtigung der Aufforstungsmaßnahmen in den Talsohlen in Olbernhau eine Wirkung, die ähnlich hoch ausfällt, wie im Szenario mit den HRB, während die örtlichen Effekte indes sehr gering bleiben. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die Wirkung der Aufforstungen im Gegensatz zu den Rückhaltebecken auch bei größeren Ereignissen als einem  $HQ_{100}$  erhalten bleibt bzw. sich durch die größere Ausuferung noch steigert. Ein

sinnvoller Beitrag zum Hochwasserschutz, der sich sowohl auf die örtliche wie überörtliche Ebene erstreckt, kann jedoch erst durch eine Kombination aus Rückhaltebecken und aufgeforsteten Talsohlen erreicht werden. Die örtlichen Scheiteländerungen sind dabei hauptsächlich an die Speicherwirkung der HRB gekoppelt und liegen mit maximal 28 % und einer Verzögerung von 8 Stunden in gleicher Dimension wie im entsprechenden HRB-Szenario. Im überörtlichen Maßstab spielt hingegen die Kombination der Maßnahmentypen eine entscheidende Rolle. Bezogen auf Olbernhau addieren sich die Effekte der Einzelszenarien, so dass eine Scheitelreduktion von 8,2 % bei gleichzeitiger Verzögerung der Abflussspitze um 2 Stunden erreicht werden kann. Grundsätzlich bieten die dezentralen Maßnahmen im Untersuchungsgebiet damit wesentliche Potentiale, die sowohl für eine Verbesserung des Hochwasserschutzes auf örtlicher Ebene (Gewässer II. Ordnung), als auch im überörtlichen Maßstab (Stadt Olbernhau/Flöha) interessant sind.

## Summary

Floods arising from storm runoff frequently occur throughout the low mountain ranges of the Central Ore Mountains (Free State of Saxony, Germany) and cause severe damage in headwater areas as well as along receiving waters. Not least as a reaction to the last of such events, the August 2002 extreme flood, comprehensive flood control concepts were developed in Saxony that focus on first order rivers, according to the competences regulated in the Water Act of Saxony. Along second order rivers, local municipalities are responsible for flood protection; however, protection concepts for rivers affected by flood events are lacking in many cases.

Against this background, the present study investigates potentials of distributed (decentralised) measures such as small retention basins (according to DIN19700-12 standards), river renaturation and afforestation of floodplains to reduce flood risks in the Central Ore Mountains. The research aims to reveal the contribution of the proposed measures for flood control in settlements along second order tributaries (local level) and at first order rivers (supra-local level). The study area extends over the drainage area of the Upper Flocha river between the Rauschenbach reservoir and the city of Olbernhau in Saxony, including the Schweinitz as the main tributary.

The analysis of the hydrological effects of the decentralised measures is based on a rainfall-runoff model, which was developed using the model system NASIM. With the model, which was calibrated on three larger flood events, a design flood with a return period of 100 years, corresponding to the protection targets for settlements in Saxony, was simulated on the basis of statistical rainfall intensities. In the following step the proposed measures were implemented in the watershed model in separate and combined scenarios, in order to analyse their influence on the flood hydrographs.

The modelling results show that the 13 potential locations for retention basins, which were identified in the subwatersheds of the Schweinitz river and along the smaller Flöha tributaries, would have a substantial impact especially at the local level, i.e. in settlements along second order rivers. Lower reductions of peak discharges were also identified in Olbernhau; however, without considering other decentralised measures this has to be understood rather

as a supplementary effect. Owing to the limited number of suitable river sections in the area under investigation, river renaturations do not result in a significant peak reduction at Olbernhau or at settlements in headwater areas. By contrast, under consideration of afforestations in floodplains effects can be observed in Olbernhau that are similar to those of the scenario with retention basins, whereas local peak reductions are low. It is interesting that the supralocal effects of floodplain afforestations remain the same, or even increase, during events larger than the 100-year flood, in contrast to the impact of retention basins. A significant improvement of flood protection at both local and supralocal levels can be achieved by the combination of retention basins and afforestation of floodplains. In this case, the local effects are related to the storage capacity of the retention basins and reach values similar to those of the basins-only scenario, with a maximum peak reduction of 28 % and a delay of 8 hours. On the supralocal level, the combination of both types of measure is most effective, resulting in a peak reduction of 8.2 % and a delay of 2 hours in Olbernhau. On the whole it can be concluded that decentralised measures offer promising opportunities to improve flood protection both at the local level (smaller second order tributaries) and at the supralocal level (Flöha and the city of Olbernhau).