

# Hydrologische Wirkungsanalyse des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen auf der Grundlage von hochaufgelösten Klimadaten

Tag der Hydrologie, 24.–25. März 2011, Wien

M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) S. Hellmers Prof. Dr.-Ing. E. Pasche  
Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg Harburg

## 1. Motivation & Ziel

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserbilanz eines Einzugsgebietes sind ein zentrales Thema für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Zur Quantifizierung der Veränderungen werden hydrologische Modelle entwickelt, die mit Klimamodelldaten angetrieben werden. Hierbei eröffnet die neue Generation der Klimamodelle mit höherer räumlicher und zeitlicher Auflösung der Daten neue Perspektiven in der Klimafolgenforschung.

Wegen der Differenzierung von Klimawandelszenarien entsprechend dem IPCC-Bericht (2000) und den klimamodellspezifischen Berechnungsansätzen, werden die Auswirkungen des Klimawandels bis 2100 in Bandbreiten quantifiziert. Um den Auswirkungen durch die Einflüsse des Klimawandels zu begegnen, werden nachhaltige, effektive und flexibel anpassbare Maßnahmen erforderlich. Dezentrale Regenwasserwirtschaft (DRWB) wurde hierfür als geeignete Vorgehensweise erkannt und für den Nachweis der Effektivität wurde eine Software-Erweiterung für die Simulation von DRWB-Maßnahmen auf Teileinzugsgebietsebene programmiert, getestet und angewendet.

## 2. Modellgebiet

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundvorhabens KLIMZUG-Nord werden auf der verbesserten Datengrundlage meteorologischer Modelle die Folgen für die Hochwasserabflussverhältnisse in Einzugsgebieten der norddeutschen Flachlandregion untersucht.



Abbildung 1. Regionen des KLIMZUG-Nord Projektes und Lage des Einzugsgebietes der Krückau

Das 274km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet der Krückau (Abb. 1) liegt nord-westlich von Hamburg und entwässert nach 37km in die Elbe. Im Oberlauf liegen vornehmlich ländliche oder landwirtschaftlich genutzte Flächen vor, wofür das Flußbett der Krückau in der Vergangenheit begründet wurde. Im Unterlauf fließt die Krückau durch die Stadt Elmshorn, die durch eine stärkere Bauverdichtung geprägt ist (Abb.2).

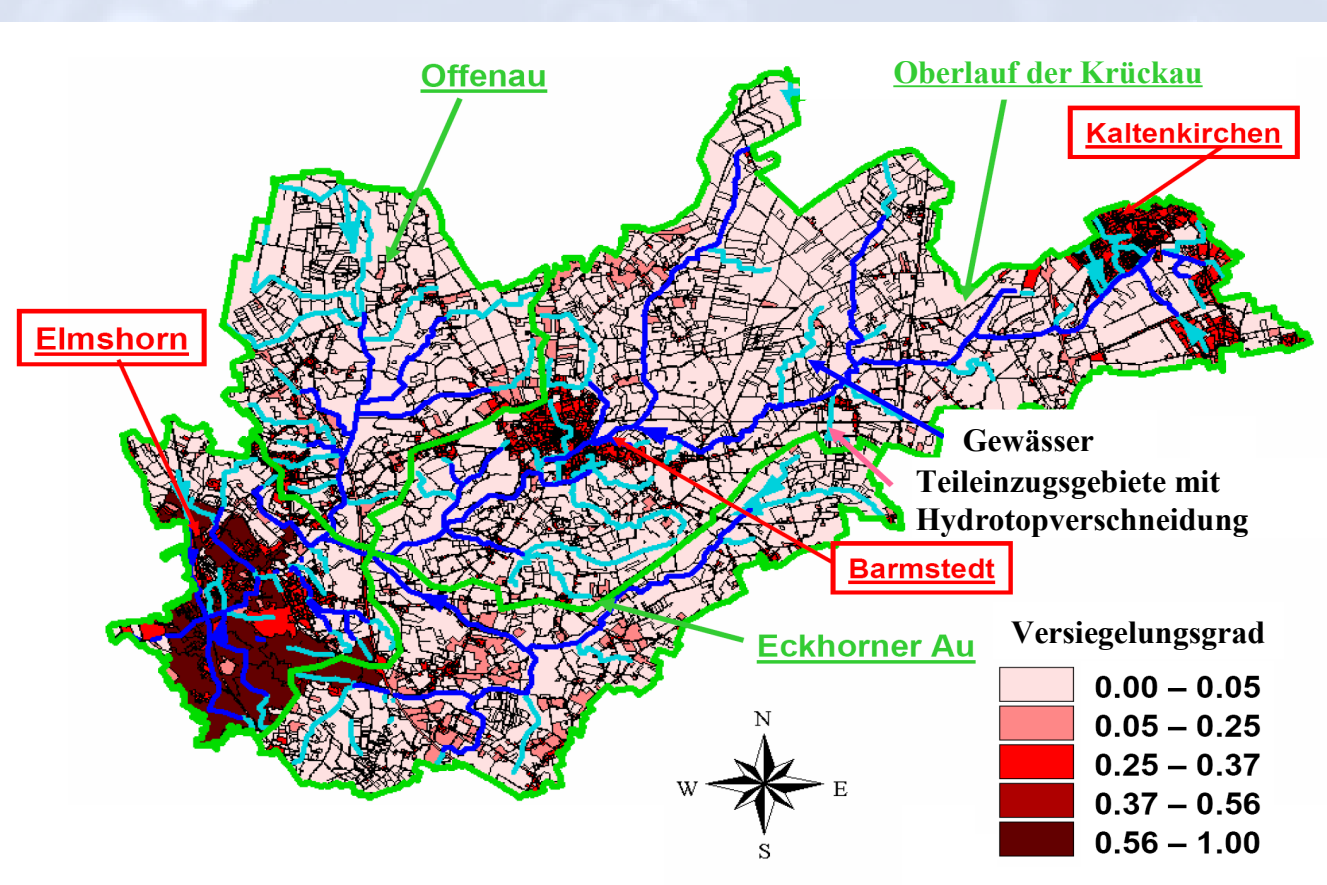


Abbildung 2. Versiegelungsgrad im Einzugsgebiet der Krückau

Durch die erhöhte Fließgeschwindigkeit im Oberlauf und die städtische Bauverdichtung, kommt es nach Starkregenereignissen in Elmshorn zu Überflutungen. In dem Projekt wird untersucht, wie sich die Veränderungen des Klimas (Niederschlag, Temperatur, Verdunstung) auf das Hochwasserrisiko in dem Einzugsgebiet auswirken.

## 3. Methoden

### 3.1. Klimadatenaufbereitung

Für die IPCC-Szenarien A1B, A2 und B1 wurden die Niederschlags-, Temperatur- und Verdunstungszeitreihen des zweifach genesteten regionalen Klimamodells REMO als gemittelte georeferenzierte Rasterdaten (Datenstrom 3) mit einer Auflösung von 11km x 6,5km für die Verknüpfung mit dem hydrologischen Modell aufbereitet.

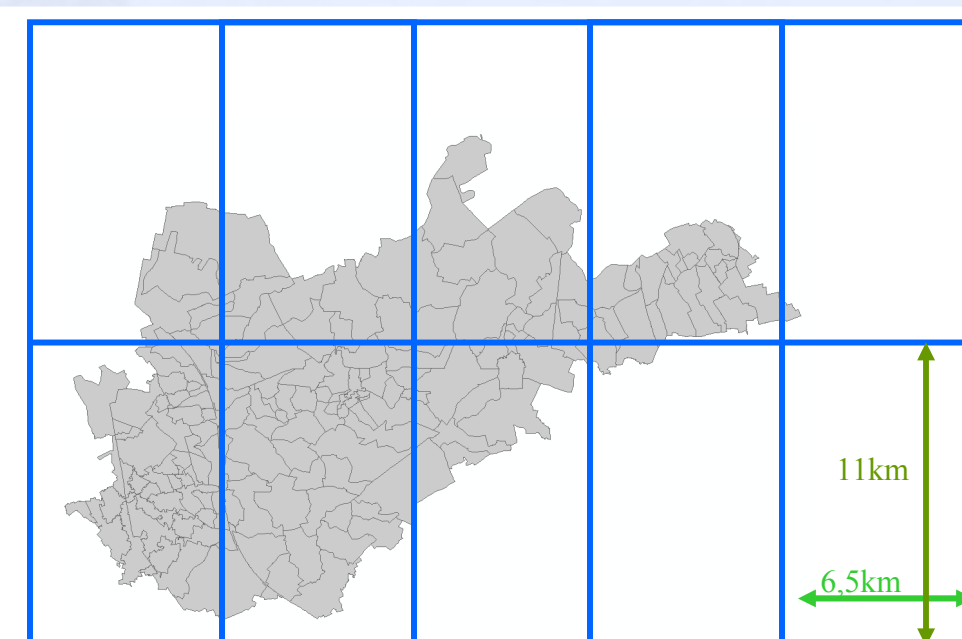


Abbildung 3. Raster-Daten des regionalen Klimamodells REMO

### 3.2. Modellaufbau & Simulationen

Aufbau eines konzeptionellen, deterministischen, nicht linearen, detaillierten hydrologischen Modells mit der Software KALYPSO Hydrology (Abb. 4).

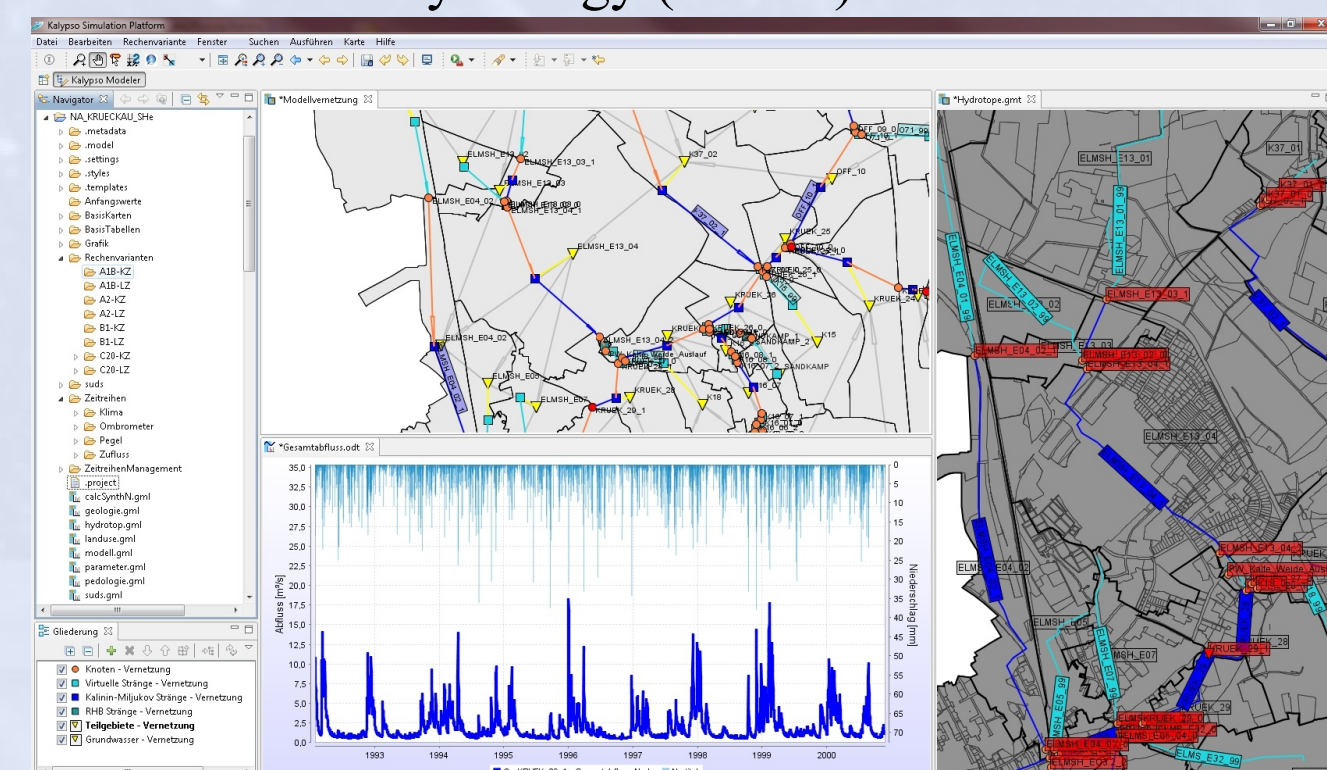


Abbildung 4. Ausschnitte des Krückau Modells (KALYPSO Hydrology)

### 3.3. Quantifizierung der Ergebnisse

Es wurde eine statistische Auswertung von Starkregenereignissen und Hochwasserabflüssen durchgeführt. Die Berechnung der Auswirkungen auf Bemessungsereignisse erfolgte entsprechend der Differenz zwischen dem Kontrollscenario C20 (1971 – 2000) und dem Klimaszenario (2041 – 2070) (Abb. 7 u. 8)

### 3.4. Maßnahmenentwicklung

DRWB-Einzelmaßnahmen wie Mulden, Gründächer und Rigolen werden als summarische Größe in städtebaulichen Nutzungseinheiten auf Teileinzugsgebietsebene eingebracht.

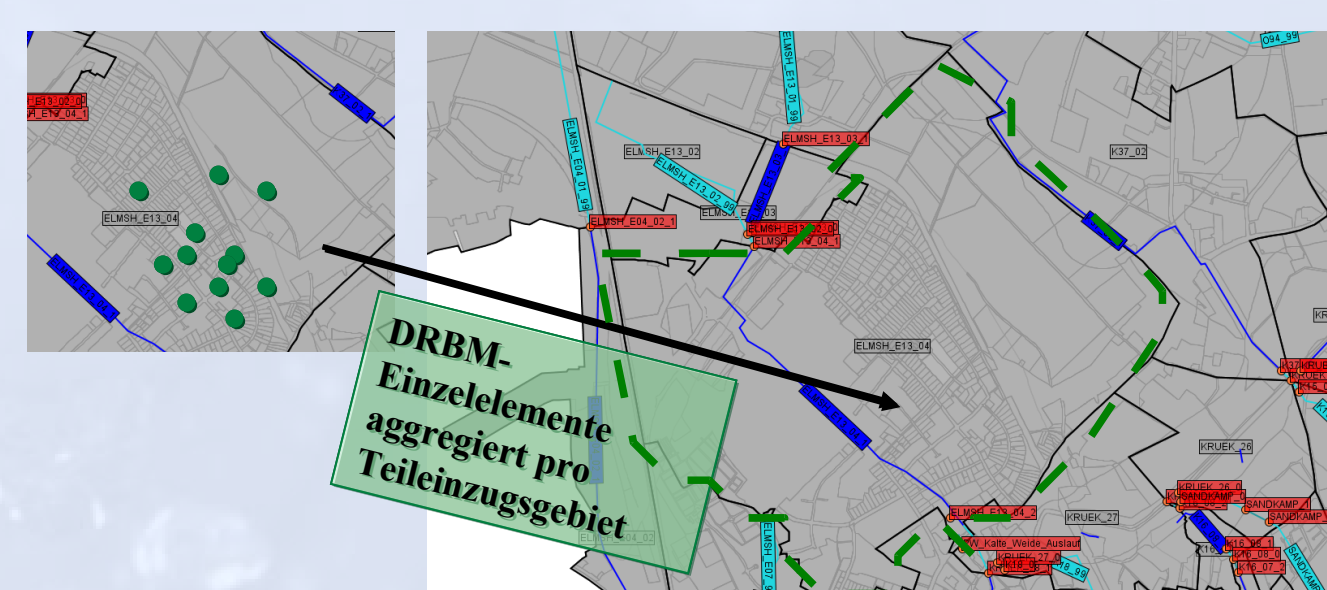
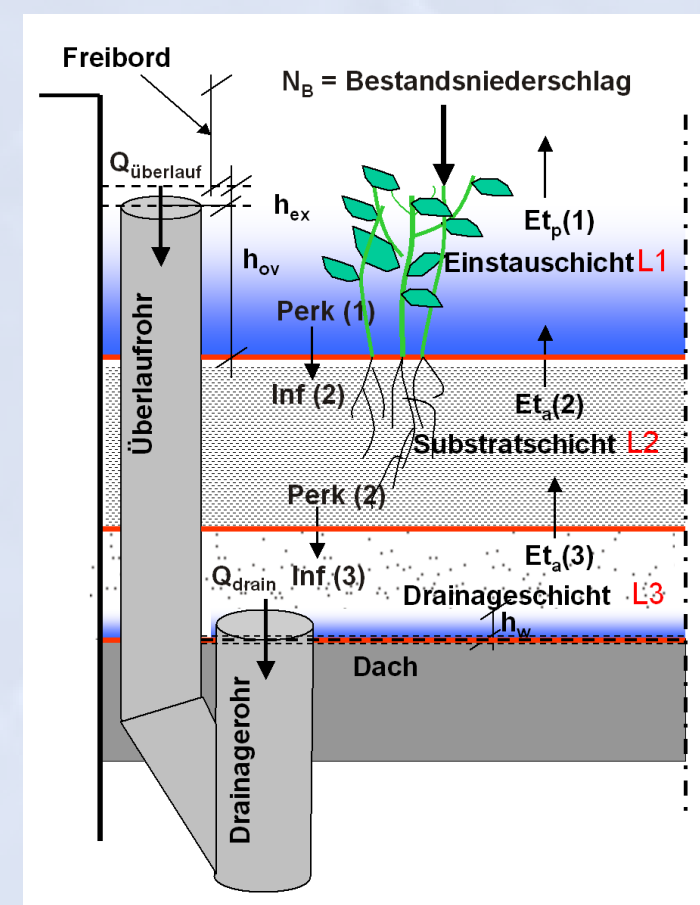


Abbildung 5. Simulation von DRWB-Maßnahmen pro Teileinzugsgebiet

Trotz dieser Aggregation ist es möglich, die in den verschiedenen Anlagen der DRWB ablaufenden Prozesse der gestaffelten Rückhaltung beim konsekutiven Durchfließen von Gründächern, Mulden und Rigolen sehr realistisch abzubilden.

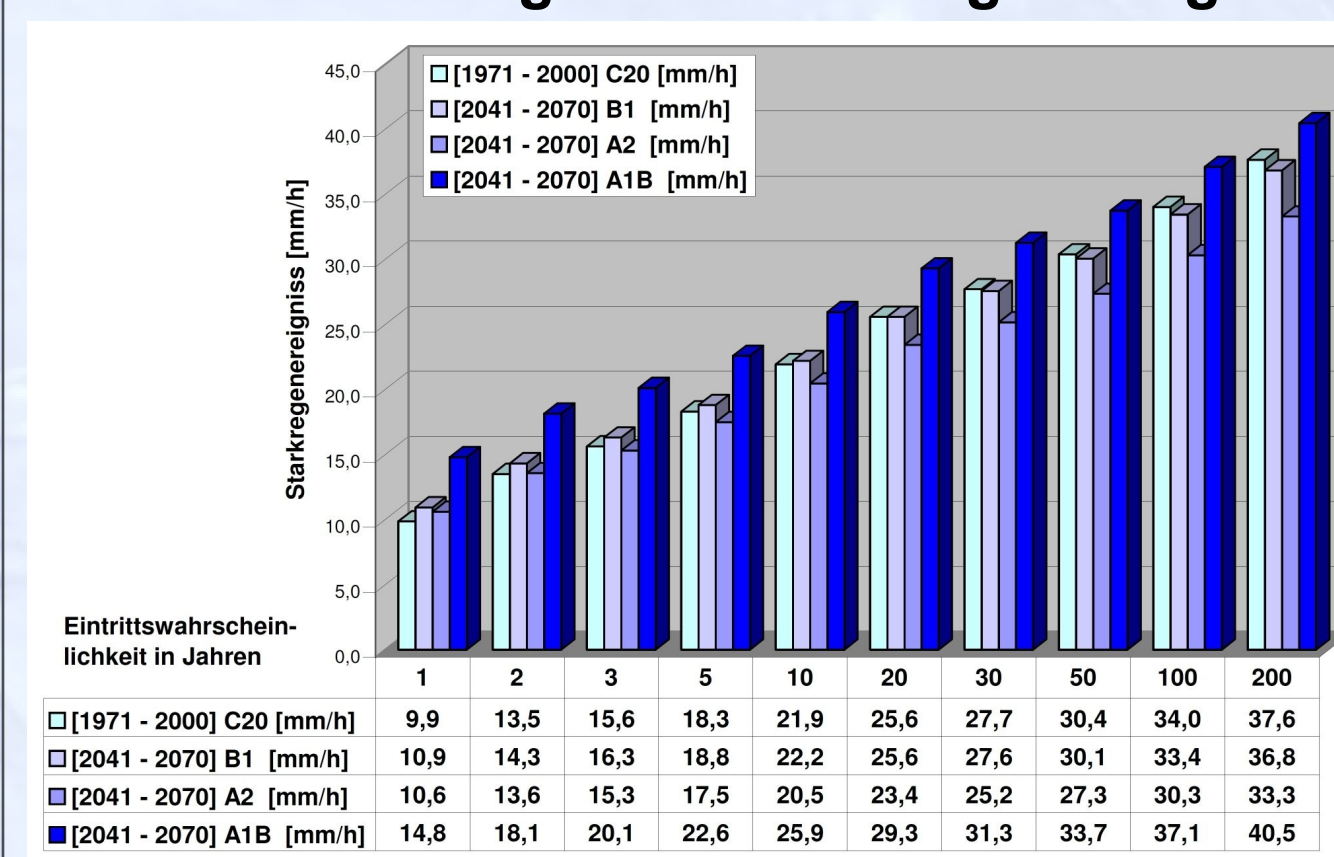
Abbildung 6. Simulation der hydrologischen Prozesse in DRWB-Elementen (hier: Gründächer)



Simuliert wird ein mehrschichtiger Aufbau der DRWB-Elemente aus unterschiedlichen Materialien mit hydrologischen Eigenschaften der Wasserspeicherung und -abgabe (Abb. 6). Dadurch wird die Simulation der komplexen, interaktiven hydrologischen Prozesse in den Maßnahmen erreicht.

## 4. Ergebnisse

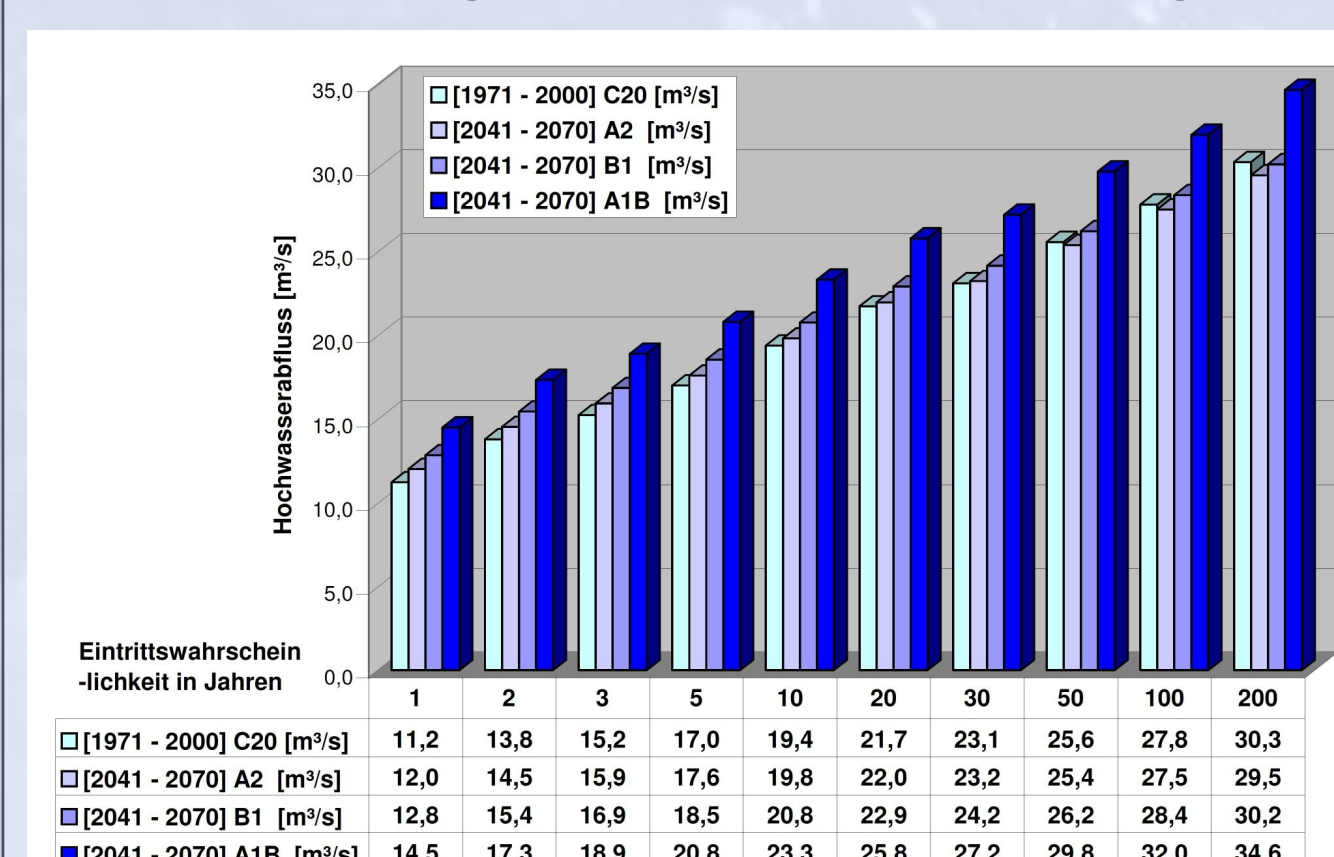
### 4.1. Auswirkungen auf Starkregenereignisse



Änderung der Starkregenereignisse [%]	Eintrittswahrscheinlichkeit in Jahren									
	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200
[2041 - 2070] A1B [%]	49,9	34,4	28,7	23,4	18,2	14,6	12,9	11,1	9,1	7,5
[2041 - 2070] B1 [%]	7,2	4,1	3,4	2,2	1,3	0,7	0,5	-1,0	-1,5	-2,0
[2041 - 2070] A2 [%]	6,7	0,3	-2,0	-4,3	-6,7	-8,4	-9,2	-10,1	-11,1	-11,9

Abbildung 7. Auswirkungen des Klimawandels auf Bemessungsniederschläge bestimmter Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien A1B, B1 und A2

### 4.2. Auswirkungen auf Hochwasserereignisse



Änderung der Bemessungshochwasser [%]	Eintrittswahrscheinlichkeit in Jahren									
	1	2	3	5	10	20	30	50	100	200
[2041 - 2070] A1B [%]	29,2	25,7	24,0	22,3	20,3	18,7	17,7	16,5	15,0	14,2
[2041 - 2070] B1 [%]	11,2	9,5	8,6	7,4	6,0	4,8	3,9	2,2	1,8	-0,4
[2041 - 2070] A2 [%]	6,2	4,8	4,1	3,2	2,0	1,0	0,5	-0,7	-1,0	-2,6

Abbildung 8. Auswirkungen des Klimawandels auf Bemessungshochwasser bestimmter Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien A1B, B1 und A2

### 4.3. DRWB-Maßnahmenquantifizierung

DRWB-Maßnahmen Optionen	Anteil der ersetzten versiegelten Flächen im Einzugsgebiet
1. Gründächer	20 %
2. Mulden	30 %
3. Mulden-Rigolen-Systeme	30 %
4. Flächenentsiegelung	30 %
5. DRWB-Kombination	Σ der möglichen DRWB-Maßnahmen

Tabelle 1. Anteile der ersetzten versiegelten Flächen durch 5 DRWB-Maßnahmen Optionen

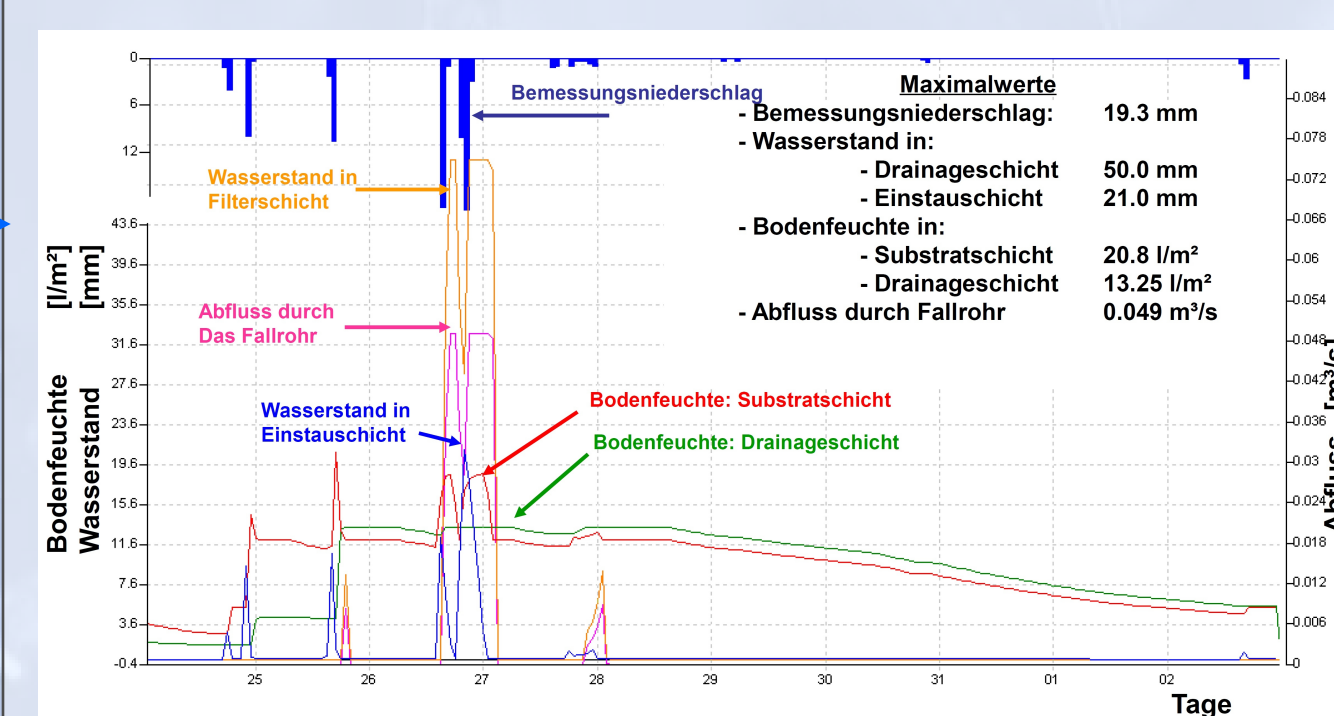


Abbildung 9. Wasserspeicherung und Abflussprozesse in Gründächern nach einem 5-jährigen Bemessungsniederschlag

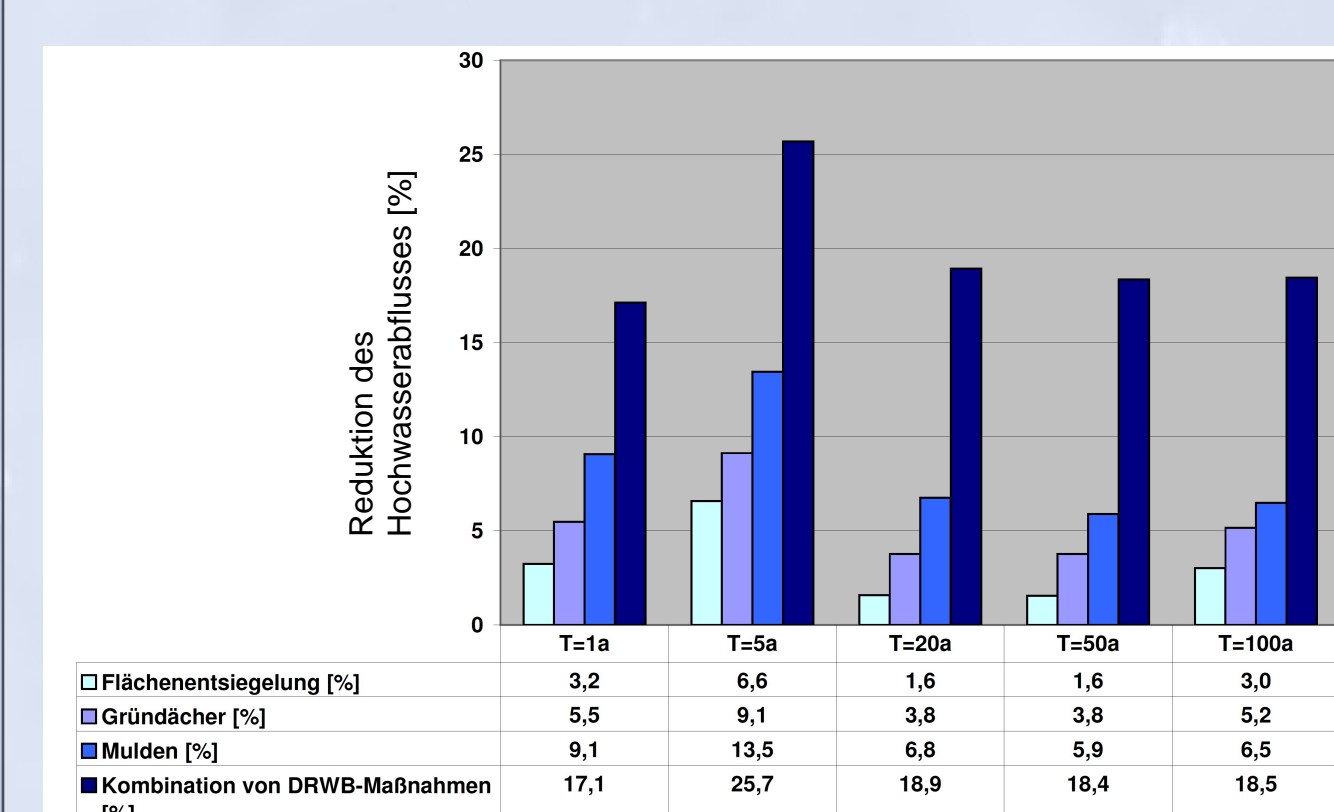


Abbildung 10. Quantifizierung der Effektivität von DRWB-Maßnahmen zur Reduktion der Hochwasserabflüsse im Einzugsgebiet der Krückau für das A1B-Szenario [2041 - 2070] im Vergleich zum Kontrollscenario C20 [1971 - 2000] [%]

## 5. Zusammenfassung & Ausblick

- Es wurde ein neues Modellkonzept von hochauflösenden Klimamodellen und prozessbasierten Niederschlag-Abfluss-Modellen entwickelt und für die hydrologische Wirkungsanalyse des Klimawandels in Szenarien angewendet.
- Für das IPCC-Szenario A1B der Klimaperiode von 2041 bis 2070 wurde eine Zunahme von 9% für 100-jährliche Starkniederschläge sowie eine Erhöhung von 15% für 100-jährliche Hochwasserereignisse berechnet. Zusätzlich wurden Berechnungen der IPCC-Szenarien B1 und A2 ausgeführt, die jedoch geringere Auswirkungen des Klimawandels für den Zeitraum um 2050 aufzeigen.



Abbildung 11. Nachbildung eines Starkregenereignisses (Foto: S. Hellmers, 2010)

- In den Modelluntersuchungen konnte dargelegt werden, dass sich durch verkettete Elemente des dezentralen Regenwasser-managements erhebliche Reduktionen in der Abflussbildung erzielen lassen und somit eine Überlastung einzelner Rückhaltekomponenten bei Extremereignissen abgefangen werden kann.
- Die zeitliche Auflösung der verwendeten stündlichen Datenreihen ist für die Simulation von Hochwasserereignissen mit geringen Dauerstufen nicht ausreichend. Hierfür bedarf es im Projekt weiterer Untersuchungen, um eine höhere zeitliche Auflösung der Daten zu erhalten.
- Neben den Klimaszenarien ist die Quantifizierung der Auswirkungen durch Stadtentwicklungsszenarien von hoher Bedeutung. Diese werden derzeit im Projekt KLIMZUG-Nord entwickelt und dann in den hydrologischen Wirkungsanalysen abgebildet.

## Literatur

Hellmers, S. *Hydrological Impacts of Climate Change on Flood Probability in Small Urban Catchments and Possibilities of Flood Risk Mitigation*. Hamburger Wasserbauschrift Band 13, 2010. ISBN 978-3-937693-13-2  
www.tu-harburg.de/wb

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. *Emissions Scenarios – IPCC Special Report*. Cambridge University Press, UK, 2000.

Jacob, D. & Mahrenholz, P. *REMO Scenario Data Series (A1B, B1, A2, C20)*. UBA Projekt, Datastream 3. World Data Center for Climate, 2006.

## Kontakt und weitere Informationen

Kontakt: M.Sc., Dipl.-Ing.(FH) Sandra Hellmers  
s.hellmers@tu-harburg.de  
Weitere Informationen über dieses und ähnliche Projekte: www.tu-harburg.de/wb  
www.klimzug-nord.de  
Software: http://sourceforge.net/projects/kalypso

Detaillierte Simulation der Wasserspeicherungs- und Abflussprozesse