

Mit Sicherheit wächst der Schaden?

Überlegungen zum Umgang mit Hochwasser in der räumlichen Planung



Impressum

Autor: Peter Seifert

Herausgeber:

Geschäftsstelle des
Regionalen Planungsverbandes
Oberes Elbtal/Osterzgebirge
Meißner Str. 151 a
01445 Radebeul

Telefon: +49 351 40404-701
E-Mail: post@rpv-oeoe.de
www.rpv-elbtalosterz.de

Gestaltung: Peter Seifert

Durch Verzicht auf ein professionelles
Layout haben wir Kosten gespart.

Satz: Angelika Vater, Katrin Maazaoui,
Peter Seifert

Redaktionsschluss: August 2012

Druck: Druck- und Verlagsgesellschaft
Marienberg mbH

Die Broschüre wird kostenlos abgegeben
und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Die
Veröffentlichung ist Bestandteil der LABEL-
Pilotaktion „Einbindung von Kommunen in
das Hochwasserrisikomanagement“. Im
transnationalen EU-Projekt „LABEL –
Adaption to Flood Risk in the Labe-Elbe
River Basin“ arbeiteten Projektpartner aus
Tschechien, Ungarn, Österreich und
Deutschland auf den Gebieten des Hoch-
wasserschutzes und der Raumplanung eng
zusammen.

**Überarbeitungshinweise zum Entwurf der Bro-
schüre gaben:**

Matthias Grafe (Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie), Frank Wache (Landes-
hauptstadt Dresden), Peter Heiland, Stefanie Greis
(Infrastruktur und Umwelt, Prof. Böhm & Partner), Hei-
demarie Russig, Michael Holzweißig, Katrin Maazaoui,
Angelika Vater, Anke Kirschner, Veronika Michalk
(Geschäftsstelle des Regionalen Planungsverbandes
Oberes Elbtal/Osterzgebirge), Barbara Mayr-Bednarz,
Margit Hegewald, Andreas Kühl (Sächsisches Staatsmi-
nisterium des Innern), Kurt Faßbender (Universität
Leipzig)

Allen einen herzlichen Dank!

Diese Broschüre wurde in einem sperrigen Format ge-
druckt, damit man sie nicht so leicht ins Regal stellen
kann.



Dieses Projekt wird von dem CENTRAL EUROPE Programm durchgeführt und ko-
finanziert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).



Wer sich dem Fluss
angepasst hat, dem
schadet Hochwasser
nicht.

Vorwort

Seit Jahrhunderten reagieren Menschen auf Überschwemmungen von Flüssen mit dem Bau von Deichen und Schutzmauern. Im Laufe der Zeit wurden diese immer größer und immer sicherer. Doch trotz technischem Schutz steigen Hochwasserschäden seit vielen Jahrzehnten erheblich an (Abb. 1). Diese paradoxe Situation ist in vielen Ländern der Welt und über verschiedene gesellschaftliche Systeme hinweg zu beobachten.¹

Insbesondere bei extremen Hochwassern kann der Schadensumfang so stark ansteigen, dass die Betroffenen die Folgen nicht mehr aus eigener Kraft bewältigen können. Die Auswirkungen der langfristigen Schadenszunahme treffen daher nicht nur die

Flussanlieger selbst, sondern alle Menschen, die bewusst oder unbewusst Wiederaufbauleistungen erbringen.

Die vorliegende Broschüre beleuchtet das Thema aus dem Blickwinkel der Raumplanung und soll einen Anstoß geben für eine Diskussion mit Gemeinden, Bürgern, Bauherren, Behörden, Politikern, Wissenschaftlern, Versicherungen und allen anderen, die mit ihrem Wissen und Handeln Verbesserungen bewirken können. Darüber hinaus soll ein Planungsansatz zur Diskussion gestellt werden, der einen Versuch darstellt, das Bewusstsein für die Gefahren extremer Naturereignisse in der räumlichen Planung zu schärfen.

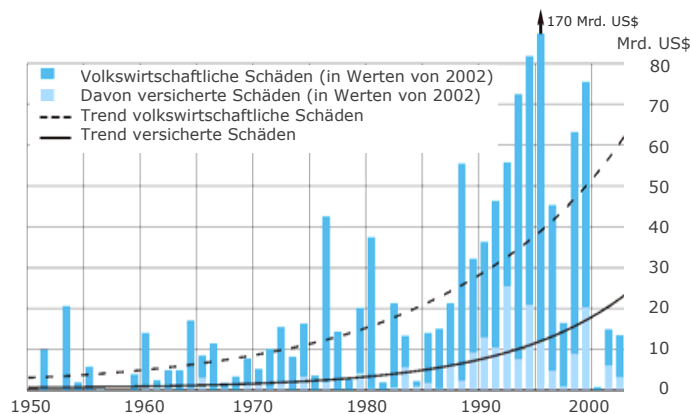


Abb. 1: Große Naturkatastrophen und Trends: Naturereignisse ziehen weltweit immer größere Schäden nach sich²

¹KUNDZEWICZ (2002): 231

²MUNICH RE (Hg.) (2003): 14



Inhalt

1 Ursachen steigender Hochwasserschäden

1.1 Unerwarteter Effekt	7
1.2 Ist Hochwasser eine „Natur“katastrophe?	8
1.3 Immer höher ist nicht immer besser	9
1.4 Wird die Natur immer gefährlicher?	11
1.5 Höhere Schäden trotz Hochwasserschutz?	13
1.6 Sind Hochwasserschutzanlagen sinnvoll?	16

2 Mehr Bebauung ist mehr Risiko

2.1 Das Wunder der trockenen Kirchen	20
2.2 Warum bebauen wir Gefahrenzonen?	21
2.3 Alles legal?	25
2.4 Steter Tropfen höhlt den Stein	27

3 Durch Raumordnung stabiler werden

3.1 Geordnet geht es besser	30
3.2 Die Rechnung zahlen alle	31
3.3 Eine Lücke füllen	32
3.4 Wahrscheinlichkeit auf dem Prüfstand	33
3.5 Gefahrenintensität statt Wahrscheinlichkeit	34
3.6 Ende gut—alles gut?	36
Quellen	37
Bildnachweis	38

Kapitel 1

Ursachen steigender Hochwasserschäden

Unerwarteter Effekt

Im Oktober des Jahres 2000 veröffentlichte die Amerikanische Meteorologische Gesellschaft in ihrer Zeitschrift für Klimaforschung einen Beitrag von Roger PIELKE und Mary DOWNTON¹. Die Forscher hatten die Langzeitentwicklung von Hochwasserschäden in den Vereinigten Staaten in den Jahren 1932 bis 1997 untersucht. Dabei stellten sie fest, dass in diesem Zeitraum inflationsbereinigt die Hochwasserschäden mehr als doppelt so stark angestiegen waren wie die Bevölkerungszahl und insgesamt ein exponentielles Wachstum aufwiesen (Abb. 2).

Hält man sich vor Augen, dass die Vereinigten Staaten zu den wohlhabendsten Ländern der Erde zählen und dort leistungsfähige Hochwasserschutzanlagen gebaut

wurden, ist dies ein überraschender Tatbestand. Müssten nicht die Investitionen in den Hochwasserschutz zu einem Sinken statt zu einem Anstieg der Hochwasserschäden auf ein Vielfaches führen?

Langzeit-Daten der Münchener Rückversicherungsgesellschaft zeigen für Deutschland ein ähnliches Bild (Abb. 3). Offenbar gibt es Entwicklungsprozesse, die die Schadenspotenziale schneller wieder ansteigen lassen als technische Schutzmaßnahmen sie verringern.

¹ PIELKE; DOWNTON (2000)

² KASANG (2007)

³ MUNICH RE (Hg.) (2011): 6

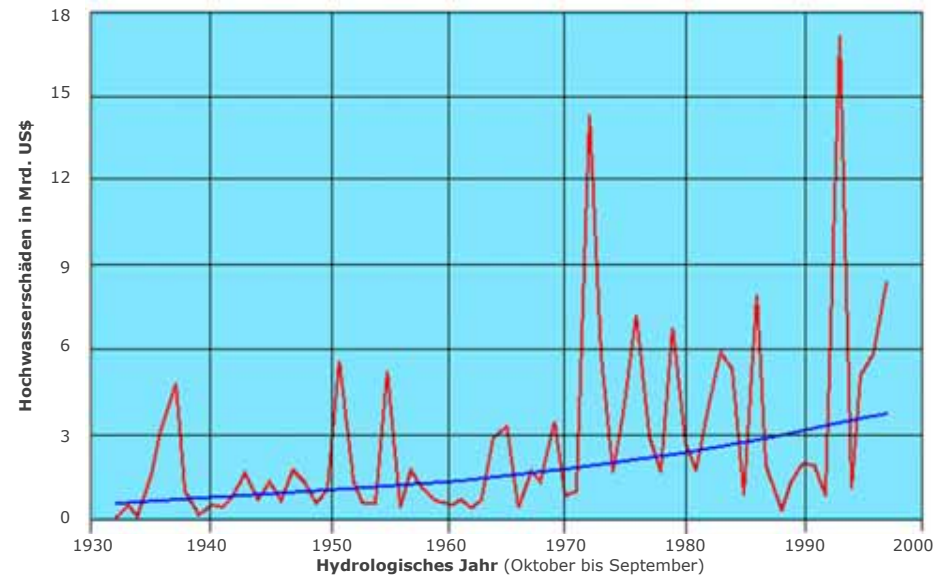


Abb. 2: Hochwasserschäden in den Vereinigten Staaten von 1932 bis 1997²

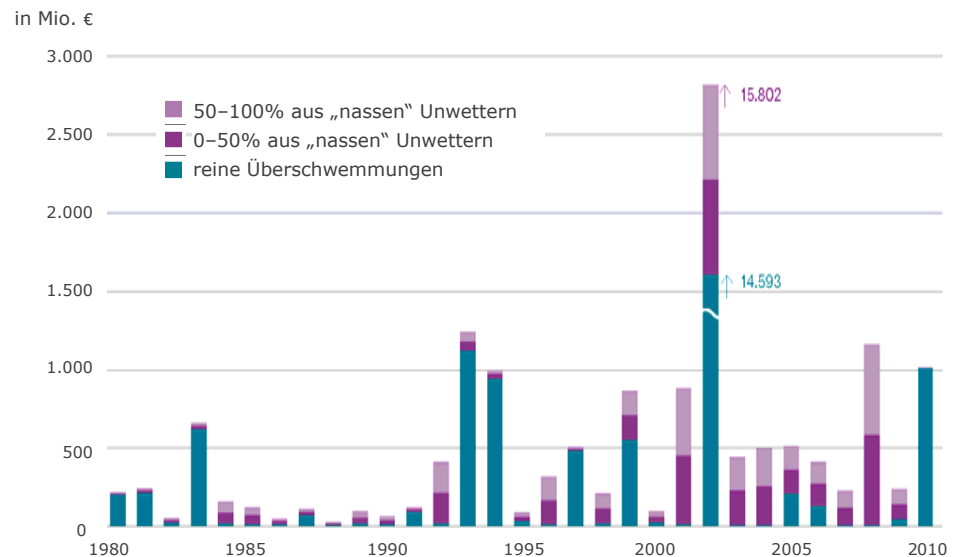


Abb. 3: Schäden aus Überschwemmungen und nassen Unwettern in Deutschland von 1980 bis 2010³

Ist Hochwasser eine „Natur“katastrophe?

Die meisten Hochwasser haben natürliche Ursachen. Sind Überschwemmungskatastrophen also naturbedingte Unglücksfälle, die über die Menschen von Zeit zu Zeit unvermeidlich hereinbrechen?

Ein Vergleich lässt deutlich werden, dass Hochwasserkatastro-

phen nicht einseitig der Natur anzulasten sind ¹: Im August 2002 betrug der maximale Durchfluss der Elbe am Pegel Dresden 4.580 m³/s. Dieser Abfluss führte im Stadtgebiet zu einem Katastrophenzustand.

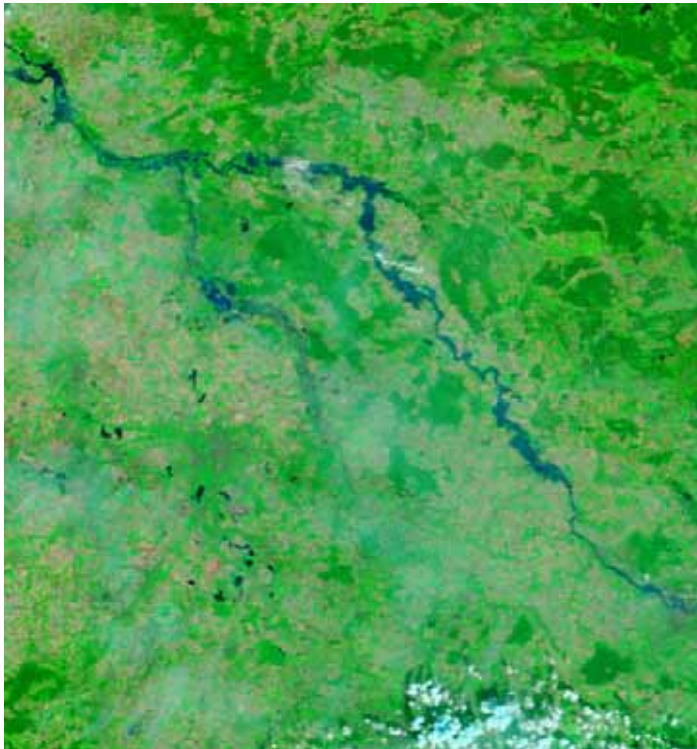
Am nördlichen Jenissei in Sibirien wachsen die Abflüsse wäh-

rend der Schneeschmelze im Juni mitunter auf mehr als 100.000 m³/s an. Dennoch entstehen trotz extremer Wassermengen keine Katastrophen, weil das Gebiet nur dünn besiedelt ist.

Der Eintritt einer Hochwasserkatastrophe hängt also nicht davon

ab, welche Wassermenge einen Fluss durchströmt. Sie wird vom Umfang der Nutzungen bestimmt, die sich in der Aue befinden und die nicht an Überschwemmungen angepasst sind.

¹ vgl. BECK (1986)



Mittlere Elbe in Deutschland im August 2002 – Abflüsse von ca. 4.000 bis 4.600 m³/s lösten eine Katastrophe aus



Unterer Jenissei in Sibirien – ein Vielfaches der Wasserführung der Elbe vom August 2002 kann ohne Schadwirkung abfließen

Immer höher ist nicht immer besser

Vor Überschwemmungen schützen kann man sich durch den Bau von Dämmen und Mauern. Doch dass dies auf lange Sicht nicht automatisch zu einem geringeren Hochwasserrisiko führen muss, soll ein weiteres Beispiel deutlich machen:

Der Huáng Hé in China ist einer der längsten Ströme der Erde. Sein Mittellauf durchquert Lößgebiete und nimmt dort große Mengen kleiner Bodenteilchen auf. Mit durchschnittlich 35 kg/m³ weist er unter den großen

Flüssen der Welt die höchste Schwebfracht auf. Sein undurchsichtiges Wasser verhalf ihm zu dem Namen „Gelber Fluss“ (Huáng Hé).

Weil im Unterlauf Gefälle und Fließgeschwindigkeit abnehmen, lagern sich dort zwei Drittel der Schwebstoffe wieder an der Flusssohle ab. Sie hebt sich dadurch um ca. 10 cm im Jahr und liegt heute bereits 10 m über dem umgebenden Gelände, so dass Nebenflüsse nicht mehr einmünden können.

Damit die Siedlungen in der Ebene nicht so häufig überschwemmt werden, wurde der Unterlauf des Huáng Hé eingedeicht. Doch wenn sich die Flusssohle stetig erhöht, müssen die Deiche auch immer weiter erhöht werden. So heben sich Fluss und Deiche mehr und mehr über die Umgebung hinaus. Damit steigt die Gefahr für die Menschen in der Ebene, wenn Deiche überlaufen oder brechen.

Das Beispiel des Huáng Hé versinnbildlicht einen wichtigen Zu-

sammenhang: Nach einer Deicherhöhung sinkt das Risiko mitunter nur vorübergehend. Langfristig kann es trotz technischem Schutz weiter steigen. Deshalb darf die Anpassung der Nutzungen an die Gefahr auch dann nicht aus den Augen verloren werden, wenn technische Schutzmaßnahmen ergriffen wurden.

Angaben zu Sedimentation und Hochwasserschutzmaßnahmen am Huáng Hé:

YUAN; WU; ZUO (2009):1875
QIAN; WANG; LI (2005):2



*Höher und höher, wie lange geht das gut?
Turmbau zu Babel, Pieter Bruegel der Ältere, 1563*

*Unterer Huáng Hé – „Wettrüsten“
zwischen Mensch und Fluss*



Wird die Natur immer gefährlicher?

Aus dem Trend der steigenden Hochwasserschäden könnte man den Eindruck gewinnen, dass die Natur immer gefährlicher wird. Tatsächlich gibt es Gegenden in der Welt, in denen Häufigkeit und Intensität von Hochwasser zugenommen haben. In vielen anderen ist dies aber bisher nicht der Fall. Die Vervielfachung von Hochwasserschäden im Verlauf von nur wenigen Jahrzehnten lässt sich nicht aus einer natürlichen Gefahrenzunahme erklären.

So war das Hochwasser 2002 an der Elbe hydrologisch gesehen bei weitem nicht das größte bekannte Ereignis. In der Statistik des Pegels Dresden seit 1501 nimmt es z. B. nur Rang 5 ein (Tab. 1). Während im 19. Jahrhundert drei Hochwasser mit

mehr als 4.000 m³/s und Wasserständen von mehr als 8 m in Dresden auftraten und ein viertes nur ganz knapp darunter blieb, gab es im 20. Jahrhundert kein einziges und im 21. Jahrhundert vorerst eins (Abb. 10). An der Elbe gibt es bis jetzt noch keinen Grund, in einer gefährlicher werdenden Natur eine maßgebliche Ursache für steigende Hochwasserschäden zu sehen.

¹ nach WERNER (1850-1855)

² Daten: STADTVERWALTUNG DRESDEN

³ SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (Hg.) (1999): 15; Wert für 2002: BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, Koblenz

Jahr	maximaler Durchfluss [m ³ /s]
1845	5.700
1784	5.200
1501	5.000
1655	4.800
2002	4.580
1862	4.493
1799	4.400
1890	4.350
1830	3.950

Tab. 1: Gemessene und rekonstruierte maximale Hochwasserdurchflüsse der Elbe am Pegel Dresden ³



Abb. 4: Überschwemmte Flächen bei den Hochwassern 1845 ¹ und 2002 ² im heutigen Stadtgebiet von Dresden. Das Wasser beanspruchte 2002 deutlich weniger Raum als 1845.

Warum aber haben wir dann die Flut von 2002 in Dresden als etwas noch nie da Gewesenes empfunden? Die Abbildungen 5 bis 7 zeigen, dass es tatsächlich etwas noch nie da Gewesenes gab! Jedoch waren es weder der Durchfluss noch die überschwemmte Fläche, die Rekordwerte annahmen. Es war der Umfang der

betroffenen Bebauung: Noch niemals in der Geschichte Dresdens standen so viele Gebäude im Wasser. Die neue Dimension, in die das Hochwasser 2002 vorgestoßen ist, lag nicht in einer Verschärfung der Naturgewalt, sondern in einem Anstieg der nicht an einen hohen Wasserstand angepassten Nutzungen (Abb. 5).

¹ nach MEINEL; WALZ (2004)

² Daten: WERNER (1850-1855) und KURSÄCHSISCHE LANDESVERMESSUNG (Hg.) (1780 bis 1806)

³ Daten: STADTVERWALTUNG DRESDEN und STAATSBETRIEB GEO-BASISINFORMATION UND VERMESSUNG SACHSEN

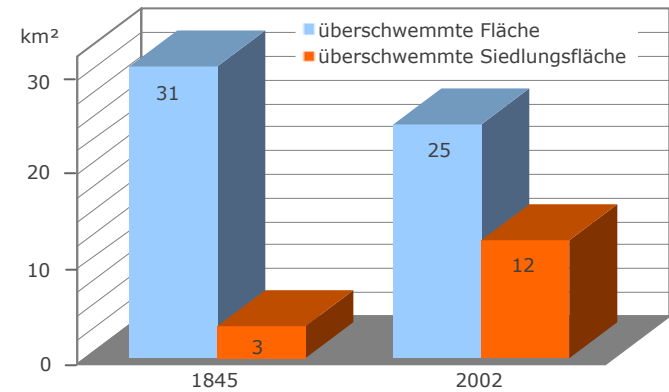


Abb. 5: Vergleich der Hochwasser 1845 und 2002 im heutigen Stadtgebiet von Dresden ¹

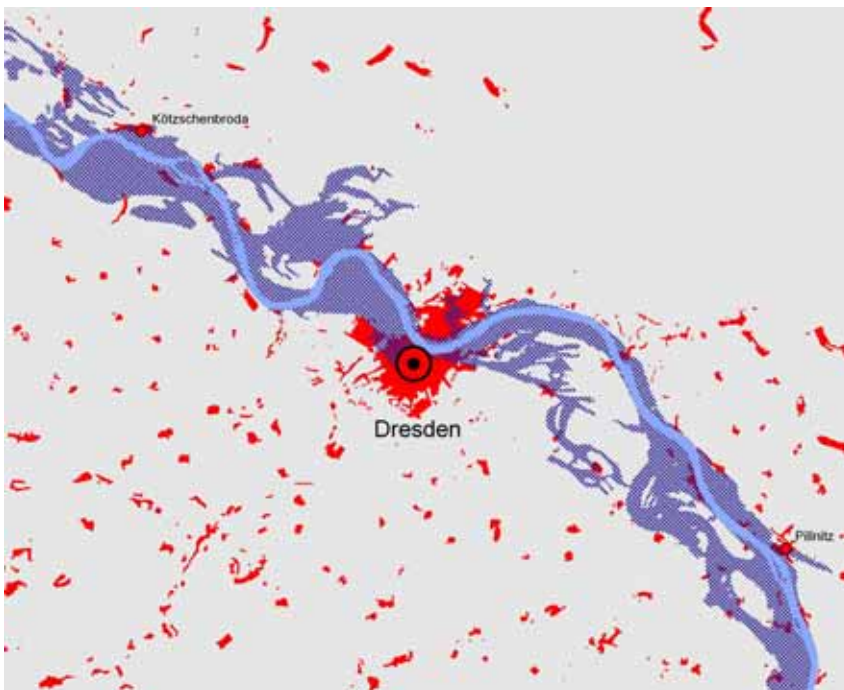


Abb. 6: März 1845: Überschwemmung trifft zu 90 % auf Freiraum ²

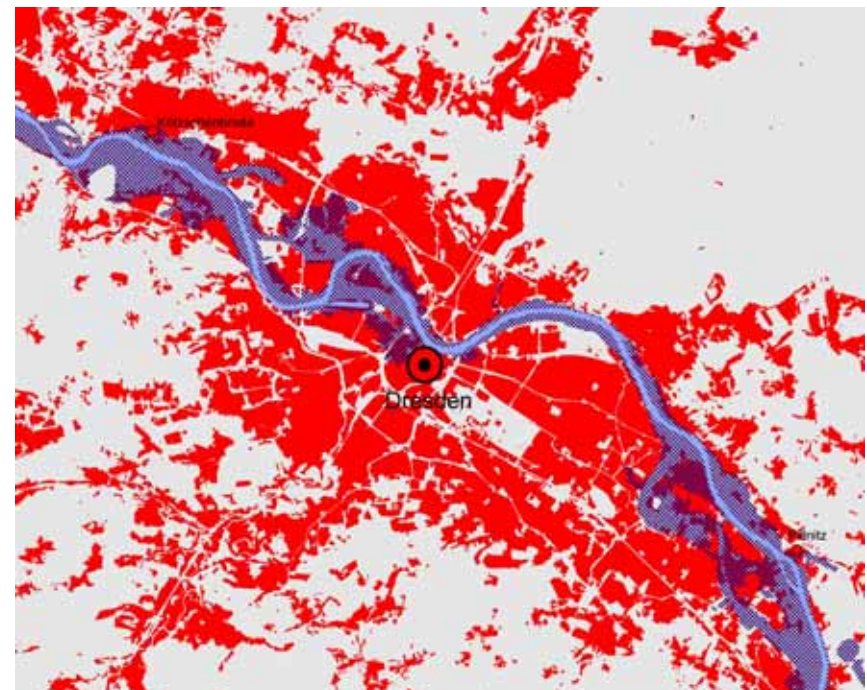


Abb. 7: August 2002: Überschwemmter Bereich ist zu 50 % bebaut ³

Höhere Schäden trotz Hochwasserschutz?

Nehmen nach dem Bau von Hochwasserschutzanlagen Überschwemmungsschäden zu? Die Frage klingt paradox, doch muss sie vielerorts mit „ja“ beantwortet werden. Grund dafür ist die Nutzungsintensivierung im Hinterland von Deichen und Schutzmauern.

Um ein nahezu vollständiges Ausbleiben von Überschwemmungen durch Flusswasser zu gewährleisten, müssten Superdeiche oder „Superschutzmauern“ gebaut werden. Sie müssten so hoch und stabil sein, dass auch das größte wahrscheinliche Hochwasser ¹ sie

nicht überströmen kann. Doch der Bau solcher Anlagen ist an Flüssen in der Regel nicht sinnvoll: In den meisten Fällen wären die Baukosten höher als der verhütete Schaden. Auch wäre fraglich, ob sie sich mit unseren Ansprüchen an die Nutzung der Auen vereinbaren ließen.

Aus diesen Gründen werden die meisten Flussdeiche nur so hoch gebaut, dass sie die Hochwasser mit hoher und mittlerer Wahrscheinlichkeit, also kleinere und mittlere Hochwasser, zurückhalten. In Deutschland werden sie in der Regel für ein Hochwasser bemessen, wie es in der Vergan-

genheit im Durchschnitt alle einhundert Jahre aufgetreten ist (einhundertjährliches Hochwasser).

Hochwasserschutzanlagen, die nicht für das größte wahrscheinliche Hochwasser bemessen sind, machen die hinter ihnen liegenden Flächen somit nicht hochwasserfrei. Sie verringern lediglich die Eintrittshäufigkeit der Überschwemmung. Die Flächen im Hinterland bleiben Überschwemmungsbereich, sie stehen durch die Wirkung der Anlage nur seltener unter Wasser. Ihre beabsichtigte Wirkung, die Schäden im Hinterland zu redu-

zieren, erreicht eine Hochwasserschutzanlage deswegen nur dann, wenn nicht die rückwärtige Nutzung wesentlich intensiviert wird.

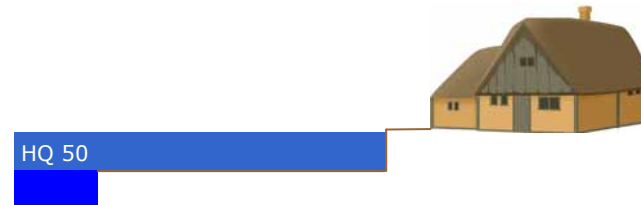
Eine solche Nutzungsintensivierung findet jedoch häufig statt, weil sich die Menschen hinter der Anlage geschützt fühlen und außerdem rechtliche Beschränkungen für das Bauen aufgehoben werden. Ein stark vereinfachtes Beispiel veranschaulicht die mögliche „ökonomische Wirkungsumkehr“ von Hochwasserschutzanlagen:

¹ größter, unter den herrschenden klimatischen Verhältnissen physikalisch möglicher Wasserabfluss

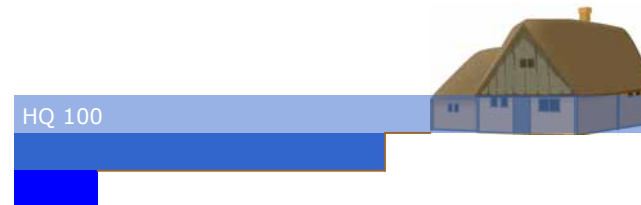


Eingestauter Deich. Steigt das Wasser weiter, läuft er über.

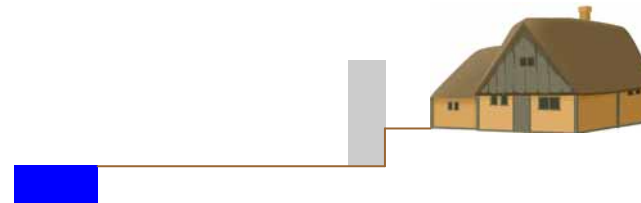
Phase 1: Ein Gebäude wurde von unseren Vorfahren in der Aue errichtet. Aus Respekt vor dem Fluss wählten sie einen Bauplatz, der von einem fünfzig-jährlichen Hochwasser (HQ 50) nicht erreicht wird.



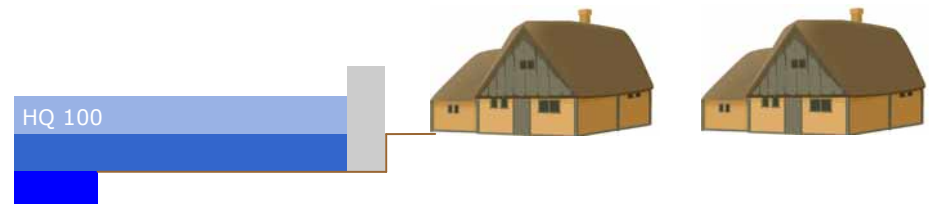
Phase 2: Ein einhundertjährliches Hochwasser (HQ 100) tritt ein. Das Gebäude wird überschwemmt. Die Einwohner bitten den Staat, sie zu schützen.



Phase 3: Der Staat hilft. Er baut eine Hochwasserschutzanlage, die für ein einhundertjährliches Hochwasser bemessen wird.



Phase 4: Das nächste einhundertjährliche Hochwasser tritt ein. Das Gebäude bleibt trocken. Die Menschen fühlen sich sicher und bauen ein zweites Gebäude in der Aue.



Phase 5: Ein zweihundertjährliches Hochwasser (HQ 200) ereignet sich. Die Schutzanlage wird überströmt. Nun stehen zwei Gebäude im Wasser.

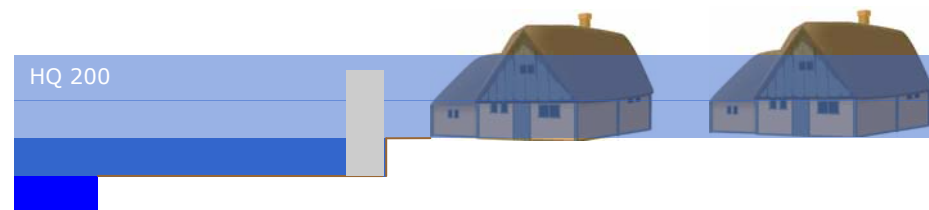


Abb. 8: „Ökonomische Wirkungsumkehr“ einer Hochwasserschutzanlage durch rückwärtige Nutzungsintensivierung

Als Bilanz ergibt sich in diesem Beispiel Folgendes:

- Durch die Hochwasserschutzanlage hat sich die Eintrittshäufigkeit der Überschwemmung halbiert. Statt durchschnittlich einmal in 100 Jahren steht das Hinterland jetzt nur noch durchschnittlich einmal in 200 Jahren unter Wasser.
- Der Schaden bei einer Überschwemmung hat sich verdoppelt. Statt eines Hauses befinden sich jetzt zwei Häuser in der Aue.
- Im Ergebnis entsteht halb so oft der doppelte Schaden. Langfristig sinkt der Schaden trotz Wirksamkeit der Hochwasserschutzanlage nicht.
- Die Gesellschaft hat die Kosten für den Bau der Hochwasserschutzanlage sowie deren Unterhaltung über einen Zeitraum von 200 Jahren zu tragen. Diese Aufwendungen und der Schaden am zweiten Haus sind in der Summe größer, als wenn das erste Haus allein und ungeschützt in der Aue verblieben wäre.

Das vereinfachte Beispiel zeigt, dass es für die Entwicklung der Hochwasserschäden von entscheidender Bedeutung ist, wie die Nutzungen im Hinterland von Hochwasserschutzanlagen gestaltet werden.

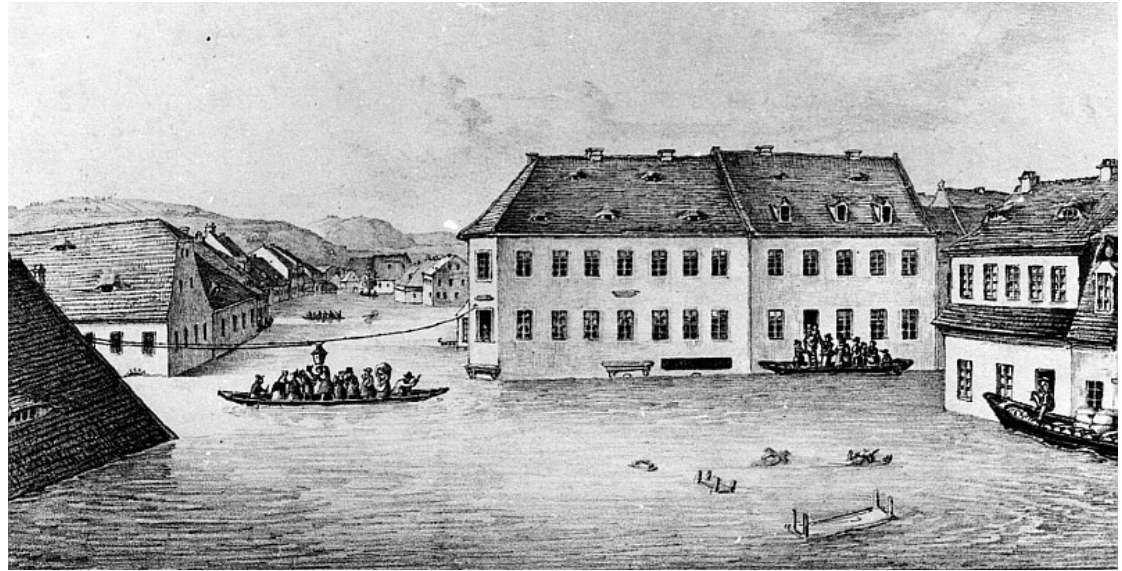
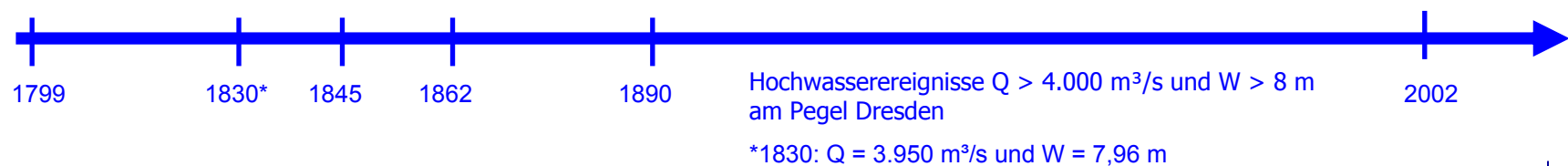


Abb. 9: Historische Darstellung des Elbehochwassers am 31. März 1845 in Meißen

Abb. 10: Je länger die Zeiträume zwischen den Überschwemmungen sind, desto weniger wird die Hochwassergefahr wahrgenommen und desto weniger sind die Menschen auf sie eingestellt. Im Jahr 2002 lag das letzte vergleichbare Hochwasser an der oberen Elbe bereits 112 Jahre zurück. Dementsprechend waren die Schäden besonders hoch.



Sind Hochwasserschutzanlagen sinnvoll?

Wenn es zutrifft, dass Hochwasserschutzanlagen langfristig zu einem Wachstum der Schäden beitragen können, warum bauen wir sie dann?

Der Grund liegt darin, dass Hochwasserschutzanlagen die Lebensbedingungen der Menschen verbessern, indem sie sie unabhängiger von den natürlichen Abflussschwankungen und damit stabiler machen.

Eine Überschwemmung stellt einen gravierenden Einschnitt im Leben eines Menschen dar. Hochwasserschutzanlagen lassen solche Einschnitte seltener auftreten. Darin liegt ihr Vorteil.

Die ungünstige Wirkung auf die langfristige Schadensentwicklung haftet den Hochwasserschutzanlagen nicht von sich aus an. Sie entsteht erst, wenn das Hinterland der Anlagen aus einem täuschenden Sicherheitsgefühl heraus nicht so entwickelt wird, dass die Nutzungen an die nach wie vor bestehende Überschwemmungsgefahr angepasst sind.



Technischer Hochwasserschutz wurde schon von Goethe als Errungenschaft gepriesen:

*Ein Sumpf zieht am Gebirge hin,
Verpestet alles schon Errungne;
Den faulen Pfuhl auch abzuziehn,
Das Letzte wär' das Höchsterrungne.*

...

*Im Innern hier ein paradiesisch Land,
Da rase draußen Fluth bis auf zum Rand,
Und wie sie nascht gewaltsam einzuschießen,
Gemeindrang eilt die Lücke zu verschließen.*

GOETHE (1832): 320-321

Abb. 11



Kapitel 2

Mehr Bebauung
ist mehr Risiko

Nach gnädiger Errettung
aus grausamer Wassersnoth wurde
der Nachkommen willen dieses Denkmal
hierher gesetzt im Jahre 1655
da die Elbe und überaus große
Wassersfluth unerhörter Weise
bis hierauf ging.

Christoph Böckel Seileitsmann
den 7. Februar 1655.

Hochwassermarke am Pirnaer Elbschlösschen

Das Wunder der trockenen Kirchen

Im Frühjahr 1845 war Dresden vom bisher größten Elbehochwasser seit 1501 betroffen. Die überschwemmte Fläche war noch wesentlich ausgedehnter als im August 2002. Doch um fast alle Kirchen in Dresden und Umgebung machte das Elbwasser einen Bogen (Abb. 12).

Die erstaunliche Robustheit vieler Kirchen gegen Überschwemmung ist kein Zufall. Sie ist Ergebnis einer geschickten Anpassungsstrategie unserer Vorfahren. Wenn möglich, wurden zum Siedeln Erhöhungen ausgesucht, die hochwasserfrei waren oder nur bei extremen Wasserständen überschwemmt werden konnten. Durch diese Anpassung wurde der Umfang von Hochwasserschäden an Gebäuden in Grenzen gehalten.

Dass auch unsere Vorfahren nicht immer nur sichere Standorte auswählten, zeigen u. a. die Überflutungen der Klosterkirche „St. Heinrich“ im Jahr 1501 durch die Elbe in Pirna, der Kapelle in Widtig beim Rheinhochwasser 1784 oder der Frauenkirche in Grimma durch die Mulde im Jahr 2002. Auffällig ist aber, dass bei heutigen Überschwemmungen in großer Zahl neue und neueste Gebäude betroffen sind. Das Prinzip der geschickten Standortwahl – die raumordnerische Vorsorge – ist aus der Mode geraten.

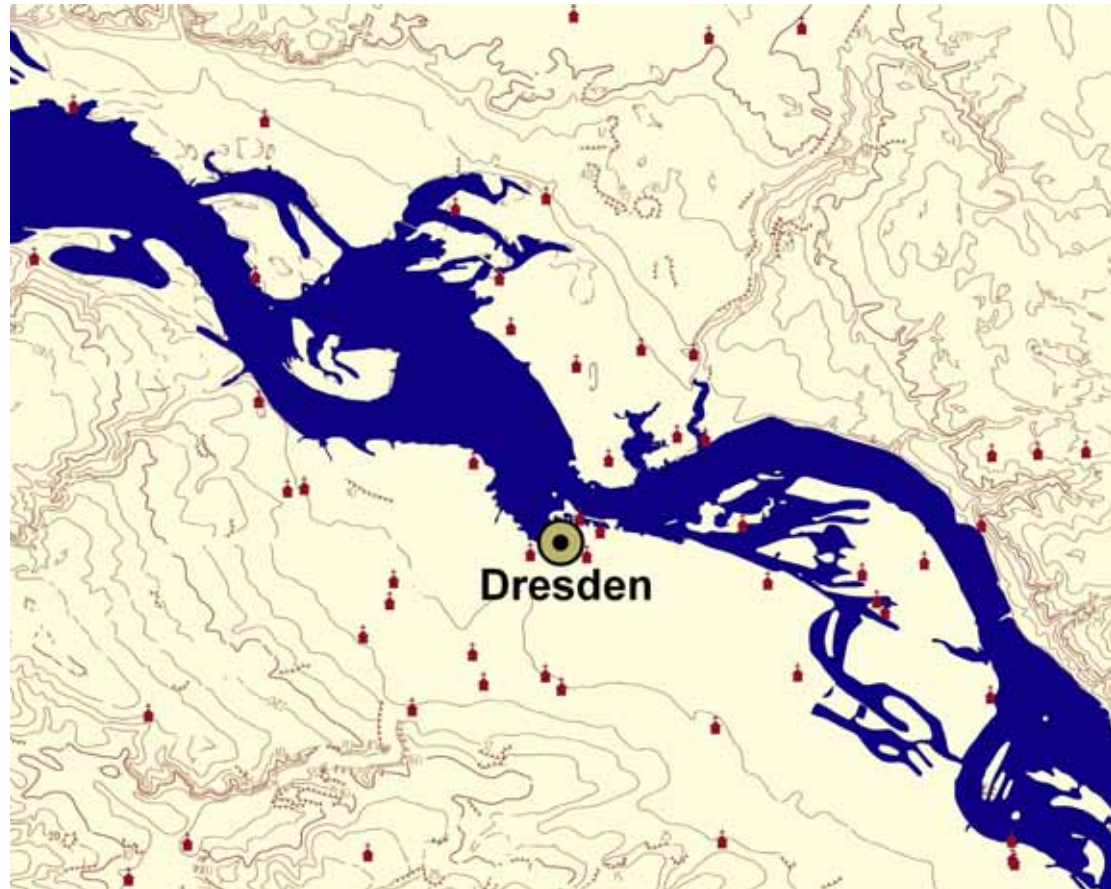


Abb. 12: Überschwemmungsbereich beim Frühjahrshochwasser 1845 im Dresdner Elbtal und Kirchenstandorte ¹

¹ Daten Überschwemmungsfläche:
WERNER (1850-1855)

Warum bebauen wir Gefahrenzonen?

Bis zum Jahr 1855 ließ der sächsische König die beim Hochwasser 1845 überschwemmten Gebiete an der Elbe detailliert kartieren (Abb. 13), damit künftige Bauherren die Gefährdung berücksichtigen können¹. Heute bebauen wir große Teile dieser Flächen immer dichter mit hochwertigen Nutzungen. Die Gefahr, vor der der König warnte, hat sich jedoch nicht verändert. Auch in unserer Zeit kann die Aue bei einem Extremhochwasser jederzeit wieder so weiträumig überschwemmt werden wie 1845. Kein Deich ist hoch genug, um davor zu schützen.

Was sich in Sachsen 2002 an der Elbe² ereignet hat, zählt hydrologisch noch nicht zu den extremen Hochwassern. Die Schätzungen historischer Abflusswerte (Tab. 1, S. 11) machen deutlich, dass im Vergleich zu 2002 noch Potenzial nach oben vorhanden ist.

¹ WALZ; SCHUMACHER (2003): 532

² Nur an einigen Nebenflüssen der Elbe traten extreme Abflüsse auf, u. a. an der Mulde und den Weißeritzen.

³ WERNER (1850-1855)

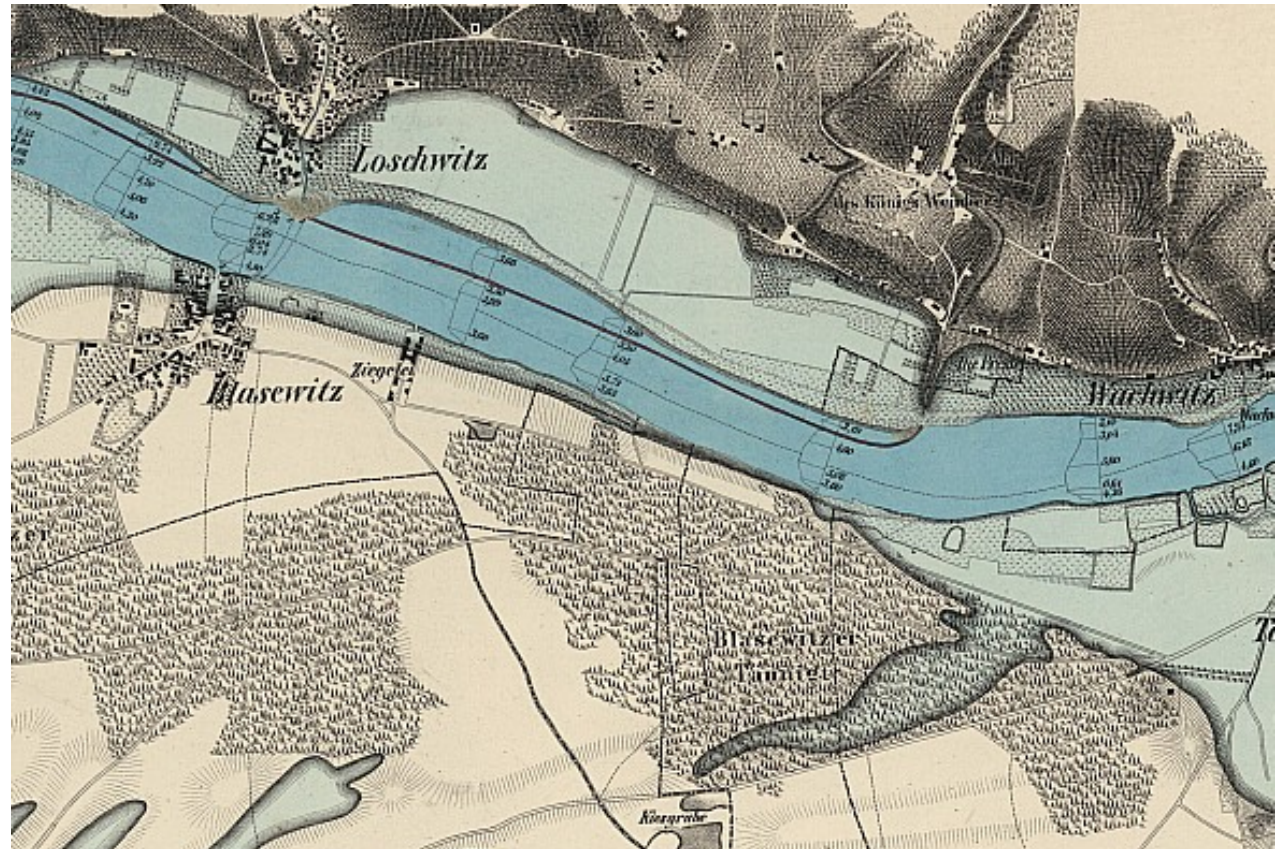


Abb. 13: Ausschnitt aus der um 1850 erstellten Karte mit den beim Elbehochwasser 1845 überschwemmten Flächen³

Wenn der sächsische König schon vor mehr als 150 Jahren vor der Bebauung der Gefahrenbereiche warnte, warum entstehen dann heute dort neue Häuser? Das Bild auf der rechten Seite soll eine solche Entwicklung illustrieren.

Die ältesten Gebäude auf dem Foto wurden von unseren Vor-

fahren vorausschauend in hochwasserfreier Lage am Hang errichtet (Bildvordergrund). Selbst bei extremen Wasserständen entstanden keine Gebäudeschäden. Die Aue ließ man auf Grund der Gefahr über Jahrhunderte unbebaut. Deshalb gab es dort zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch viel freien Raum.

In unserer Zeit verführen diese Flächen auf den ersten Blick geradezu dazu, als Bauland genutzt zu werden: Sie sind stadtnah, landschaftlich äußerst reizvoll, verkehrlich gut erschließbar und verfügen über ebenen Baugrund. Das Interesse ist daher groß, sie für Wohnbebauung zu nutzen.

Während die Vorteile für den Betrachter sofort zu erkennen sind, bleiben die Nachteile wie Überschwemmungsgefahr oder hoher Grundwasserstand jedoch weitgehend unsichtbar und sind nicht so unmittelbar wahrzunehmen wie die schöne Lage. Dadurch können sie bei der Standortentscheidung leichter in den Hintergrund geraten.




Unterschiedlicher Umgang mit dem Risiko: Während der Bauherr des älteren Wohngebäudes links der Gefahr auswich, indem er einen erhöhten Standort wählte, befindet sich das neue Gebäude rechts am Talboden im Überschwemmungsbereich. In der langen hochwasserfreien Zeit ist dafür die Bewirtschaftung des Gebäudes rechts wesentlich einfacher zu bewerkstelligen.



Hochwasser 2002

Hochwasser 1845

Abb. 14

An aerial photograph showing a residential area completely inundated with floodwater. Numerous houses with red-tiled roofs are visible, partially submerged. The water is a murky, brownish-grey color. In the upper left, there's a large, flat, blue-grey area that appears to be a flooded field or industrial site. The houses are scattered across the landscape, with some trees still standing in the water. The overall scene depicts a severe flooding event.

Nicht selten sind es die jüngsten Gebäude, die am tiefsten im Wasser stehen, weil die Gefährdung bei Entscheidungen über die Bebauung nur eine untergeordnete oder gar keine Rolle spielte.

Alles legal?

Gibt es keine Gesetze, die die Bebauung von Gefahrenbereichen untersagen? Es gibt sie, doch hat der Gesetzgeber nicht für alle überschwemmungsgefährdeten Flächen Restriktionen erlassen. Sein Leitgedanke war, die Entwicklung nicht unangemessen stark einzuschränken. Deshalb hat er nur für den Bereich, wo Hochwasser mit großer und mittlerer Häufigkeit auftritt, umfassende Restriktionen ausge-

sprochen (in der Regel bis zum einhundertjährigen Hochwasser). In den in der Vergangenheit im Durchschnitt seltener als einmal in einhundert Jahren überschwemmten Gebieten gibt es dagegen keine weitreichenden Beschränkungen für das Bauen, obwohl diese ebenfalls Gefahrenbereiche sind.

Als Folge dieser Orientierung an der Überschwemmungshäufigkeit

ist ausgerechnet für die Hochwasserereignisse, die die Gesellschaft vor die größten Probleme stellen, bei denen die Deiche überströmt und die größten Flächen überschwemmt werden und die sich typischerweise zu den stärksten Katastrophen ausweiten, eine planerische und bauliche Vorsorge nicht umfassend und verpflichtend vorgeschrieben.

¹ Stand Juli 2012

² bei einem Wasserstand von 10,50 m am Pegel Dresden

³ nach LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (Hg.) (2012)



Überschwemmungsbereich des einhundertjährigen Hochwassers (wasserrechtliches Überschwemmungsgebiet) ¹: Hier gelten umfassende und strenge Restriktionen für das Bauen



Überschwemmungsbereich bei Extremhochwasser ²: Weitreichende verpflichtende Vorgaben zur Hochwasservorsorge hat der Gesetzgeber bisher nicht erlassen

Abb. 15: Vergleich von Überschwemmungsbereichen in Dresden (vereinfachte Darstellung) ³

Aber auch in den häufiger überschwemmten Bereichen, wo umfassende Restriktionen erlassen wurden, können in großer Zahl neue Gebäude entstehen. Dies resultiert ebenfalls aus einer in ihrem Kern positiven gesetzgeberischen Absicht: Baulücken und Brachflächen im Innenbereich sollen bevorzugt genutzt werden. Die Siedlungen sollen kompakt sein, damit möglichst

viel Freiraum im Umland erhalten bleibt und die Infrastruktur effektiv ausgelastet wird. Auch das städtebauliche Interesse, geschlossene Ortsbilder zu schaffen, spielt eine Rolle. Im Innenbereich besteht daher ein grundsätzliches Baurecht, das nur in ganz besonderen Ausnahmefällen eingeschränkt werden darf.

Im Baugesetzbuch ist dazu geregelt, dass eine Bebauung nur dann zulässig ist, wenn gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse gewahrt bleiben.¹ Doch meint die Bauministerkonferenz in ihren Handlungsempfehlungen, dass der Wahrung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse in Bezug auf Hochwasser nur in wenigen Einzelfällen eine praktische Bedeutung zukomme.² Be-

hörden, die Genehmigungen im Gefahrenbereich versagen wollen, könnten daher Zweifel hegen, ob sie dies überhaupt rechtssicher tun können.

¹ § 34 (1) BauGB

² BAUMINISTERKONFERENZ (2010): 31

Bei der Genehmigung von Lückenbebauung im Überschwemmungsgebiet wird u. a. darauf geachtet, dass bis zum Wasserstand des einhundertjährigen Hochwassers die negativen Auswirkungen gering gehalten werden (z. B. erhöhtes Erdgeschoss). Eignet sich jedoch ein Extremhochwasser, steigen die Schäden immens.



Steter Tropfen höhlt den Stein

Welchen Umfang die Neubautätigkeit in Überschwemmungsbereichen im Verlauf von Jahren und Jahrzehnten annehmen kann, soll Abb. 16 (nächste Seite) anschaulich machen. Durch Luftbilddauswertung¹ wurden neu errichtete Gebäude in einer Ortschaft im Überschwemmungsbereich der Elbe ermittelt. Es wird deutlich, dass viele einzelne Ob-

jekte sich im Laufe von Jahren zu erheblichen Mengen summieren.

Ein Rechenbeispiel: Würden in einer großen Stadt pro Woche drei neue Gebäude im Überschwemmungsbereich errichtet, so ergäbe dies innerhalb von 10 Jahren mehr als 1.500 zusätzliche gefährdete Gebäude allein in

dieser Stadt. Dies macht den Bedarf deutlich, sich in der Planung über das in den letzten Jahren Erreichte hinaus stärker mit der Nutzungsverdichtung im Innenbereich und mit den Folgen von extremen Hochwassern auseinanderzusetzen.

¹ ermittelt von Yanan Wu (2010) und Markus HÜBNER (2012) im Rahmen ihrer Praktikumsstätigkeit beim Regionalen Planungsverband Oberes Elbtal/Ostergebirge



„Durch die anhaltende Verdichtung des baulichen Bestandes mit hochwertigen Objekten ... haben die Schadenspotenziale seit August 2002 wesentlich zugenommen; diese Tendenz wird – entgegen der Zielsetzung des Wasserhaushaltsgesetzes – weiter anhalten.“

Einschätzung der Sachlage im Plan Hochwasservorsorge der Landeshauptstadt Dresden, S. 10/24; Stadtratsbeschluss vom 12.8.2010

Eine hohe Gefährdung ist nicht selten mit hohem Potenzial für Neubebauungen verbunden: Weil unsere Vorfahren solche Bereiche nur spärlich besiedelten, gibt es dort heute besonders viele Baulücken.

Neu errichtete Gebäude in einem Überschwemmungsbereich der Elbe

Neubau von 1988 – 2002

Neubau von 2002 – 2008

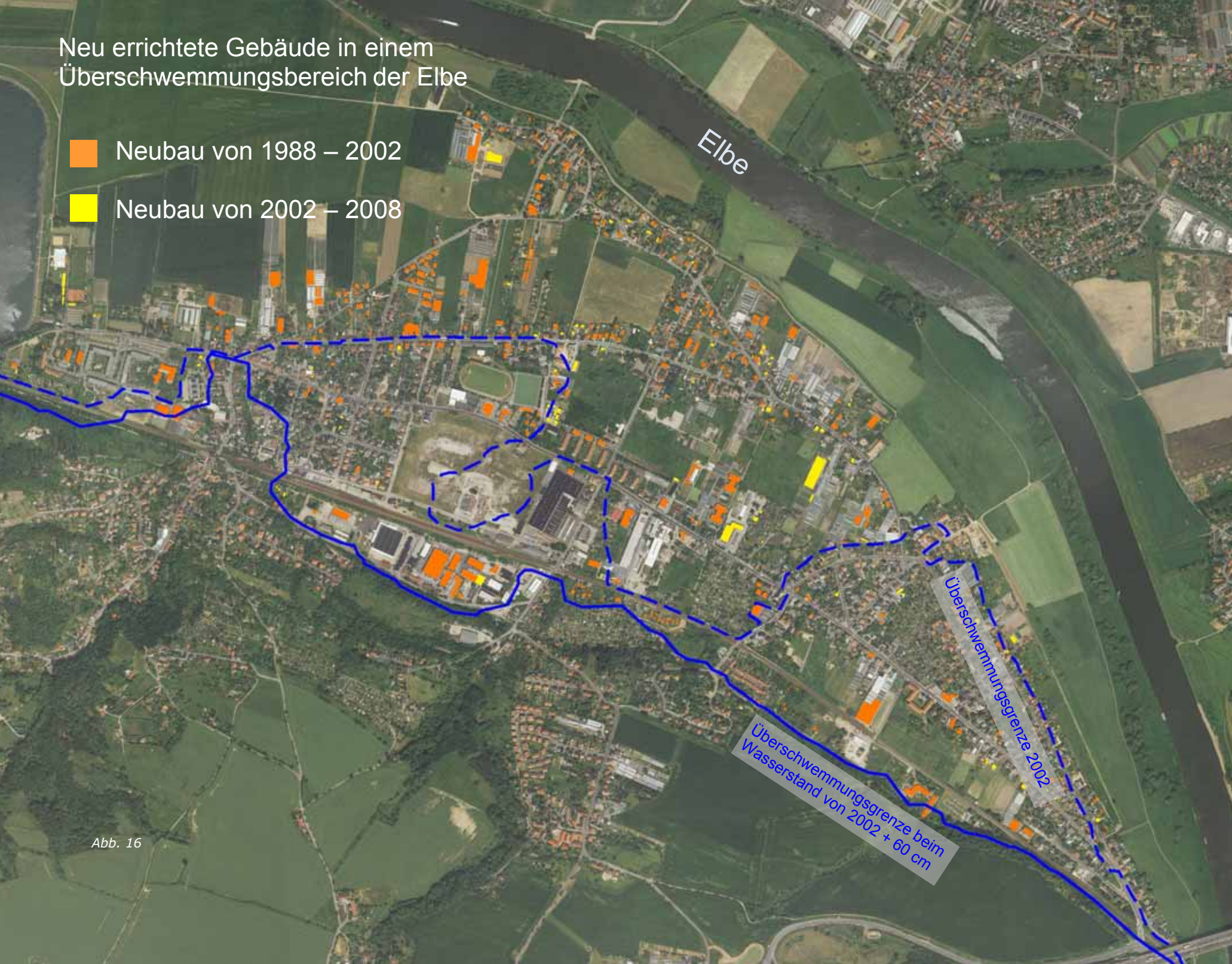


Abb. 16

Kapitel 3

Durch Raumordnung
stabiler werden

Geordnet geht es besser

Die Naturgefahr Hochwasser hat Auswirkungen auf die Stabilität der Gesellschaft. Wenn immer mehr Menschen in Gefahrenbereichen wohnen und immer mehr Unternehmen sich dort ansiedeln, wird die Gesellschaft immer störanfälliger. Immer mehr Gebäude sind zu evakuieren, für immer mehr Menschen Notunterkünfte bereitzustellen, immer mehr Berufstätige können nicht ihrem Erwerb nachgehen, während sie ihr Hab und Gut retten. Immer mehr Unternehmen müssen schlagartig ihre Produktion einstellen, Dienstleistungen kön-

nen nicht mehr erbracht werden, unerwartete Steuerausfälle bringen die kommunalen Haushalte aus dem Gleichgewicht, öffentliche Leistungen können nicht mehr finanziert werden. Immer umfangreicher wird die Infrastruktur, die nach dem Hochwasser wieder in Stand gesetzt werden muss.

Langfristig ist es für alle Beteiligten mit Nachteilen verbunden, wenn Überschwemmungsbereiche immer dichter mit hochwasserempfindlichen Nutzungen gefüllt werden. Auch der Bauherr

selbst kann seinen Bauantrag im Überschwemmungsbereich bitter bereuen, wenn irgendwann der Hochwasserfall tatsächlich eintritt.

Die räumliche Planung kann einen Beitrag dazu leisten, dass Nutzungen vorausschauend an Gefahren angepasst werden. Dabei ist es nicht das Ziel, in den gefährdeten Kommunen keine Entwicklung mehr zuzulassen. Es geht darum, die Standorte für Wohngebäude und Unternehmen dort so geschickt auszuwählen, dass sie im Hochwasserfall kei-

nen Schaden nehmen bzw. sie so an den Standort anzupassen, dass sie Hochwasser unbeschadet tolerieren. Regelungen für das Bauen in Überschwemmungsbereichen haben keine Schwächung von Kommunen zum Ziel, sondern dienen deren Stärkung, indem sie anstelle einer instabilen, immer wieder von massiven Schadenshäufungen unterbrochenen Entwicklung die Grundlage für ein gleichmäßiges und nachhaltiges Vorankommen schaffen.



Die Rechnung zahlen alle

Je umfangreicher das Schadenspotenzial in einer Region wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie im Hochwasserfall nicht aus eigener Kraft auf einen positiven Entwicklungspfad zurückkehren kann. Das zu beobachtende schnelle Wiederaufblühen von überschwemmten Gebieten nach Katastrophen ist auch auf erhebliche Solidarleistungen von außen zurückzuführen. Ganz Deutschland hat Opfer erbracht, um den Kommunen an Elbe und Donau nach der Flut 2002 wieder auf die Beine zu helfen, sei es durch Spenden, die Verschiebung geplanter Steuervergünstigungen oder die Zurückstellung finanziell bereits gesicherter Infrastrukturvorhaben zu Gunsten des Wiederaufbaus in Hochwassergebieten.

Die durch Nichtbetroffene erfahrene Solidarität ist aber auch Verpflichtung, keine neuen Schadenspotenziale anzuhäufen und somit immer höhere Transferleistungen und einen Vertrauensverlust bei den Helfern zu provozieren.

All diese Argumente geben Anlass darüber nachzudenken, ob nicht neben anderen Möglichkeiten der Beeinflussung von Schadenspotenzialen wie Gefahreninformationsdiensten oder ökonomischen Instrumenten auch in der räumlichen Planung rechtliche Vorgaben auf eine langfristig noch wirksamere Weise ausgefüllt werden könnten.



Auch Solidarität hat geholfen: Bereits wenige Jahre nach dem Hochwasser 2002 ist die Stadt Glashütte auf beeindruckende Weise in Stand gesetzt.



Abb. 17: Solidarität erfahren Hochwasseropfer 2002 aus ganz Deutschland

Eine Lücke füllen

Restriktive Festlegungen zur Hochwasservorsorge sind sowohl im Wasserrecht auch als in der Raumordnung meist an den Überschwemmungsbereich des einhundertjährigen Hochwassers gekoppelt. Restriktionen werden also vor allem dort ausgesprochen, wo häufig Schäden auftreten und sich auf Grund vieler Wiederholungsfälle hohe Schadenssummen einstellen. Die sich selten ereignenden extremen Hochwasser bleiben jedoch weitgehend unregelt und werden als Restrisiko hingenommen. Damit sind genau die Ereignisse einer wirksamen Einflussnahme entzogen, die für die Gesellschaft die schwersten Belastungszustände auslösen.

Zwar haben extreme Hochwasser eine geringe Eintrittshäufigkeit, doch weisen sie die höchste Gefahrenintensität auf und führen pro Ereignis zu den größten Schäden. Daher besteht bei ihnen trotz ihres seltenen Auftretens ein hohes Risiko, das zu einem planerischen Handeln drängt.

In der Geschäftsstelle des Regionalen Planungsverbandes Oberes Elbtal/Osterzgebirge gibt es bereits seit dem Jahr 2006 Überlegungen, wie man die Gefahr von Extremhochwasser stärker bei der Raumplanung berücksichti-

gen könnte. Es wurde ein Planungsansatz entworfen, der die bestehende Regelungslücke verringern könnte. Er orientiert sich primär nicht mehr an der Eintrittshäufigkeit, sondern an der Gefahrenintensität (mögliche Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit). Die Folgen von Extremhochwasser bleiben dabei nicht mehr als Restrisiko unberücksichtigt, sondern werden zum Ausgangspunkt der planerischen Überlegungen.

Gefahrenintensität und mögliche Schadenssumme pro Ereignis

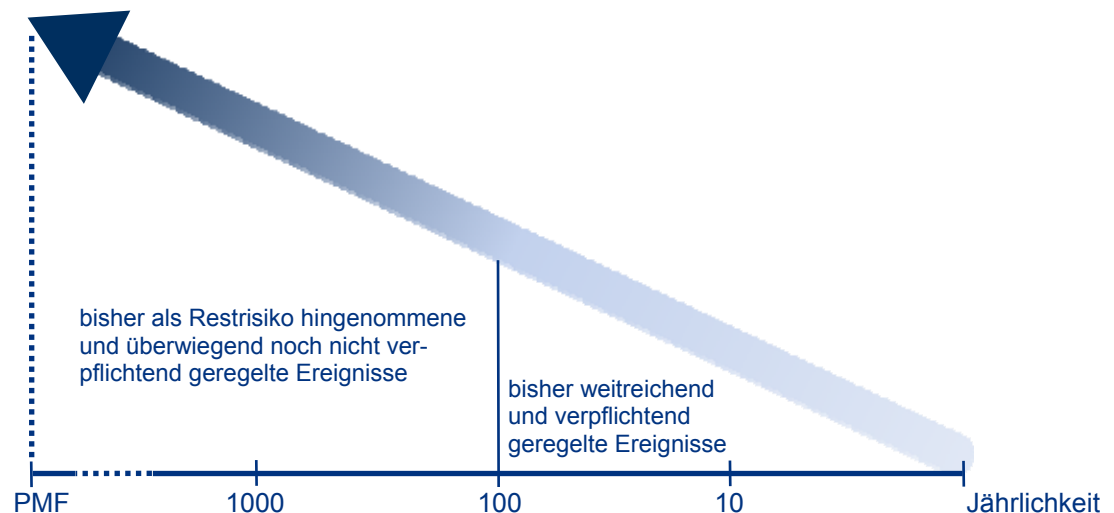


Abb. 18: Schematische Darstellung von Gefahrenintensität und möglichen Schadenssummen pro Überschwemmungsfall im Verhältnis zur Jährlichkeit (Eintrittswahrscheinlichkeit pro Jahr)

Wahrscheinlichkeit auf dem Prüfstand

Welche ungünstigen Effekte die Kopplung planerischer Vorgaben zur Hochwasservorsorge an die Eintrittswahrscheinlichkeit haben kann, zeigt neben der auf den Seiten 13–15 beschriebenen „ökonomischen Wirkungsumkehr“ im Hinterland von Hochwasserschutzanlagen auch das Beispiel des unten abgebildeten Einkaufszentrums. Zum Zeitpunkt der Genehmigung lag es außerhalb des Überschwemmungsbereiches des einhundertjährigen Hochwassers. Somit war der Standort auch nicht als

Überschwemmungsgebiet festgesetzt worden und es gab keine Restriktionen für eine Bebauung.

Wenige Jahre nach seiner Fertigstellung wurde es durch ein Hochwasser überflutet. Die Hochwasserstatistik änderte sich, der Überschwemmungsbereich des einhundertjährigen Hochwassers wurde dadurch deutlich größer. Der Standort fiel nunmehr in das neu festzulegende Überschwemmungsgebiet hinein und wäre damit rechtlich für die Ausweisung eines neuen

Baugebietes grundsätzlich ungeeignet gewesen. Doch die Bebauung war bereits bestandskräftig und das Schadenspotenzial im Nachhinein nicht mehr zurückzunehmen. Mit jeder Erweiterung des Standortes kann es weiter steigen.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird im Ingenieurwesen u. a. bei der Bemessung von Hochwasserschutzanlagen und Brückenbauwerken in sehr sinnvoller Weise angewandt. In der räumlichen Planung begünstigt jedoch eine

Kopplung von Vorgaben an die Eintrittswahrscheinlichkeit unvorteilhafte Entwicklungen und bietet daher durchaus Anlass, hinterfragt zu werden. Gerade unter den Bedingungen eines sich wandelnden Klimas muss mit Schwankungen der Jährlichkeit von Hochwasserereignissen gerechnet werden. Das könnte ebenso bei der Versicherbarkeit von Gebäuden im Überschwemmungsbereich zu Problemen führen, falls einstmals versicherbare Objekte bei Änderungen der Jährlichkeit in eine nicht mehr versicherbare Zone fallen.



Nachteile auch für Investor und Kommune: Im Überschwemmungsfall geht das Einkaufszentrum für mehrere Wochen außer Betrieb, Kunden müssen auf andere Standorte ausweichen.

Gefahrenintensität statt Wahrscheinlichkeit

Der neue Planungsansatz ist ein Versuch, das Restrisiko extremer Hochwasserereignisse mit ihren gravierenden gesellschaftlichen Folgen bei der räumlichen Planung stärker ins Blickfeld zu rücken. Er geht von der Überlegung aus, dass Extremhochwasser zwar selten auftritt, jedoch zu den gravierendsten Schäden führt und daher nicht einfach als

planerisch weniger relevant hingenommen werden sollte. Die Wahrscheinlichkeit *pro Jahr*, dass z. B. ein dreihundertjähriges Hochwasser eintritt, ist zwar gering, die Wahrscheinlichkeit innerhalb von 300 Jahren, dass ein solches Ereignis die Gesellschaft trifft, ist jedoch sehr hoch. Jederzeit kann es auftreten, im ungünstigsten Fall auch mehrmals hintereinander.

Im Vergleich zu einigen anderen Naturgefahren wie Sturm, Hagel oder Blitzschlag sind die Gefahrenzonen von Flusshochwasser relativ eng begrenzt. Es lässt sich relativ genau bestimmen, wo die Ereignisse auftreten können. Das eröffnet gute Chancen, sich in der Planung vorausschauend auf sie einzustellen.

Der entworfene Planungsansatz sieht vor, sich grundsätzlich am größten wahrscheinlichen Hochwasser oder einem vergleichbaren Ereignis zu orientieren. Fällen, wie dem des neuen Einkaufszentrums, das restriktionsfrei erbaut und kurz darauf überschwemmt wurde (S. 33), würde damit vorgebeugt.



Abb. 19: Vorranggebiete Hochwasserschutz im rechtskräftigen Regionalplan Oberes Elbtal/Osterzgebirge wurden nur im unbesiedelten Überschwemmungsbereich eines einhundertjährigen Hochwassers festgelegt.

Mit der Chance, Vorgaben in der räumlichen Planung von der Wiederkehrhäufigkeit abzukoppeln und damit das „Jonglieren“ mit Wahrscheinlichkeiten zu überwinden, ist das Potenzial des neuen Ansatzes jedoch noch nicht erschöpft. Ein weiterer Vorteil bestünde darin, dass Vorgaben für die nachfolgenden Planungsebenen auch nach der Gefahrenintensität differenziert erfolgen könnten. Bei hoher Gefahr (große Wassertiefe oder Fließgeschwindigkeit) könnten Entwicklungszonen für Grünbereiche, bei geringer und mittlerer Gefahr Zonen für hochwasserangepasstes Bauen festgelegt werden.

Im Vergleich zu den wasserrechtlichen Überschwemmungsgebieten nach gegenwärtiger Rechtslage würde das mehr Flexibilität für die Entwicklung in den Kommunen bieten. Innerhalb eines Überschwemmungsgebietes gelten an jeder Stelle die gleichen weitreichenden Einschränkungen. Dort ist die Ausweisung neuer Baugebiete grundsätzlich untersagt, egal, ob die mögliche Wassertiefe am Standort bei 6 m oder nur bei 50 cm liegt.

¹ nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (Hg.) (2005)

Abb. 20: Wassertiefen bei Extremhochwasser ¹

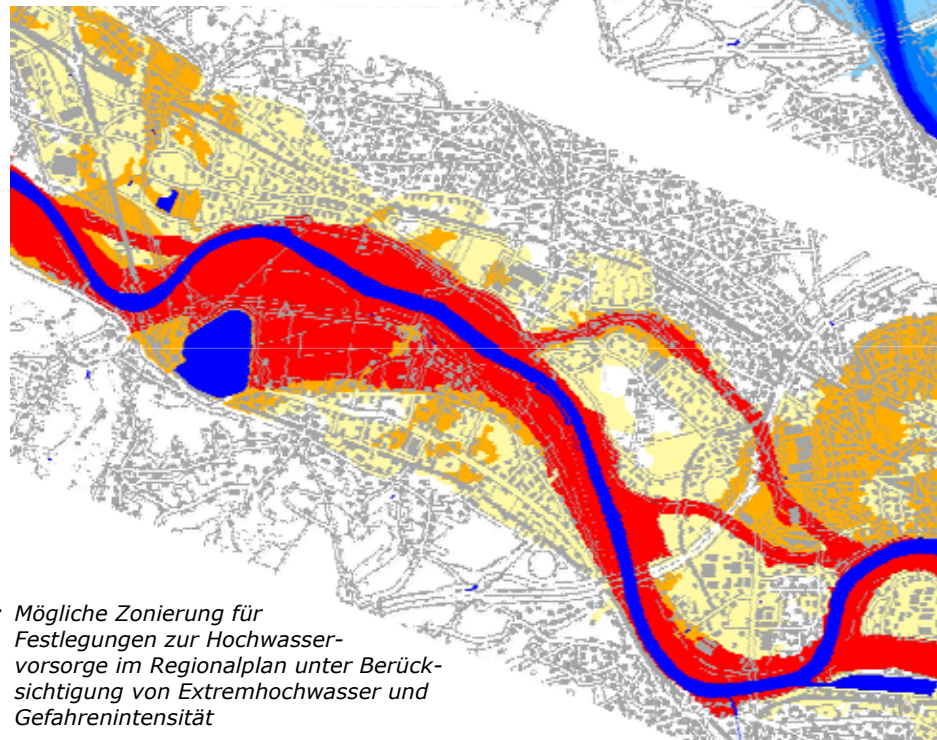
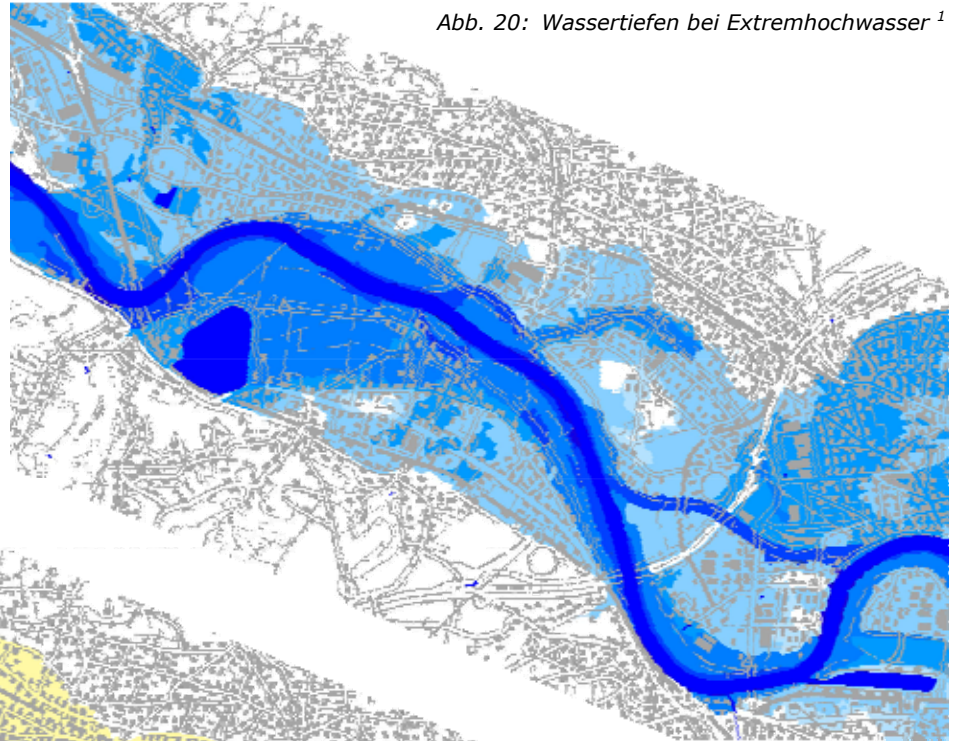


Abb. 21: Mögliche Zonierung für Festlegungen zur Hochwasservorsorge im Regionalplan unter Berücksichtigung von Extremhochwasser und Gefahrenintensität

Ende gut—alles gut?

Neuer Planungsansatz – alles in Butter? Bei weitem nicht! Die Überlegungen befinden sich im Entwicklungsstadium. Viele Fragen sind noch offen:

- Ab welcher Überschwemmungstiefe muss man von hoher Gefährdung sprechen? Bei einem Meter ist ein Ertrinken möglich, aber können nicht bei Vorwarnzeiten von knapp drei Tagen wie an der Elbe alle Gebäude rechtzeitig evakuiert und somit sogar sechs Meter Wassertiefe als ungefährlich eingeschätzt werden?
- Welche Wassertiefen sind mit hochwasserangepasster Bebauung noch beherrschbar? Könnte man sich nicht mit schwimmfähigen Häusern an beliebige Tiefen anpassen und damit differenzierte planerische Festlegungen überflüssig machen?
- Ist eine Abkopplung von der Eintrittswahrscheinlichkeit aus juristischer Sicht vertretbar? Schließlich ist das im Rechtswesen ein über Jahrzehnte gewachsener Maßstab, der die Verhältnismäßigkeit von planerischen Einschränkungen sicherstellen soll. Lassen sich Raumordnungs- und Wasser-

recht ausreichend harmonisieren, damit der Ansatz Wirkung entfalten kann? Und sind die benötigten wasserwirtschaftlichen Fachdaten überhaupt belastbar genug?

- Gibt es ein hinreichendes überörtliches Regelungserfordernis, um regionalplanerische Festlegungen rechtfertigen zu können? Oder ist es eher eine Aufgabe des Bundes, allgemeine gültige gesetzliche Regelungen zur Begrenzung von Schadenspotenzialen zu schaffen, damit die Extremhochwasser für die Gesellschaft nicht zu immer größeren Belastungen werden?

Diese und viele weitere Probleme müssen noch besprochen werden. Sollte sich eine umsetzbare Lösung finden, so stünde dann die Frage, ob für einen veränderten Planungsansatz auch eine Akzeptanz gefunden werden kann. Doch egal, wie es am Ende ausgeht – der Diskurs über unsere künftige Hochwasservorsorge muss geführt werden. Diskutieren und streiten Sie mit uns, kritisieren Sie und mischen Sie sich ein, damit für kommende Generationen nicht immer höhere Kosten bei der Bewältigung von Hochwasserfolgen entstehen.



Abb. 22: Abgrenzungsbeispiel für Gefahrenzonen bei Extremhochwasser anhand von möglicher Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit in der Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge

Quellen

- Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Gesetz vom 22.07.2011 (BGBl. I S. 1509) m. W. v. 30.07.2011
- BAUMINISTERKONFERENZ (2010): Handlungsanleitung für den Einsatz rechtlicher und technischer Instrumente zum Hochwasserschutz in der Raumordnung, in der Bauleitplanung und bei der Zulassung von Einzelbauvorhaben i. d. F. der Beschlussfassung Fachkommission Städtebau vom 22. September 2010
- BECK, U. (1986): Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp, Frankfurt a.M.
- GOETHE, J. W. (1832): Faust. Der Tragödie zweyter Theil in fünf Acten. Cotta, Stuttgart
- KASANG, D. (2007): Folgen von Extremereignissen in den USA - Hochwasserschäden. www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimafolgen/extreme/folgen-22.html; April 2008
- KUNDZEWICZ, Z. W. (2002): Absolute Sicherheit ist eine Illusion. Ansteigende Hochwassergefahr in einer sich ändernden Welt. in: KACHELMANN, J. (Hg.) (2002): Die Große Flut. Unser Klima, unsere Umwelt, unsere Zukunft. Rowohlt, Hamburg
- KURSÄCHSISCHE LANDESVERMESSUNG (Hg.) (1780 bis 1806): Meilenblätter 1 : 12 000. Berliner Exemplar
- LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (Hg.) (2012): Themenstadtplan Dresden. www.stadtplan-dresden.de; 4.8.2012
- MEINEL, G.; WALZ, U. (2004): Monitoring der Landnutzungsänderungen im Überschwemmungsbereich der Oberelbe. In: IÖR info 10/2004. Institut für Ökologische Raumentwicklung, Dresden; 2
- MUNICH RE (Hg.) (2003): Topics. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2002. München
- MUNICH RE (Hg.) (2011): Zum Thema: Überschwemmung. Sonderdruck für Munich Re Schadenforum 2011. München
- PIELKE, R. A.; DOWNTON, M. W. (2000): Precipitation and Damaging Floods: Trends in the United States 1932-1997. Journal of Climate
- QIAN, L. X.; WANG, W. T.; LI, Sh. (2005): Retrospection of Study on "Suspended River" Issue of the Yellow River. In: Yellow River 2005, He Nan
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (Hg.) (2005): Hochwasser in Sachsen. Gefahrenhinweiskarte. Dresden
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (Hg.) (1999): Hochwasserschutz in Sachsen. Materialien zur Wasserwirtschaft 3/1999. Dresden
- WALZ, U.; SCHUMACHER, U. (2003): Landnutzungsänderungen im Überschwemmungsbereich der Oberelbe. In: STROBL, J.; BLASCHKE, T.; GRIESEBNER, G. (Hg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XV. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2003. Heidelberg; 530-536
- WERNER A. W. (1850-1855): Karte des Elbstromes innerhalb des Königreichs Sachsen: mit Angabe des durch d. Hochwasser vom 31. März 1845 erreichten Überschwemmungsgebietes. Dresden
- YUAN, Y. Sh.; WU, J. Ch.; ZUO, Y. J. (2009): A New Method for Fitting the Complicated Water Level Process of the Lower Yellow River. In: Science in China 2009, Nan Jin

Bildnachweis

Foto: Titel, Seite 3, 4 oben, 4 unten, 13, 16, 22, 23, 26, 27, 31: Peter Seifert | Seite 8 links, 8 rechts: National Aeronautics and Space Administration, Washington D. C., U.S.A.; Wikimedia Commons | Seite 10: Zeitschrift „Civilization“, Beijing, V. R. China | Seite 19: Norbert Kaiser; Lizenz: CC BY-SA 3.0; Wikimedia Commons | Seite 24: Technisches Hilfswerk, Ortsverband Dresden | Seite 25: Digitalisierungsgrundlage: Schrägaufnahme 098/2004, herausgegeben mit Genehmigung des Städtischen Vermessungsamtes Dresden, Genehmigungsnummer: 06 62.13.12 | Seite 28: Darstellungsgrundlage Luftbild © Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, 2008 | Seite 30 links: Markus Schoepke; Lizenz: CC BY-SA 2.5; Wikimedia Commons | Seite 30 rechts: Bärbel Zaunick; bearbeitet | Seite 33: Djsnowify; bearbeitet; Lizenz: CC BY-SA 3.0; Wikimedia Commons | Rückseite: Falk Ziebold; bearbeitet

Grafik: Seite 4, 7 unten: Munich Re | Seite 7 oben: Dieter Kasang | Seite 9: Pieter Bruegel; Wikimedia Commons | Seite 14: Copyright © 2012 Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge und dessen Lizenzgeber. Alle Rechte vorbehalten. | Seite 15: Deutsche Fotothek; Lizenz: CC BY-SA 3.0 | Seite 17: Peter Birman (um 1800): Blick vom Isteiner Klotz rheinaufwärts Richtung Basel; Wikimedia Commons | Seite 21: SLUB/Deutsche Fotothek/Lithografie: A. W. Werner | Seite 31: Manfred Gottschall | Seite 34, 36: Darstellungsgrundlage ATKIS ® - DGM 25, © Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (2001) | Seite 35: Darstellungsgrundlage Topographische Karte 1:100.000. © Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen

