

# Hochwasserschutz als Aufgabe für Raumplanung und Siedlungsentwicklung

## Gutachten

im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt

Prof. Dr. Stefan Greiving

Olfen/Dortmund

30.11.2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>0. Anlass, Aufgabenstellung und Zusammenfassung der Ergebnisse</b> .....	1
<b>1. Siedlungsentwicklung und Hochwasserrisiko im Raum der bayerischen Donau</b> .....	3
1.1 Zusammenhänge zwischen Hochwasser, Hochwasserschäden und Siedlungsentwicklung .....	3
1.2 Demographische Entwicklung im bayerischen Donaauraum .....	5
1.3 Auswirkungen der demographischen Entwicklungen auf die Hochwasserschadenspotenziale .....	8
<b>2. Mögliche Sekundärschäden und Kaskadeneffekte bei großen bzw. extremen Hochwasserereignissen</b> .....	12
2.1 Bedeutung kritischer Infrastruktur .....	12
2.2 Domino- und Kaskadeneffekte .....	14
2.3 Sekundärschäden ausgewählter Ereignisse.....	15
<b>3. Darstellung der raumordnerischen Instrumente in Bayern im Vergleich zu anderen Bundesländern</b> .....	19
3.1 Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung in Bayern .....	19
3.2 Steuerungsansätze der Siedlungsflächenentwicklung im Ländervergleich .....	20
3.3 Vergleichende Darstellung der Hochwasservorsorge in der Landes- und Regionalplanung der Flächenländer .....	21
3.4 Bewertung der Steuerungsansätze in der bayerischen Raumordnung .....	27
<b>4. Auswirkungen „schärferer“ raumplanerischer Instrumenten auf die Entwicklung der Schadenspotenziale entlang der bayerischen Donau</b> .....	30
4.1 Anpassung der landesplanerischen Regelungen zum Hochwasserschutz .....	30
4.2 Bauvorsorge im Rahmen der Bauleitplanung .....	32
4.3 Verstärkte Auseinandersetzung mit Hochwasserrisiken in der Umweltprüfung .....	34
4.4 Siedlungsrückzug als Ansatz zur Reduzierung von Hochwasserrisiken .....	35
4.5 Lastenausgleich in der Hochwasservorsorge .....	38
<b>5. Was würden Flutpolder zur Reduktion der verbleibenden Risiken beitragen können?</b> .....	41
5.1 Berücksichtigung von Extremhochwassern in der Risikoanalyse .....	41
5.2 Materielle Effekte der Flutpolder auf Hochwasserrisiken .....	44
<b>6. Fazit</b> .....	47
<b>7. Literatur</b> .....	50

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bevölkerungsentwicklung in den kreisfreien Städten und Landkreisen Bayerns	7
Abbildung 2: Trends der Siedlungsflächenentwicklung .....	8
Abbildung 3: Berechnungsvorschriften der Flächeninspruchnahme in überschwemmungsgefährdeten Gebieten .....	9
Abbildung 4: Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in überschwemmungsgefährdeten Gebieten.....	11
Abbildung 5: Kaskadeneffekte beim Ausfall von Strom und Telekommunikation .....	15
Abbildung 6: Ökonomische Auswirkungen des Erdbebens/Tsunamis 2011 .....	17
Abbildung 7: Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung bei verschärfter raumordnerischer Hochwasservorsorge.....	32
Abbildung 8: Risikoaversion in der Risikoanalyse .....	43
Abbildung 9: Verhältnis der Schadenserwartungswerte zur Jährlichkeit von Hochwasserereignissen.....	46

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bevölkerungsentwicklung im bayerischen Donaauraum .....	6
Tabelle 2: Analysekriterien nach den Handlungsempfehlungen der MKRO .....	24
Tabelle 3: Übersicht der Empfehlungen.....	47

# **0. Anlass, Aufgabenstellung und Zusammenfassung der Ergebnisse**

## **Anlass und Aufgabenstellung**

Im Rahmen des bayerischen Flutpolderprogramms wurde die gesamte bayerische Donau auf mögliche Flutpolderstandorte untersucht. Insgesamt wurden an der Donau in einer Studie der Technischen Universität München zwölf Standorte identifiziert und ihre Wirksamkeit untersucht.

Mit der öffentlichen Präsentation dieser Standorte wurde der sog. „Hochwasserdialog Bayern“ begonnen, um den Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit zu bieten, sich aktiv in die Entwicklung und Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen – insbesondere bei der Planung möglicher Flutpolder – einzubringen. Dabei sind zahlreiche Fragestellungen aufgetreten, die im Rahmen von sog. „überregionalen Diskussionsforen“ an Experten gestellt wurden. Der Unterzeichner vertrat dabei das Thema „Hochwasserschutz als Aufgabe für Raumplanung, Siedlungsentwicklung und Eigenvorsorge“ beim ersten Diskussionsforum am 24.09.2015 in Münchsmünster.

Auch im Nachgang waren die Raumplanung, aber auch Fragen nach Sekundärschäden und sog. Kaskadeneffekten als Folgen sehr großer und extremer Hochwasserereignisse viel diskutierte Themen. Daher hat das Bayerische Landesamt für Umwelt dem Verfasser den Auftrag erteilt, den Vortrag und die weitergehenden Fragen vertieft in einer Schriftfassung vorzulegen und die getroffenen Aussagen durch Quellenangaben ausführlich zu belegen, was mit der Vorlage dieses Gutachtens geschieht.

## **Zusammenfassung der Ergebnisse**

Insgesamt ist ein starkes Anwachsen der Hochwasserschäden in Deutschland zu beobachten, obwohl die Anzahl der Flusshochwasser seit Jahrzehnten stabil geblieben ist. Dies erklärt sich neben dem Wachstum der Volkswirtschaft auch mit der fortschreitenden Siedlungsflächenentwicklung in überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Hier ist der verantwortliche Akteur die Raumplanung (Raumordnung und kommunale Bauleitplanung). Diese Entwicklung gilt insbesondere für den dynamisch wachsenden bayerischen Donaauraum. Selbst bei gleichbleibender Hochwassergefahr mussten die Hochwasserrisiken im bayerischen Donaauraum deshalb kontinuierlich steigen und werden absehbar weiter zunehmen.

Aufgrund der Dichte an Siedlungsflächen, innerhalb derer sich zahlreiche soziale Infrastrukturen befinden, den Produktions- und Logistikbetrieben und der technischen Infrastruktur weist der bayerische Donaauraum ein erhebliches Maß an kritischer Infrastrukturen auf, deren Ausfall bei Überlastfällen zu Sekundärschäden und Kaskadeneffekten auch außerhalb der direkt betroffenen Gebiete führen kann, die, wie Ereignisse der Vergangenheit im In- und Ausland gezeigt haben, ein Mehrfaches der direkten Hochwasserschäden betragen können.

In Bayern findet in der Raumordnung keine Standort- oder Mengensteuerung der Siedlungsflächenentwicklung statt, womit die bayerischen Gemeinden bundesweit den größten Spielraum bei der Steuerung ihrer baulichen und infrastrukturellen Entwicklung besitzen. Dies gilt auch für überschwemmungsgefährdete Gebiete, da in den bayerischen Regionalplänen auf-

grund des sog. „Doppelregelungsverbot“ des Art. 21 Abs. 2 Nr. 3 BayLplG keine Festlegungen zur Hochwasservorsorge enthalten sind. Im Gegensatz dazu wird in der Landes- und Regionalplanung der anderen Flächenländer eine weitreichende Hochwasservorsorge betrieben, die teilweise auch eine Risikovorsorge in deichgeschützten Gebieten umfasst.

Auch ohne das Doppelregelungsverbot grundsätzlich in Frage zu stellen, könnte der im LEP Bayern 2013 enthaltene Grundsatz 7.2.5 zum Hochwasserschutz erweitert werden, um regionalplanerische Festlegungen zur Hochwasservorsorge zu ermöglichen. Diese würden nicht mit dem Doppelregelungsverbot kollidieren, weil sie sich auf die deichgeschützten Gebiete beziehen, in denen das Wasserrecht nicht greift. Zudem stehen den Gemeinden verschiedene Möglichkeiten für eine Bauvorsorge offen, um den Belang Hochwasservorsorge in ihrer städtebaulichen Abwägung angemessen zu berücksichtigen. Daneben kann auch Siedlungsrückzug eine Option sein, um Hochwasserrisiken zu mindern und ein Lastenausgleich dazu beitragen, die Akzeptanz für Hochwasserschutzmaßnahmen zu erhöhen.

Die Wirkung von Flutpoldern auf die Entwicklung der Hochwasserrisiken hängt zunächst von der Berücksichtigung des HQ-extrem in der Risikoanalyse ab. Die Einführung eines sog. „Aversionsfaktors“ würde hier dazu führen, dass der Einfluss der Flutpolder auf die Beherrschbarkeit des HQ-extrem sachgerechter gewürdigt werden könnte. Die Wirksamkeit der Flutpolder auf die tatsächlichen Schadenserwartungswerte ist allerdings vom Grad ihrer Abstimmung mit der gemeindlichen Siedlungsflächenentwicklung abhängig, da ein verbesserter Hochwasserschutz aufgrund dessen Einfluss auf die Risikowahrnehmung potenziell zu einem Anwachsen der Schadenspotenziale in den deichgeschützten Gebieten führen kann.

# 1. Siedlungsentwicklung und Hochwasserrisiko im Raum der bayerischen Donau

Einführend werden in Kap. 1 die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen Hochwasser, Hochwasserschäden und Siedlungsentwicklung aufgezeigt und anhand der tatsächlichen Entwicklungen im bayerischen Donaauraum konkretisiert.

## 1.1 Zusammenhänge zwischen Hochwasser, Hochwasserschäden und Siedlungsentwicklung

Gemäß § 72 WHG ist „Hochwasser [...] eine zeitlich beschränkte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land, insbesondere durch oberirdische Gewässer oder durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser. Davon ausgenommen sind Überschwemmungen aus Abwasseranlagen.“ Dabei ist zwischen verschiedenen Formen von Hochwasser zu unterscheiden, mit denen jeweils unterschiedliche Folgen verbunden sind: Küstensturmfluten, Hochwasser an Flüssen und Sturzfluten (Schanze 2006). Der Begriff „Überschwemmung“ bezieht sich auf die Folge eines Ereignisses (Ausuferung), während die Begriffe „Hochwasser“ oder „Sturmflut“ an der Ursache (erhöhte Wasserführung) ansetzen.

Von der Folge Überschwemmung geht ein Großteil der eigentlichen Gefahr aus, weil Schäden kaum auftreten, solange ein Hochwasser im Flussbett abgeführt werden kann. Neben Überschwemmungen treten (insbesondere bei hoher Fließgeschwindigkeit und großem Gefälle) noch Ufererosionen und Übermürungen auf. Dennoch wird im Folgenden der Fokus auf „Hochwasser“ und nicht auf „Überschwemmung“ gelegt, weil es gerade aus raumplanerischer Sicht nicht nur darum gehen kann, Überschwemmungen zu vermeiden, sondern darum, ein umfassendes Risikomanagement zu entwickeln, wie man anthropogene Ansprüche an den Raum mit dem ursächlichen Naturphänomen Hochwasser in Einklang bringen und mit der Ursache Hochwasser leben kann (Greiving 2002).

Die unberührte Naturlandschaft kennt keine Hochwasserschäden, sondern nur eine Erneuerung und Umgestaltung. Schäden entstehen nur im Konflikt mit der menschlichen Nutzung. Hochwasser sind daher nur deshalb ein Thema für die Gesellschaft, weil mit ihnen ökonomische Schäden und Todesopfer verbunden sind.

Eine allgemein gültige Schadensdefinition besteht nicht. Es ist immer die Bewertung des Menschen oder der Gesellschaft, die etwas als Schaden einstuft. Für diese Einstufung ist das gesellschaftliche bzw. rechtliche Bezugssystem maßgebend. Der Schadensbegriff hat also auch eine normative Bedeutung, da er auf einer Wertung beruht. Insofern ist auch der Risikobegriff nicht eine wertneutrale Funktion von Auswirkung und Wahrscheinlichkeit, sondern eine Funktion von negativ bewerteten Auswirkungen und Wahrscheinlichkeiten und wird schadensorientiert verwendet (Greiving 2002).

Ökonomische Schäden werden zwar in Geldeinheiten gemessen, beurteilt werden sie aber an der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des betroffenen Systems, das heißt, ein ökonomisch gesehen potentere Gesellschaft sieht eine bestimmte Schadenssumme weniger als Belastung an als eine vergleichsweise schwache Ökonomie (Gurenko and Zakout 2008).

Ein wesentliches Ziel planerischen Handelns sollte es sein, diese Schäden von vornherein

zu vermeiden. Dazu gibt es zwei voneinander abzugrenzende Rahmenziele der Risikomin-  
derung, denen verschiedene Maßnahmen zugeordnet werden können (Heiland 2002):

- Durch Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses (etwa durch Deich-  
bau, Schaffung von Retentionsräumen) werden die gefährlichen Einwirkungen durch  
Hochwasser auf die Schutzgüter Mensch und dessen Sachwerte reduziert. Diese Aufga-  
be obliegt primär der wasserwirtschaftlichen Fachplanung.
- Durch Verminderung des Schadenspotentials wird die Exposition der Schutzgüter ver-  
mindert. Damit sollen die den gefährlichen Prozessen ausgesetzten Nutzungen bezüglich  
ihrer räumlichen Lage und Bauausführung sowie des Verhaltens ihrer Nutzer an mögli-  
che Schäden angepasst werden. Diese Aufgabe kommt primär der Raumplanung bzw. in  
Bayern (vgl. Kap. 3) vor allem den Gemeinden zu.

Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen sind in den letzten Jahrzehnten vor allem in  
Überschwemmungsbereichen ausgeweitet worden, die früher aus überlieferter Erfahrung  
von Bebauung freigehalten worden waren. Zeiträume ohne größere Hochwasser, wie in den  
50 - 70er Jahren des 20. Jahrhunderts, haben zu einer zusätzlichen Anhäufung von Scha-  
denspotentialen geführt (LAWA 1995).

Die Täler von Flüssen wie der Donau wurden wie kaum eine andere Landschaft so früh, so  
intensiv und von so vielen anthropogenen Nutzungen beansprucht. Die meisten großen  
Städte wurden an der Küste oder an schiffbaren Flüssen gegründet, weil hier Baumateria-  
lien, andere Rohstoffe und Nahrungsmittel schnell und billig herangeschafft und produzierte  
Güter „verschifft“ werden konnten. Gleichzeitig eignen sich die Flusstäler aufgrund ihrer To-  
pographie hervorragend für die Entwicklung von schienen- und straßengebundener Ver-  
kehrsinfrastruktur und in neuer Zeit für die Anlage von Kraftwerken, die Kühlwasser benöti-  
gen. Die Böden sind meist sehr fruchtbar, so dass sie intensiv landwirtschaftlich genutzt  
werden. Das flache Relief bietet sich schließlich auch für große industrielle Anlagen an, wo-  
bei insbesondere die Automobilindustrie und ihre Zulieferer das bayerische Donautal prägen.  
Die aufgrund der intensiven Nutzungen errichteten technischen Schutzeinrichtungen wie  
Deiche und Sperrwerke sind sehr kostenintensiv, haben bedenkliche Nebenwirkungen auf  
die Ökologie und den Wasserhaushalt und bieten dennoch nur eine trügerische Sicherheit  
bis zum Bemessungsereignis, auf das sie ausgelegt wurden. Wird dieses überschritten, sind  
die Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen umso größer, weil man sich auf die Schutz-  
wirkung der Deiche verlassen hat (Seiffert 2012).

Neben den natürlichen Hochwasserursachen wird das Hochwassergeschehen auch durch  
den Menschen beeinflusst, indem er in die natürlichen Speichereigenschaften von Bewuchs,  
Boden, Gelände und Gewässernetz der Einzugsgebiete eingreift (Greiving 2002):

- Die Versiegelung durch Siedlung, Gewerbe und Verkehr, Umwandlung von Grünland in  
Ackerland, Verminderung der Waldbestände durch Rodung und Waldschäden reduzieren  
Bewuchs- und Geländespeicher.

- Formen nicht standortgerechter Landbewirtschaftung und die Zusammenlegung kleinparzelliger Strukturen zu großen Bewirtschaftungsflächen mit entsprechend befestigten Wirtschaftswegen beeinträchtigen den Bodenspeicher.
- Ein Gewässerausbau, der einseitig auf schnelle Wasserableitung ausgerichtet ist, bewirkt eine seltenere Speicherwirkung der Auen bzw. den Gewässerspeicher.
- Deichbau sowie Siedlungsbereiche und Verkehrswege in den Überschwemmungsbereichen reduzieren die natürlichen Überflutungsflächen und damit den "Speicher" Gewässer.

Die Auswirkungen dieser einzelnen menschlichen Eingriffe auf das Hochwasser sind für jedes Gewässer - teilweise sogar für Abschnitte eines Gewässers - unterschiedlich zu bewerten. Sie sind insbesondere abhängig von Größe und Charakteristik des jeweiligen Einzugsgebiets. Generell ist der menschliche Einfluss bei kleinen und mittleren Hochwassern am größten und mit abnehmender Jährlichkeit, also bei Extremereignissen, am kleinsten. Zudem wirken sich menschliche Veränderungen lokal sehr viel deutlicher aus als an großen Gewässersystemen, in deren Einzugsbereich auch heute der Anteil der versiegelten Flächen noch relativ gering ist (Greiving 2002).

Insgesamt ist ein starkes Anwachsen der Hochwasserschäden in Deutschland zu beobachten, obwohl die Anzahl der Flusshochwasser seit Jahrzehnten stabil geblieben ist (Kron et al 2012). Diese Entwicklung erklärt sich zunächst mit dem Wachstum der Volkswirtschaft und den damit verbundenen Wohlstandsgewinnen für Unternehmen und private Haushalte, was dazu führt, dass pro betroffenen Gebäude/Infrastruktur aufgrund des werthaltigeren Inventars immer höhere Schadenssummen entstehen. Die Wiederherstellungskosten nehmen zudem schon deshalb kontinuierlich zu, weil Lohn- und Materialkosten anwachsen.

Hinzu tritt aber die Akkumulation von Schadenspotenzialen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten hinter Deichen, in Flussabschnitten ohne Deiche bzw. solche, die nur einen geringen Schutzgrad bieten (wie z.B. gegenwärtig an der Donau zwischen Straubing und Vilshofen) und an kleineren Gewässern, für die keine Überschwemmungsgebiete festgestellt sind (Barredo 2008, Burby et al 2000, Kron et al 2012, Merz et al 2010, Wheeler and Evens 2009). Hier ist der verantwortliche Akteur die Raumplanung als maßgebliche Verursacherin für die Allokation verwundbarer Strukturen in gefährdeten Gebieten (DKKV 2015, Greiving 2002, Heiland 2002, Seifert 2012), steuert diese schließlich die Raum- bzw. Bodennutzung.

## **1.2 Demographische Entwicklung im bayerischen Donaauraum**

Die in Abschnitt 1.1 aufgezeigten Zusammenhänge zwischen Hochwasser, Hochwasserschäden und Siedlungsentwicklung sind insbesondere für den bayerischen Donaauraum relevant, weil dieser ein wirtschaftlich dynamisch wachsender Raum ist, dessen Bevölkerung zwischen 1994-2014 um knapp 10% zugenommen hat, während die bayernweite Entwicklung mit + 6,5% deutlich darunterlag. Diese positiven Entwicklungen setzen sich voraussichtlich auch in der Zukunft fort; bis 2034 wird mit einem weiteren Einwohnerzuwachs von 6,4 % (Bayern 5 %) gerechnet (Landesamt für Statistik 2014).

Auffällig ist vor allem das dynamische Wachstum der zum Bezirk Oberbayern gehörenden Landkreise sowie die positive Entwicklung der großen kreisfreien Städte Regensburg und Ingolstadt nebst Umlandkreisen. Demgegenüber fallen die Landkreise im Westen (Dillingen, Donau-Ries) bzw. der Osten der Region (Raum Passau) deutlich ab bzw. verzeichnen teilweise sogar leichte Bevölkerungsrückgänge, wie die folgende Tabelle 1 verdeutlicht:

**Tabelle 1: Bevölkerungsentwicklung im bayerischen Donaauraum**

Schlüssel	Raumeinheit		1994	2014	Δ in %	2034	Δ in %
161	Ingolstadt	Stadt	110,9	131,0	18,1	143,1	9,2
176	Eichstätt	Landkreis	111,2	127,2	14,4	137,5	8,1
185	Neuburg-Schrobenhausen	Landkreis	84,9	93,5	10,0	102,3	9,4
186	Pfaffenhofen a.d.Ilm	Landkreis	100,0	121,6	21,6	136,2	12,0
262	Passau, Stadt	Stadt	51,3	50,0	-2,5	50,1	0,2
263	Straubing, Stadt	Stadt	43,9	46,0	4,8	49,0	6,5
271	Deggendorf	Landkreis	111,4	115,4	3,6	119,2	3,3
273	Kelheim	Landkreis	102,6	116,5	13,5	125,6	7,8
275	Passau	Landkreis	180,0	186,3	3,5	189,6	1,8
278	Straubing-Bogen	Landkreis	89,8	98,0	9,1	102,8	4,9
362	Regensburg, Stadt	Stadt	126,6	142,3	12,4	156,1	9,7
375	Regensburg	Landkreis	164,1	187,2	14,1	205,6	9,8
773	Dillingen a.d.Donau	Landkreis	89,4	93,5	4,6	91,8	-1,8
779	Donau-Ries	Landkreis	126,7	130,2	2,8	134,8	3,5
	<b>Donaauraum</b>		<b>1.492,8</b>	<b>1.638,7</b>	<b>+9,8</b>	<b>1.743,7</b>	<b>+6,4</b>
<b>9</b>	<b>Bayern</b>	<b>Land</b>	<b>11.921,9</b>	<b>12.691,6</b>	<b>+6,5</b>	<b>13.321,3</b>	<b>+5,0</b>

Quelle: Landesamt für Statistik Bayern

Die folgende Abbildung 1 verdeutlicht die Bevölkerungsprojektion auch visuell auf Ebene der Landkreise Bayerns.

# Abbildung 1: Bevölkerungsentwicklung in den kreisfreien Städten und Landkreisen Bayerns

Bevölkerungsentwicklung in den kreisfreien Städten und Landkreisen Bayerns  
Veränderung 2034 gegenüber 2014 in Prozent



Veränderung 2034 gegenüber 2014 in Prozent		Häufigkeit	
unter -7,5	„stark abnehmend“	7	Größte Abnahme: Lkr Wunsiedel i. Fichtelgebirge -16,0 %
-7,5 bis unter -2,5	„abnehmend“	17	Größte Zunahme: Lkr Ebersberg +17,5 %
-2,5 bis unter 2,5	„stabil“	22	<b>Bayern:</b> +5,0 %
2,5 bis unter 7,5	„zunehmend“	25	
7,5 oder mehr	„stark zunehmend“	25	

Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

Hinzu kommt, dass die Bevölkerungsentwicklung nicht mit der Siedlungsflächenentwicklung korreliert, sondern diese beiden Trends schon seit längeren entkoppelt verlaufen, wie die folgende Abbildung 2 verdeutlicht. Dies bedeutet, dass das Siedlungsflächenwachstum deutlich höher ausfällt, als es alleine der Einwohnerzuwachs vermuten lässt:

**Abbildung 2: Trends der Siedlungsflächenentwicklung**

Jahr	Siedlungsfläche (ohne Verkehrsfläche)	Verkehrsfläche	Erwerbstätige	Bevölkerung
1960	100	100	100	100
1970	130	115	105	110
1980	170	125	105	110
1990	195	135	115	115
2000	220	140	120	118
2010	245	145	125	120

Anmerkungen: Daten teilweise interpoliert; ab 1980 ohne Westberlin (Erwerbstätige ab 1992); bei der Siedlungs- und Verkehrsfläche wurden die Erhebungsgrundlagen zwischen 1978 und 1980 und bei den Erwerbstätigen 1990 geändert

Quelle: BBSR (2011), S. 3.

Dabei steigt die prozentuale Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche nach Regionstypen mit abnehmendem Verstädterungsgrad und entkoppelt sich gleichzeitig immer stärker von der Einwohnerentwicklung, womit die Pro-Kopf-Flächeninanspruchnahme in ländlichen Regionen deutlich höher ausfällt als dies in den Großstädten der Fall ist (BBSR 2011, S. 5).

Entsprechend lagen auch die Baufertigstellungen im Beispieljahr 2013 im überwiegend ländlich geprägten bayerischen Donaauraum mit 9,3 Wohneinheiten/1.000 Einwohner deutlich über dem bayerischen Durchschnitt von 6,7 bzw. dem Bundesschnitt (4,6) als es der Einwohnerzuwachs alleine erklären könnte (BBSR 2015).

### **1.3 Auswirkungen der demographischen Entwicklungen auf die Hochwasserschadenspotenziale**

Aus den dargelegten demographischen und siedlungsstrukturellen Entwicklungen wird deutlich, dass selbst bei gleichbleibender Hochwassergefahr die Hochwasserrisiken im bayerischen Donaauraum kontinuierlich steigen mussten und absehbar weiter steigen werden.

Das Bundesinstitut für Bauwesen, Stadtentwicklung und Raumforschung (BBSR) hat mit Hilfe des Landnutzungsmodells „Land Use Scanner“ die weitere Siedlungsflächenentwicklung in Deutschland auf Landkreisebene bis 2030 modelliert. Dabei wurde die modellierte Flächenentwicklung mit den überschwemmungsgefährdeten Gebieten bei HQ-extrem verschnitten und der gegenwärtigen Flächeninanspruchnahme gegenübergestellt, um einen Veränderungsindikator ableiten zu können. Die folgende Abbildung 3 erläutert das dabei verwendete methodische Vorgehen:

**Abbildung 3: Berechnungsvorschriften der Flächeninanspruchnahme in überschwemmungsgefährdeten Gebieten**

$$IND\_FL_{r,01} = \frac{\frac{\sum_{cu} X_{cu\ in\_HQextreme}}{\sum_{cu} X_{cu}}}{\frac{1}{n_r} \times \sum_r \frac{\sum_{cu} X_{cu\ in\_HQextreme}}{\sum_{cu} X_{cu}}} \times 100 \quad (4)$$

$$IND\_FL_{r,02} = \frac{\frac{\sum_{cu} newX_{cu\ in\_HQextreme}}{\sum_{cu} newX_{cu}}}{\frac{1}{n_r} \times \sum_r \frac{\sum_{cu} newX_{cu}}{\sum_{cu} newX_{cu}}} \times 100 \quad (5)$$

$$IND\_FL_r = 0,5 \times IND\_FL_{r,01} + 05 \times IND\_FL_{r,02} \quad (6)$$

mit

- $X_{cu\ in\_HQextreme}$  ist die gegenwärtig in Zelle  $c$  allokierte Menge an Land die für urbane Landnutzungstypen  $u$  in von extremen Hochwasserereignissen gefährdeten Gebieten genutzt wird
- $X_{cu}$  ist die gegenwärtig in Zelle  $c$  allokierte Menge an Land die für urbane Landnutzungstypen  $u$
- $IND\_FL_{r,01}$  ist der Indikator des Anteils der gegenwärtig bebauten oder für Verkehrsinfrastruktur genutzten Flächen in Gebieten die gegenüber extremen Hochwasserereignissen gefährdet sind im Verhältnis zu den bebauten oder für Verkehrsinfrastruktur genutzten Flächen der Region  $r$
- $newX_{cu\ in\_HQextreme}$  ist die Menge an Land in Zelle  $c$  die im Ergebnis der Landnutzungsmodellierung zukünftig für urbane Landnutzungstypen  $u$  in von extremen Hochwasserereignissen gefährdeten Gebieten genutzt wird
- $X_{cu}$  ist die Menge an Land in Zelle  $c$  die im Ergebnis der Landnutzungsmodellierung zukünftig für urbane Landnutzungstypen  $u$  genutzt wird
- $IND\_FL_{r,02}$  ist der Indikator des Anteils der neu bebauten oder für neue Verkehrsinfrastruktur genutzten Flächen in Gebieten die gegenüber extremen Hochwasserereignissen gefährdet sind im Verhältnis zu den neu bebauten oder für neue Verkehrsinfrastruktur genutzten Flächen der Region  $r$
- $IND\_FL_r$  = Indikator „Zunahme der bebauten oder für Verkehrsinfrastruktur genutzten Fläche in bei extremen Hochwasserereignissen gefährdeten Gebieten“

Quelle: Hoymann and Goetzke (2016), p. 11 (eigene Übersetzung)

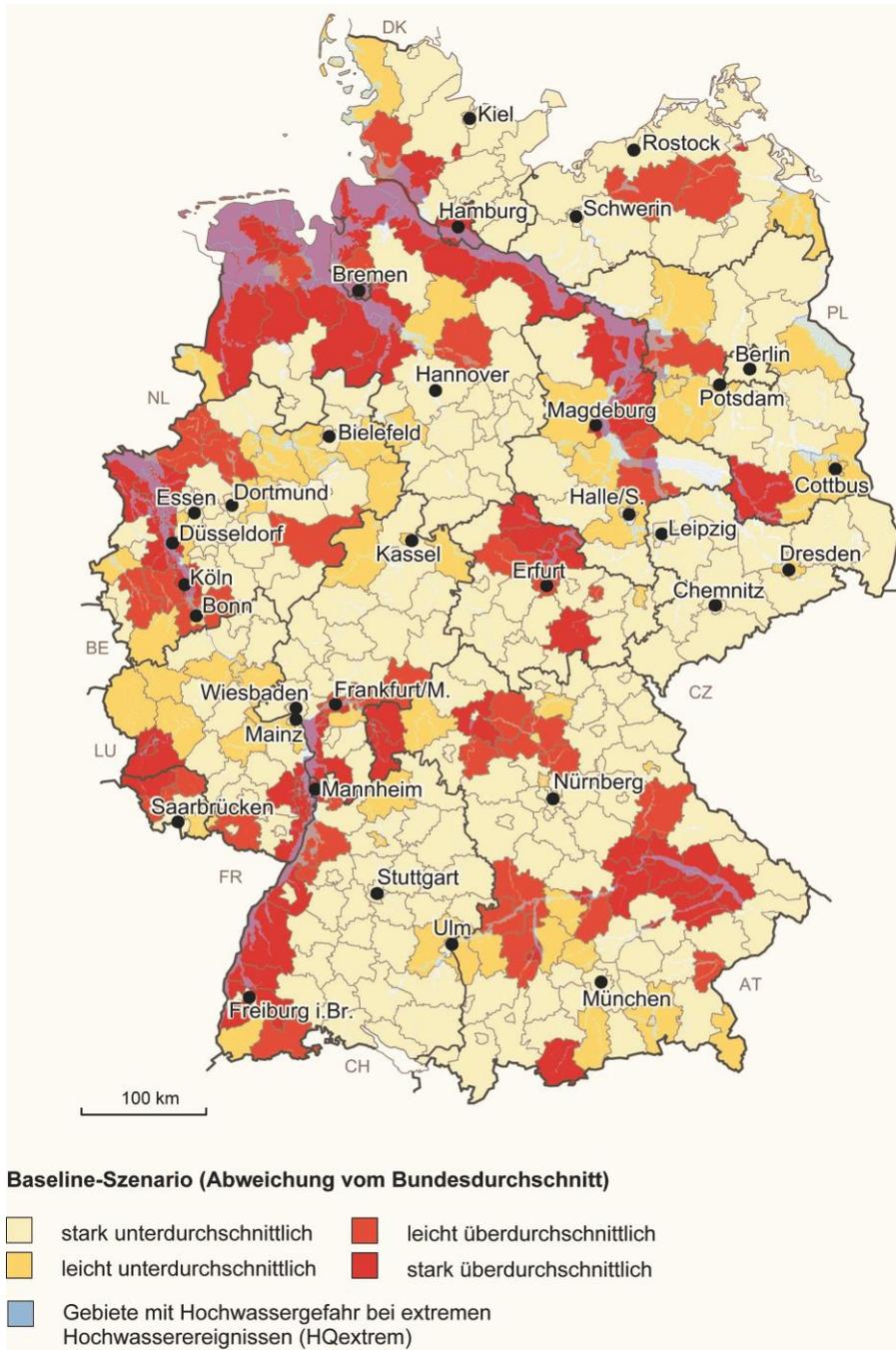
Dabei ist der bundesweite Durchschnittswert 100. Die kartenmäßige Darstellung erfolgt in vier Klassen:

- 0-50: deutlich unterdurchschnittlich
- 50-100: unterdurchschnittlich
- 100-150: überdurchschnittlich
- 150-200: deutlich überdurchschnittlich

Das Ergebnis zeigt die folgende Karte in Abbildung 4. Dabei ist es nicht verwunderlich, dass die sich besonders dynamisch entwickelnden Teilräume an der bayerischen Donau (vgl. dazu auch Abb. 1) zu den Räumen zählen, in denen mit einer deutlich überdurchschnittlichen

Siedlungsflächen- und damit Schadenspotenzialentwicklung zu rechnen ist. Dass der bayerische Donaauraum sich nicht noch stärker in der Deutschlandkarte ausprägt, erklärt sich mit der großräumigen Ausdehnung der überflutungsgefährdeten Gebiete an der deutschen Nordseeküste sowie den norddeutschen Flusstälern, in denen sich Hochwasser stärker in die Fläche ausbreiten kann als im Donaauraum. Auch wenn sich diese Regionen demographisch und siedlungsstrukturell weniger dynamisch als der bayerische Donaauraum entwickeln, spielt sich diese Flächenentwicklung aber in sehr viel größeren, gefährdeten Gebieten ab, so dass - auf die Landkreise als Untersuchungseinheiten gezogen - die Entwicklung insgesamt quantitativ vergleichbar ist.

**Abbildung 4: Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in überschwemmungsgefährdeten Gebieten**



Quelle: Hoymann und Goetzke (2015)

## **2. Mögliche Sekundärschäden und Kaskadeneffekte bei großen bzw. extremen Hochwasserereignissen**

In diesem Kapitel wird die Bedeutung von Folgeeffekten aufgezeigt, die durch primäre Hochwasserschäden auftreten können. Besondere Bedeutung wird den sog. „kritischen Infrastrukturen“ geschenkt. Dazu werden beispielhafte Betrachtungen angestellt, um mögliche Kaskadeneffekte beim Ausfall von Systembestandteilen von Infrastrukturnetzen wie dem Verkehrsnetz oder den Energie- und Telekommunikationsnetzen auf die Gesamtgesellschaft beschreiben zu können.

### **2.1 Bedeutung kritischer Infrastruktur**

Infrastrukturen gelten dann als „kritisch“, wenn sie für die Funktionsfähigkeit moderner Gesellschaften von wichtiger Bedeutung sind und ihr Ausfall oder ihre Beeinträchtigung nachhaltige Störungen im Gesamtsystem zur Folge hat. Ein wichtiges Kriterium dafür ist die Kritikalität als „relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat“ (BMI 2009, S. 7).

Damit enthält diese Definition der Kritikalität einen konsequenzbasierten Kritikalitätsansatz, der die gesellschaftliche Dimension der Kritikalität umfasst (Riegel 2014). In diesem Zusammenhang sind Wertentscheidungen zu treffen, um festzulegen, wo die Grenze zwischen „kritisch“ und „nicht kritisch“ liegt. Mögliche Kriterien hierbei können sein:

- der räumliche Umgriff und der zeitliche Verlauf eines Ausfalls oder einer Störung von Infrastrukturen,
- die Schwere der Auswirkung auf Menschen, Wirtschaft, Staat und Ökosysteme.

Diese Kritikalität kann systemischen oder symbolischen Charakter haben oder auch beide Charakteristika zugleich aufweisen. Eine Infrastruktur besitzt eine systemische Kritikalität, wenn sie aufgrund ihrer strukturellen, funktionellen und technischen Positionierung im Gesamtsystem der Infrastrukturbereiche von besonders hoher interdependenter Relevanz ist. Das Bundesministerium des Inneren (BMI 2009) führt hier als Beispiele die Elektrizitäts- sowie Informations- und Telekommunikationsinfrastrukturen an, die aufgrund ihrer Vernetzungsgröße und Vernetzungsstärke besonders relevant sind und bei großflächigem und lange anhaltendem Ausfall zu gravierenden Störungen der gesellschaftlichen Abläufe sowie der öffentlichen Sicherheit führen können.

Eine symbolische Kritikalität liegt vor, wenn aufgrund der kulturellen oder identitätsstiftenden Bedeutung bestimmter Strukturen deren Zerstörung eine Gesellschaft emotional erschüttern und psychologisch nachhaltig aus dem Gleichgewicht bringen kann.

Auch die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Bundesregierung 2008, S. 40) weist auf die Bedeutung von Ausfallschäden sowie die Kritikalität öffentlicher Infrastrukturen hin: „Wetterbedingte Unterbrechungen der Beschaffungs- und Absatzwege einschließlich

der Verkehrswege können unter Umständen zu kostspieligen Unterbrechungen in der Produktion führen. Längerfristige Unterbrechungen können Industrieunternehmen treffen, die große Mengen an Rohstoffen benötigen oder ihre Produkte verschiffen. Schon kurzfristige Unterbrechungen können die gesamte moderne ‚Just-In-Time-Produktion‘ treffen, die über große Entfernungen hinweg zuverlässige, berechenbare Transportketten über Straßen, Schienen, Luft- oder Wasserwege benötigt. Störungen der Wasser- und Stromversorgung oder Telekommunikation können schließlich fast alle Arten von Unternehmen zwingen, ihren Betrieb zeitweise einzustellen.“

Alleine Ausfallschäden durch Betriebsunterbrechungen von Infrastrukturen und Produktionsbetrieben können leicht das 2-3-fache der direkten Schäden ausmachen (Moser 2016). Eine ähnliche Position vertritt die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins. Aus Ereignisdaten im Rheineinzugsgebiet kann entnommen werden, dass Schäden durch Produktionsunterbrechung und Betriebsausfall zwischen dem 1- bis 4-fachen des direkten Schadens dieser Sparte betragen kann (IKSR 2001).

Aufgrund der Dichte an Siedlungsflächen, innerhalb derer sich zahlreiche kritische soziale Infrastrukturen befinden, den Produktions- und Logistikbetrieben und der technischen Infrastruktur dürfte der bayerische Donauraum ein erhebliches Maß an kritischer Infrastrukturen aufweisen. Beispielhaft sind hier zu nennen:

Industrie/Gewerbe allgemein:

- Gartner Extrusion / Josef Gartner GmbH (Gundelfingen a.d.Donau, Lkr. Dillingen a.d.Donau), Herstellung u.a. von Aluminiumprofilen / Fassadenelementen
- Airbus Helicopters (Donauwörth, Lkr. Donau-Ries)
- Troiber e.K. (Hofkirchen, Lkr. Passau), großer Lebensmittellieferant
- Herbert Bauer GmbH (Oberzell, Lkr. Passau), Oberflächenbeschichtungen

Automobilindustrie/-zulieferer:

- Faurecia (Neuburg a.d.Donau, Lkr. Neuburg-Schrobenhausen)
- Webasto-Edscha Cabrio GmbH + Edscha Automotive Hengersberg GmbH (Hengersberg, Lkr. Deggendorf)
- Wethje (Hengersberg, Lkr. Deggendorf / Vilshofen a.d.Donau, Lkr. Passau)
- Sumida (Oberzell, Lkr. Passau)

Wichtige Infrastruktur:

- MERO-Ölzwischenlager und Bayernoil-Raffinerie (Irsching, Lkr. Pfaffenhofen a.d.Ilm)
- Autobahnkreuz BAB3/BAB92 Deggendorf
- Umspannwerk Pleinting (Vilshofen a.d.Donau, Lkr. Passau) - Knotenpunkt im Höchstspannungsnetz 380 KV, steht im Überschwemmungsgebiet und ist grundsätzlich hochwasserangepasst ausgeführt. Es ist aber unbekannt, bis zu welchem Wasserstand die Anlage noch betriebsfähig ist.

## 2.2 Domino- und Kaskadeneffekte

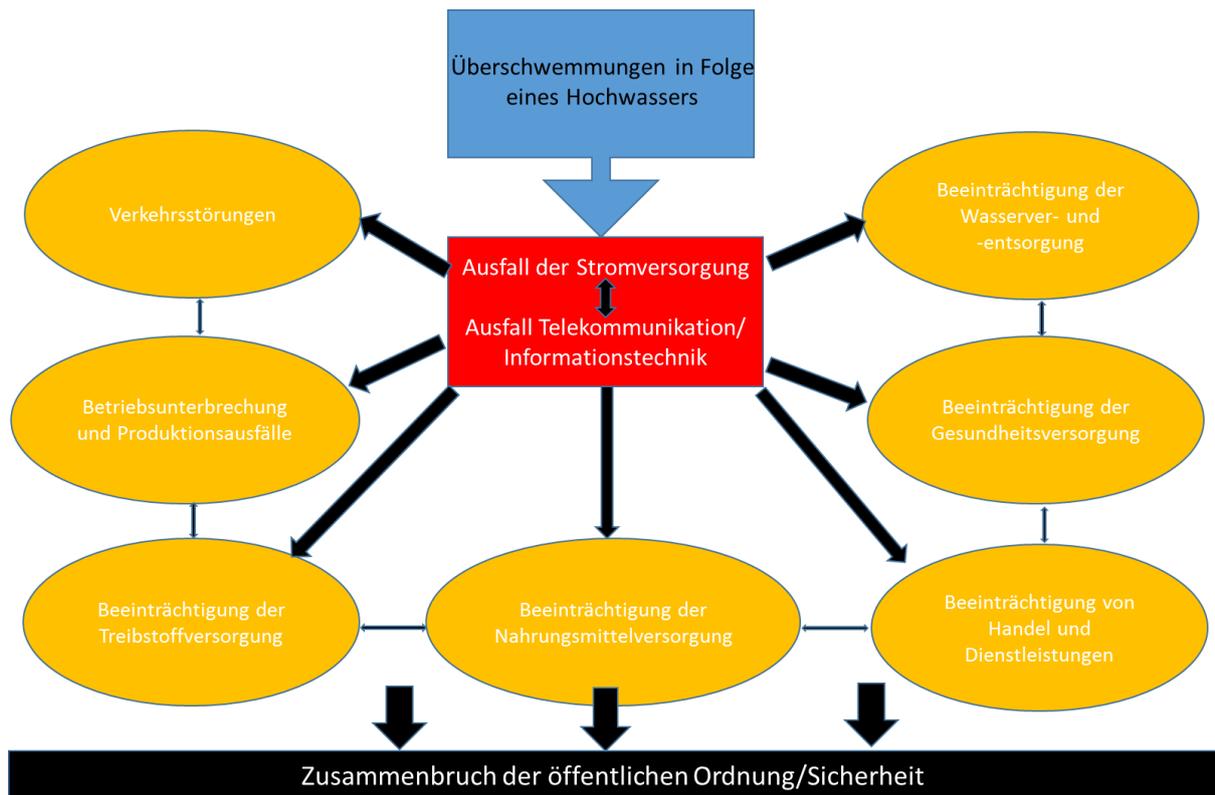
Durch Abhängigkeiten zwischen einzelnen Sektoren oder Branchen wird das Risiko von Ausfällen kritischer Infrastrukturen noch verstärkt. Ausfälle in einem Sektor können zu Ausfällen in anderen Sektoren führen und auf diese Weise einen Dominoeffekt auslösen und zwar auch in eigentlich nicht von dem ursächlichen (Hochwasser-)Ereignis betroffenen Gebieten. (Pescaroli and Alexander 2016).

Besonders brisant sind laut BMI (2011) wechselseitige Abhängigkeiten, d.h. der Ausfall einer Infrastruktur führt zum Ausfall einer weiteren Infrastruktur, die ihrerseits aber wieder Voraussetzung zur störungsfreien Funktion der zuerst ausgefallenen Infrastruktur ist. Eine solche wechselseitige Abhängigkeit besteht zwischen Informations- und Kommunikationstechnik und bestimmten Bereichen der Energieversorgung bei längerfristigen Ausfällen. Fällt aufgrund eines Überschwemmungsereignisses die Energieversorgung über Tage aus, brechen auch die Telekommunikationsnetze zusammen, da die Verteilknoten aber auch Sendemasten auf Stromversorgung angewiesen sind. Diese wiederum ist in großen Teilen computer-gesteuert.

Aus dem Dominoeffekt kann auch ein so genannter „Kaskadeneffekt“ auf andere Infrastrukturektoren entstehen, vor allem wenn der Ausfall in einem weiteren Sektor stärkere Auswirkungen aufweist als der auslösende Ausfall bzw. der davorliegende ursprüngliche Ausfall. Eine besondere hohe Abhängigkeit besteht von der Stromversorgung oder von Informations- und Telekommunikationssystemen (BMI 2011). Sind sie (durch Hochwasser) betroffen, werden oftmals auch andere Sektoren in Mitleidenschaft gezogen (z.B. Wasserver- und -entsorgung, Gesundheitswesen, Treibstoffversorgung, Nahrungsmittelversorgung) und das auch außerhalb der überschwemmten Gebiete, wie die folgende Abbildung 5 veranschaulicht. Zudem bestehen zwischen vielen Sektoren weitere sekundäre Abhängigkeiten (z. B. zwischen Verkehr und Nahrungsmittelversorgung), was zu einer Potenzierung der Kaskadeneffekte führen kann.

Im Extremfall kann dann der Zusammenbruch der öffentlichen Ordnung und Sicherheit drohen, wie verschiedene Großkatastrophen gezeigt haben (z. B. Hurrican Kathrina 2005, Tsunami Indonesien 2004). (Washington Post 2005).

**Abbildung 5: Kaskadeneffekte beim Ausfall von Strom und Telekommunikation**



Quelle: eigene Abbildung

Welche dieser Domino- und Kaskadeneffekte im Einzelnen bei einem Extremhochwasser auftreten, das von den vorhandenen Schutzbauwerken nicht mehr beherrscht werden kann, hängt von der spezifischen Situation des Einzelfalls ab (etwa der Frage, wo genau ein Deich versagt) und kann nicht vorhergesagt werden. Grundsätzlich spielt für das Ausmaß möglicher Kaskadeneffekte aber die Vulnerabilität der kritischen Infrastrukturen eine größere Rolle als die Magnitude des Hochwassers selber (Pescaroli and Alexander 2016, Greiving et al 2016). Die Bedeutung dieser Thematik wird aber im Folgenden anhand einzelner dokumentierter Fälle vergangener Ereignisse beispielhaft beleuchtet.

### **2.3 Sekundarschäden ausgewählter Ereignisse**

#### Volkswirtschaftliche Schäden des Auguthochwassers 2002 in Österreich

Die direkten Schäden des Auguthochwassers betragen etwa 2,9 Mrd. € (Ministerium für ein Lebenswertes Österreich 2012). In der volkswirtschaftlichen Stellungnahme des WIFO (2002) wurden die durch das August Hochwasser 2002 bedingten Wertschöpfungsverluste in Österreich über den Anteil der betroffenen Gemeinden am jährlichen BIP, der geschätzten Aufräumdauer und der angenommenen betroffenen Arbeitskräfte ermittelt. Die BIP 2002 Schätzung des WIFO lag vor dem Hochwasser bei 215 Mrd. €, davon kamen 1995 etwa 15 % aus den am meisten betroffenen Ober- und Niederösterreichischen Bezirken. Unter der

Annahme, dass jeder vierte Bewohner betroffen ist und die Unterbrechung der Wertschöpfung ca. eine Woche dauert, errechnen sich ca. 162 Mio. € an Wertschöpfungsverlust. Nimmt man ferner an, dass sich die Investitionen um die Höhe der Vermögensschäden verringern, hätte dies ein um 0,03 % geringeres Wirtschaftswachstum 2002 zur Folge gehabt, was zu 73 Mio. € Jahresproduktionsverlust führt. Nimmt man 3 Monate für die Wiederherstellung des Kapitalstocks an, so ergeben sich weitere 18,3 Mio. € Schaden. (Lebensministerium 2004).

#### Sperrung der Hochgeschwindigkeitsstrecke Hannover – Berlin beim Sommerhochwasser an der Elbe in 2013

Im Juni 2013 kam es während des Hochwassers in den Einzugsgebieten von Donau und Elbe zu zahlreichen Gleisüber- und -unterspülungen und infolgedessen zu zahlreichen Streckensperrungen (am 3.6. ca. 60 Sperrungen) (DKKV 2015).

Durch den Deichbruch bei Fischbeck in Sachsen-Anhalt am 10. Juni wurde ein ca. 5 km langer Streckenabschnitt der Trasse Hannover-Berlin überflutet, so dass die Trasse bis zum 4.11.2013 für den Verkehr gesperrt werden musste. Der Ersatzfahrplan mit Umleitungen hat zu Fahrzeitverlängerungen zwischen 30 und 60 min geführt. Insgesamt mussten etwa 10.000 Personen- und 3.000 Güterzüge umgeleitet werden. Während der Sperrung stieg etwa ein Drittel der üblicherweise etwa 90.000 täglich Reisenden auf Flugzeug, PKW oder Fernbus um (Deutsche Bahn 2014). Bei vorsichtiger Schätzung ergeben sich darauf etwa 12 Mio. Stunden zusätzlicher Fahrtzeitaufwand, ein daraus resultierender erheblicher zusätzlicher Energie- und Kostenaufwand und entsprechende volkswirtschaftliche Ausfallschäden, die sich schwer monetär fassen lassen. Legt man die Maßstäbe aus § 22 des Justizvergütungs- und Entschädigungsgesetzes zu Grunde, könnten 17 €/Stunde angesetzt werden, womit von etwa 220 Mio. € Ausfallschaden nur für diese eine Streckenunterbrechung auszugehen wäre.

#### Hochwasser 2011 in Thailand

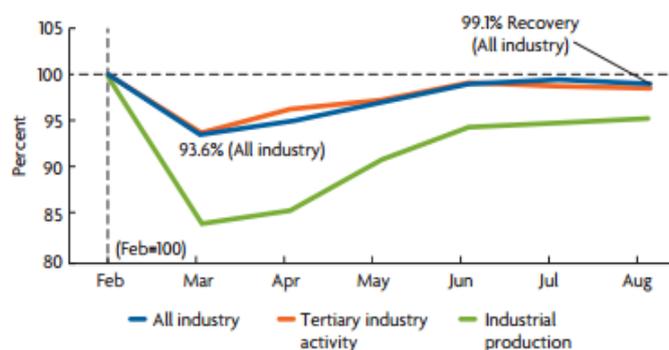
In 2011 traten aufgrund extremer Monsunregenfälle in Thailand großräumige Überschwemmungen auf, die 65 der 77 thailändischen Provinzen betrafen und zur Überflutung von etwa 7.700 km<sup>2</sup> führten. Die direkten Schäden bzw. Wiederherstellungskosten der Infrastruktur und der Produktionsmittel wurden von der Weltbank auf 45,7 Mrd. US \$ beziffert (World Bank 2012), während die indirekten volkswirtschaftlichen Schäden durch Produktionsausfälle in der Industrie enorme 259 Mrd. US \$ und damit etwa das 6-fache der direkten Schäden ausmachten (Financial Times 2011). 40% der globalen Festplattenproduktion (HDD) findet in Thailand statt. Dessen Preise hatten sich kurzzeitig mehr als verdoppelt, da die Produktion in Thailand über Monate quasi zum Erliegen gekommen war (Aon Benfield 2012). Aber auch die global stark vernetzte Automobilindustrie war erheblich betroffen. Alleine 2,5 Mrd. US \$ Schaden durch Produktionsausfälle verzeichnete etwa die japanische Firma Toyota (Bloomberg 2011).

## Erdbeben, Tsunami und Atomunfall in Japan 2011

Das Ereignis vom 11.3.2011, welches durch eines der stärksten Seebeben ausgelöst wurde, die jemals verzeichnet wurden (9,0 auf der Richterskala), löste einen gewaltigen Tsunami aus, der auf die pazifische Küste Nordosthondos (die japanische Hauptinsel) traf. Die ökonomischen Schäden betragen etwa 335 Milliarden \$. Bis zum 7. April 2011 wurden 12.750 Tote und 14.706 Vermisste gezählt (Daniell & Vervaeck 2012). Aufgrund des Tsunamis gab es auch schwere Folgen für die Kernreaktorblöcke der Atomkraftwerke Fukushima Daiichi, Fukushima Daini, Onagawa und Tōkai. Es gab hunderte Brände, großräumige radioaktive Kontaminationen und langfristige Stromausfälle in Millionen von Haushalten. Bis heute ist eine sog. „rote Zone“ von 20 km Radius um die Anlage gesperrt und auf unabsehbare Zeit unbewohnbar.

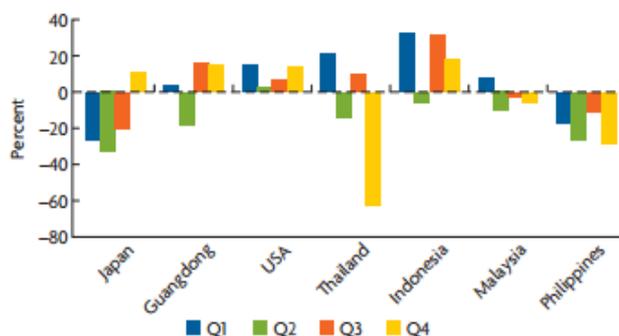
Im ersten Quartal 2011 sank das BSP der japanischen Volkswirtschaft primär aufgrund dieser Stromausfälle um 3,5 %. Primär war die Industrieproduktion und hier vor allem die Automobilindustrie betroffen (siehe Abb. 6):

### **Abbildung 6: Ökonomische Auswirkungen des Erdbebens/Tsunamis 2011**



**Figure 30.4 Indices of all industry activity (seasonally adjusted), 2011**

Source: METI 2012.



**Figure 30.5 Impact of the GEJE and Thai flood on the global automobile industry**

Quelle: Fujita et al. (2012), S. 274.

In Japan selber ging die Produktion unmittelbar nach dem Ereignis vom 11.3.2011 um über 25 und im zweiten Quartal um 35% zurück. Der enorme Produktionsausfall in Thailand im 4. Quartal 2011 ist auf die dortigen Hochwasserereignisse zurückzuführen, die oben bereits erläutert wurden.

Den direkten ökonomischen Schäden in Höhe von 335 Mrd. \$ stehen volkswirtschaftliche Sekundärschäden in Höhe von 600 Mrd. \$ alleine in Japan gegenüber (Fujita et al. 2012), wobei davon auszugehen ist, dass die globalen Auswirkungen auf die Weltwirtschaft weit größer gewesen sind. An dieser Zahl wird die Bedeutung von Sekundärschaden bei Extremhochwasser sehr deutlich.

### Hurricane Sandy

Hurricane Sandy traf als Kategorie 3 Hurrikan am 29. Oktober 2012 in New Jersey auf Land. Die Windböen erreichten Spitzengeschwindigkeiten von über 280 km/h, was eine katastrophale Sturmflut zur Folge hatte, die auch New York City traf und zu 41 Todesopfern führte. Etwa 650.000 Gebäude wurden zerstört oder erheblich beschädigt, die direkten ökonomischen Schäden betragen etwa 50 Mrd. US \$ (Aon Benfield 2013).

Die mit dem Sturm und seinem Sekundäreffekt, der Sturmflut verbundenen Kaskadeneffekte führten zu teilweise wochenlangen Stromausfällen für 8,5 Millionen Haushalte. Viele Kläranlagen waren von Überflutungen betroffen, wobei alleine aus dem Passaic Valley wastewater treatment plant in Newark, New Jersey, 3,7 Millionen m<sup>3</sup> unbehandeltes Abwasser ins Meer flossen. Unterbrechungen in der Kommunikationsinfrastruktur in Folge der Stromausfälle ließen den elektronischen Handel der New York Stock Exchange für Tage zusammenbrechen, was zu einem weltweiten Börsenbeben führte (AON Benfield 2013). Aus dem Shell Oil and Saudi refining storage facility in Sewaren, entwichen 1.270 m<sup>3</sup> Öl und verschmutzten den Arthur Kill Waterway. Insgesamt waren 8 % der nationalen Raffineriekapazität von den Überflutungen betroffen, was zu Versorgungsengpässen für Treibstoffe und infolgedessen zu einer Preiserhöhung von 54 Cent/Gallone führte (AON Benfield 2013).

In Folge dieses Sturms und seiner Konsequenzen wird in den USA für die zukünftigen disaster mitigation plans die Bedeutung von Kaskadeneffekten eine größere Rolle spielen (Finn, Chandrasekhar and Xiao 2016).

### **3. Darstellung der raumordnerischen Instrumente in Bayern im Vergleich zu anderen Bundesländern**

Nachfolgend werden die bayerischen Steuerungsansätze in der Siedlungsflächenentwicklung einerseits und Hochwasservorsorge andererseits vorgestellt und den Regelungen in den anderen deutschen Flächenländern gegenübergestellt. Auf dieser Grundlage erfolgt eine Bewertung der Wirksamkeit der gegenwärtigen bayerischen Instrumente für den Zweck der Hochwasservorsorge.

#### **3.1 Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung in Bayern**

In Bayern legt das Landesentwicklungsprogramm (LEP Bayern 2013) mit Ziel 3.2 („Innenentwicklung vor Außenentwicklung“) fest: „In den Siedlungsgebieten sind die vorhandenen Potenziale der Innenentwicklung möglichst vorrangig zu nutzen. Ausnahmen sind zulässig, wenn Potenziale der Innenentwicklung nicht zur Verfügung stehen.“

Ferner gilt ein sog. „Anbindungsgebot“ (Ziel 3.3) zur Vermeidung von Zersiedelung: „Neue Siedlungsflächen sind möglichst in Anbindung an geeignete Siedlungseinheiten auszuweisen.“ Allerdings sind hier eine Reihe von Ausnahmen vorgesehen, die Gewerbebetriebe weitgehend vom Anbindungsgebot ausnehmen und Wohnbauentwicklungen insbesondere bei topographischen oder schutzgebietsindizierten fehlenden Anbindungsmöglichkeiten auch außerhalb vorhandener Siedlungseinheiten zulassen.

Es findet keine Standort- oder Mengensteuerung der Siedlungsflächenentwicklung und auch keine mengenmäßige Begrenzung der sog. „Eigenentwicklung“ in nicht Zentralen Orten statt.

Zentrale Orte spielen keine direkte Rolle bei der Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung in Bayern: „Eine unmittelbare Steuerungswirkung des Zentrale-Orte-Systems ergibt sich zunächst nur in Bezug auf die von der öffentlichen Hand getragenen zentralörtlichen Einrichtungen.“ (Begründung zu Ziel 2.1 LEP Bayern 2013). Allerdings ist das Vorhandensein von Infrastruktur der Daseinsvorsorge sicherlich ein Push-Faktor für Siedlungsentwicklung, da es ein harter Standortfaktor für betriebliche Investitionen und die private Wohnstandortwahl ist.

Mithin wirken sich primär fachgesetzliche Restriktionen auf die kommunale Siedlungsflächenentwicklung aus, insofern die Aufstellung von Bauleitplänen zum Zwecke der Siedlungsflächenentwicklung im Widerspruch zu dem Zweck der fachgesetzlichen Unterschutzstellung bzw. Nutzungsregelung (z. B. bei festgelegten Überschwemmungsgebieten oder auch Naturschutzgebieten, Wasserschutzgebieten u.ä.) stehen kann. Ähnlich wirkt sich auf der Ebene der Einzelfallgenehmigung im sog. „unbeplanten Innenbereich“ nach § 34 BauGB oder im „Außenbereich“ gemäß § 35 BauGB die Regelung des § 29 Abs. 2 BauGB aus: „Die Vorschriften des Bauordnungsrechts und andere öffentlich-rechtliche Vorschriften bleiben unberührt.“ Folglich greifen ohne Bebauungsplan die fachgesetzlichen Regelungen unmittelbar auf die Vorhabengenehmigungsebene durch.

### 3.2 Steuerungsansätze der Siedlungsflächenentwicklung im Ländervergleich

Nachfolgend wird eine Systematisierung der Steuerungsinstrumente zur Siedlungsflächenentwicklung in den Flächenländern vorgenommen (BBSR 2012). Zu unterscheiden ist demnach zwischen einer:

- Positiv-allokativen Standortsteuerung der Siedlungsflächen: in einzelnen Bundesländern erfolgt eine zeichnerische Darstellung der Standorte der zukünftigen Siedlungsentwicklung verbindlich bzw. optional für verdichtete Landesteile. Dabei wird gewöhnlich zwischen Standorten für Wohnen und Standorten für Gewerbe unterschieden. Die Vorranggebiete grenzen nicht nur die möglichen Standorte für Siedlungsflächen ein, sondern haben auch eine mengenbegrenzende Funktion. Der Darstellung zukünftiger Wohnsiedlungsflächen als Vorranggebiete für Wohnen und Gewerbeflächen als Vorranggebiete gewerblich-industrieller Nutzungen gehen in der Regel detaillierte Flächenbedarfsberechnungen durch die zuständige Regionalplanung für jede einzelne Gemeinde voraus.
- Mengensteuerung über gemeindliche Kontingente und/oder Dichtevorhaben: Die zukünftige Siedlungsentwicklung wird in einigen Bundesländern durch die Festlegung räumlich differenzierter Wohnsiedlungsdichten in Einwohnern oder Wohneinheiten/ha in Kombination mit einer Mengenobergrenze pro Zeiteinheit gesteuert, die Gemeinden im Rahmen ihrer Bauleitplanung entwickeln dürfen. Damit soll sowohl die Entwicklung insgesamt begrenzt und zugleich eine zu lockere Bebauung und die damit einhergehende Zersiedelung verhindert werden. Die Dichtewerte beziehen sich dabei nicht auf einzelne neue Baugebiete, sondern immer auf die gesamte Gemeinde. Legt eine Gemeinde also großen Wert auf eine lockere Bebauung, kann sie insgesamt aufgrund der Mengenobergrenze umso weniger Wohneinheiten entwickeln.
- Negativ-restriktiven Steuerung über Schutzgebietsfestlegungen: Dabei handelt es sich um die Definition eines Restriktionsraums, z.B. in Form von Naturschutz- oder Landschaftsschutzgebieten, regionalen Grünzügen oder auch von Überschwemmungsgebieten, in denen Siedlungsentwicklung ausgeschlossen ist. Eine Mengensteuerung ist damit jedoch in der Regel nicht verbunden, es sei denn Ausschlussflächen werden in großem Umfang in unmittelbarer Nähe zum Siedlungsraum festgelegt, die diesen quasi einschnüren. Dann können diese die Entwicklung der Kommunen auch mengenmäßig beeinflussen, wenn dies über keine geeigneten Potenzialflächen für Siedlungsentwicklung mehr verfügen (sog. „Spiegelei-Fälle“, in denen die vorhandenen Siedlungsflächen (Eigelb) quasi vollständig von Schutzgebieten (Eiweiß) umgeben sind).

Die Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung unterscheidet sich in vielen Flächenländern grundsätzlich zwischen Wohnbauflächen und Gewerbeflächen. Für industrielle Großvorhaben von landesweiter Bedeutung gelten vielfach Sonderregelungen, da geeignete Standorte gesichert werden sollen. Zusätzlich sind die Zentrale-Orte-Konzepte zu berücksichtigen, die in den meisten Flächenländern an der Steuerung der Siedlungsentwicklung beteiligt sind,

weil Dichtewerte an das ZOK gekoppelt werden und nicht Zentrale-Orte auf eine sog. „Eigenentwicklung“ gesetzt werden, die zwar noch Entwicklungen für die ansässige Bevölkerung zulässt, aber zuzugsgetriebene Flächenausweisungen über entsprechend eng gefasste Flächenmengengerüste unterbindet.

Insgesamt finden sich in den Bundesländern in der Regel mehrdimensionale formelle Ansätze, die einzelne Steuerungsansätze kombinieren (Bovet 2009, BBSR 2012):

- Landesweite Steuerung über positiv-allokative Standortplanung (Hessen, Nordrhein-Westfalen), basierend auf gemeindlichen Bedarfen.
- Landesweite Steuerung über maximale gemeindliche Flächenkontingente (Rheinland-Pfalz, Saarland (für Wohnbauflächen), die aber in der Regel nicht aus regionsweit gültigen Gesamtkontingenten abgeleitet sind.
- Raumstrukturell differenzierte Steuerung: Standortplanung in verdichteten Landesteilen optional (Baden-Württemberg, Sachsen) oder verpflichtend (Gemeinsame Landesplanung Berlin-Brandenburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein), ansonsten negativ-restriktive Steuerung bzw. zusätzlich Mengensteuerung (Rheinland-Pfalz).
- Landesweit nur negativ-restriktive Steuerung (Bayern) bei Ausnahmen für industrielle Großvorhaben, für die eine Standortsteuerung erfolgt (Sachsen-Anhalt, Thüringen).

Insgesamt besitzen die Gemeinden in Bayern damit die bundesweit größten Spielräume in ihrer Siedlungsflächenentwicklung.

### **3.3 Vergleichende Darstellung der Hochwasservorsorge in der Landes- und Regionalplanung der Flächenländer**

Raumordnungsrelevant sind Risiken aus solchen Gefährdungen, die im Sinne des § 1 Abs. 1 bzw. § 8 Abs. 6 ROG raumbedeutsam sind: Sie erfordern somit eine überörtliche, überfachliche Betrachtung, weil ihre Auswirkungen bzw. Vermeidungs- und/oder Bewältigungsstrategien von überörtlicher Bedeutung sind. (Greiving 2011). Dies trifft auch auf Hochwasservorsorge zu, da die Oberlieger-Unterlieger Problematik eine überörtliche Betrachtung erforderlich macht und Raumordnung sowohl die Gefährdung selber als auch die Vulnerabilität anderer Raumfunktionen und Raumnutzungen gegenüber Hochwasser beeinflussen kann (z. B. durch Schaffung von Retentionsraum oder Festlegung von Vorranggebieten für Hochwasservorsorge in überschwemmungsgefährdeten Bereichen, Heiland 2002). Ein Großteil der Schadenspotenziale befinden sich dabei in deichgeschützten Gebieten (Seifert 2012).

Das ROG würdigt mit § 2 Abs. 2 Nr. 6 Sätze 4-5 Hochwasservorsorge: „Für den vorbeugenden Hochwasserschutz an der Küste und im Binnenland ist zu sorgen, im Binnenland vor allem durch Sicherung oder Rückgewinnung von Auen, Rückhalteflächen und Entlastungsflächen.“ Diesen Grundsatz hat das Bayerische Landesplanungsgesetz in Art. 6 Abs. 2 Nr. 7 Satz 7 übernommen: „Für den vorbeugenden Hochwasserschutz soll vor allem durch Sicherung oder Rückgewinnung von Auen, Rückhalteflächen und Entlastungsflächen Sorge getragen werden.“

Zudem ist eine Behandlung in der Bauleitplanung angezeigt, da die Auswirkungen von Hochwasser die bauliche und sonstige Nutzbarkeit des Bodens einschränken (§ 5 Abs. 2 Nr. 7 BauGB) und/oder Flächen für besondere Vorkehrungen gegenüber ihren Einwirkungen benötigt werden (§ 9 Abs. 1 Nrn. 16, 24 BauGB).

Etablierte raumplanerische Ansätze im vorbeugenden Hochwasserschutz sind (Heiland 2002, ARGEBAU 2008, Deutscher Städtetag 2012, MKRO 2013, BBSR 2015b, Greiving et al 2016):

- Flächenvorsorge über die Sicherung von Überschwemmungsbereichen, um, dem Trennungsgrundsatz folgend, schutzwürdige Nutzungen aus den überschwemmungsgefährdeten Bereichen fernzuhalten.
- Rückgewinnung von Retentionsbereichen, um das Rückhaltevolumen der Gewässerkörper zu erhöhen und so die Hochwasserwelle zu verzögern bzw. den Scheitel abzusenken.
- Steuerung des Wasserrückhalts im Flusseinzugsgebiet, um die Hochwasserwelle zu verzögern bzw. den Scheitel abzusenken (innerhalb der Siedlungsbereiche durch örtliche Versickerung zur Starkregenvorsorge, außerhalb über angepasste Bodenbewirtschaftung).
- Bauvorsorge über Festsetzungen in Bebauungsplänen zum hochwasserangepassten Bauen bzw. entsprechenden Auflagen in Baugenehmigungsverfahren.

Daneben wird traditionell natürlich technischer Hochwasserschutz in Form von Deichen, gesteuerten oder ungesteuerten Poldern und Rückhalteräumen betrieben, bei dem Raumplanung nur eine untergeordnete Rolle spielt (Heiland 2002, IKSR 2002, LAWA 1995, LAWA 2014). Die Abstimmung zwischen Wasserwirtschaft, Raumplanung und Katastrophenschutz wird dabei als defizitär beschrieben (DKKV 2004, DKKV 2015, Greiving 2011a).

Zuständig für die Finanzierung von Hochwasserschutzmaßnahmen sind in der Regel aufgrund ihrer Unterhaltungspflicht für Gewässer 1. Ordnung die Bundesländer, da die Zuständigkeit des Bundes für Bundeswasserstraßen (§§ 7, 8, 12 WaStrG) mit der Grenzlinie zwischen Wasserstraße und Ufer endet, womit alle Deiche und Retentionsflächen nicht unter die Finanzierungspflicht des Bundes fallen. Die Gelder stammen teilweise aus den allgemeinen Haushalten, teilweise aus der Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (LAWA 2014).

Nachfolgend wird mit Tabelle 2 vergleichend dargestellt, welche der von der Ministerkonferenz für Raumordnung in Ihrem Umlaufbeschluss „Raumordnung und Klimawandel“ (MKRO 2013) genannten fünf Schwerpunktthemen im Handlungsfeld „Hochwasservorsorge“ in der Landesplanung der 13 Flächenländer angesprochen werden bzw. Verwendung finden. Diese werden in Spalte 1 aufgeführt und in Spalte 2 näher erläutert.

Regionalplanerische Festlegungen sind aus dem landesplanerischen Vorgaben zu entwi-

ckeln, so dass diese den ausfüllungsbedürftigen Rahmen für die Regionalplanung vorgeben, über den die Träger der Regionalplanung aber auch nicht hinausgehen dürfen. Mithin bestehen die wesentlichen Unterschiede in der raumordnerischen Hochwasservorsorge zwischen den Bundesländern, nicht aber zwischen den regionalen Planungsräumen innerhalb eines Bundeslandes. Daher wird im Folgenden auch nur auf die Ebene der Landesplanung Bezug genommen, zumal in Deutschland insgesamt 105 (Regional-)Planungsregionen existieren und eine Vollerhebung den Rahmen dieses Gutachtens gesprengt hätte. Für eine Auswertung auf Ebene der Regionalplanung vgl. bei Schmitt (2016) sowie BMVI/BBSR (2015b).

Die jeweilige landesplanerische Praxis findet sich in den Spalten 3-5, wobei in den Klammern die Fundstellen der relevanten Festlegungen in den Landesraumordnungsplänen benannt werden. Unterschieden wird dabei zwischen Vorrang- und Vorbehaltsgebieten, die den Charakter eines Ziels bzw. Grundsatzes der Raumordnung im Sinne von Art. 14 Abs. 1,2 i.V.m. Art. 2 Nrn. 2, 3 BayLplG besitzen.

**Tabelle 2: Analysekriterien nach den Handlungsempfehlungen der MKRO (nach MKRO 2013: 13ff)**

Schwerpunktt Themen des Handlungsfelds „Vorbeugender Hochwasserschutz in Flussgebieten“	Nähere Beschreibung (gemäß MKRO Handlungskonzept)	Festlegungen in den Landesraumordnungsplänen der Bundesländer <sup>1</sup>		
		Ziel (Z)	Grundsatz (G)	Keine Festlegungen
<b>I. Sicherung vorhandener Überschwemmungsgebiete als Retentionsraum</b>	<p><b>Instrumente:</b> Sicherung von Bereichen, die i.d.R. bei einem Bemessungshochwasser von HQ<sub>100</sub> überschwemmt werden, als Vorranggebiet, insbesondere auch zur vorsorglichen Sicherung von noch nicht wasserrechtlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten</p> <p>Sicherung von Bereichen bis HQ-extrem, insbesondere für die keine wasserrechtliche Sicherung möglich bzw. noch nicht erfolgt ist, i.d.R. als Vorbehaltsgebiet</p> <p>Festlegung von Nutzungsbeschränkungen, z.B. Bauverbot</p>	<p>Baden-Württemberg (Z 4.3.6.1)</p> <p>Hessen (Z 8.2.2)</p> <p>Niedersachsen (Z 3.2.4.12.1)</p> <p>Nordrhein-Westfalen (Z B.III.4.25)</p> <p>Rheinland-Pfalz (Z 109)</p> <p>Saarland (Z 60)</p> <p>Schleswig-Holstein (Z 5.5.1.1)</p> <p>Sachsen (Z 4.1.2.9)</p> <p>Sachsen-Anhalt (Z 121)</p> <p>Thüringen (V<sup>2</sup> 6.4.4)</p>	<p>Bayern (G 7.2.5)</p> <p>Mecklenburg-Vorpommern (G 5.3.1)</p>	<p>Berlin-Brandenburg</p>
<b>II. Rückgewinnung von Überschwemmungsbereichen als Retentionsraum</b>	<p><b>Instrumente:</b> Vorranggebiet; ggf. Vorbehaltsgebiet, wenn eine landesplanerische Letztentscheidung noch nicht möglich ist.</p> <p><b>Ziel:</b> Vorsorgliche Sicherung von Bereichen, die z.B. durch die Rückverlegung von Deichen wieder als Retentionsraum zur Verfügung stehen sollen und für die eine wasserrechtliche Sicherung gesetzlich nicht vorgesehen ist</p>	<p>Baden-Württemberg (Z 4.3.6.1)</p> <p>Hessen (Z 8.2.2)</p> <p>Nordrhein-Westfalen (Z B.III.4.25)</p> <p>Sachsen (Z 4.1.2.9)</p> <p>Sachsen-Anhalt (Z 123.3)</p>	<p>Bayern (G 7.2.5)</p> <p>Mecklenburg-Vorpommern (G 5.3.4)</p> <p>Schleswig-Holstein (G 5.5.2.1)</p> <p>Thüringen (V 6.4.4)</p>	<p>Berlin-Brandenburg</p> <p>Niedersachsen</p> <p>Rheinland-Pfalz</p> <p>Saarland</p> <p>Schleswig-Holstein</p>

<sup>1</sup> Grundlage der in Tabelle 2 dargestellten Planungspraxis sind die zum Zeitpunkt der Erhebung (August 2016) gültigen Landesraumordnungspläne der Flächenländer.

<sup>2</sup> In Thüringen werden im LEP neben Zielen und Grundsätzen sog. „Vorgaben“ an die Träger der Regionalplanung festgelegt. Aus Vorgabe 6.4.4 lassen sich differenzierte Handlungsanweisungen zum Hochwasserrisikomanagement bezüglich der fünf Schwerpunktt Themen ableiten.

Schwerpunktt Themen des Handlungsfelds „Vorbeugender Hochwasserschutz in Flussgebieten“	Nähere Beschreibung (gemäß MKRO Handlungskonzept)	Festlegungen in den Landesraumordnungsplänen der Bundesländer <sup>1</sup>		
		Ziel (Z)	Grundsatz (G)	Keine Festlegungen
<b>III. Risikovorsorge in potenziellen Überflutungsbereichen</b>	<b>Instrumente:</b> Sicherung von Bereichen, die durch das Versagen oder Überströmen von Schutzanlagen (z.B. Deiche) überflutet werden können, sowie von Bereichen mit bestehenden Siedlungen zur Schärfung des Bewusstseins für die Hochwassergefahr, i.d.R. als Vorbehaltsgebiet oder in bestimmten Fällen auch als Vorranggebiet	Hessen (Z 8.2.2) Sachsen (Z 4.1.2.9)	Baden-Württemberg (G. 4.3.6.2) Berlin-Brandenburg (G 5.3) Mecklenburg-Vorpommern (G. 5.3.2) Niedersachsen (G 3.2.4.12.3) Sachsen-Anhalt (G 93) Schleswig-Holstein (G 5.5.2.2) Thüringen (V 6.4.4)	Bayern Nordrhein-Westfalen Rheinland-Pfalz Saarland
<b>IV. Verbesserung des Wasserrückhalts in der Fläche im Einzugsgebiet der Flüsse</b>	<b>Instrumente:</b> Vorrang- und Vorbehaltsgebiete zur Sicherung und Entwicklung von Freiräumen bzw. Festlegungen zur Art der Flächennutzung, die dem Erhalt und der Verbesserung des Wasserrückhaltes dienen. Die Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten, z.B. für Natur und Landschaft oder Walderhalt/-mehrung, dienen neben ihrer primären Zielrichtung ebenfalls dem Gebietsrückhalt. Daneben sollten aber auch Festlegungen zur Hinwirkung auf eine Minimierung der Flächenversiegelung und eine angepasste Form der Landnutzung und Intensität der Bewirtschaftung getroffen werden (z. B. konservierende Bodenbearbeitung in der Landwirtschaft, erosionsmindernde Flurgliederung oder Renaturierung von Gewässern)	Baden-Württemberg (Z 4.3.7) Nordrhein-Westfalen (Z B.III.4.25) Rheinland-Pfalz (Z 111) Sachsen (Z 4.1.2.7)	Bayern (G 7.2.5) Niedersachsen (G. 3.2.4.11.2) Schleswig-Holstein (G 5.5.2.2) Sachsen-Anhalt (G 92) Thüringen (V 6.4.4)	Berlin-Brandenburg Hessen Mecklenburg-Vorpommern Saarland

Schwerpunktt Themen des Handlungsfelds „Vorbeugender Hochwasserschutz in Flussgebieten“	Nähere Beschreibung (gemäß MKRO Handlungskonzept)	Festlegungen in den Landesraumordnungsplänen der Bundesländer <sup>1</sup>		
		Ziel (Z)	Grundsatz (G)	Keine Festlegungen
<b>V. Sicherung potenzieller Standorte für Hochwasserschutzmaßnahmen</b>	Der Verbesserung des Wasserrückhaltes in den Einzugsgebieten dient auch die vorsorgliche raumordnerische Sicherung von Standorten für Hochwasserschutzmaßnahmen, wie sie sich aus den Risikomanagementplänen gemäß § 75 WHG ergeben, durch die Festlegung von Vorrang- oder Vorbehaltsstandorten; dies gilt insbesondere für Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes, wie Talsperren oder Hochwasserrückhaltebecken	Baden-Württemberg (Z 4.3.6.1) Hessen (Z 8.2.2) Niedersachsen (Z 3.2.4.12.4) Nordrhein-Westfalen (Z B.III.4.24) Sachsen (Z 4.1.2.10) Sachsen-Anhalt (Z 123.4)	Schleswig-Holstein (G 5.5.2.1) Thüringen (V 6.4.4)	Bayern Berlin-Brandenburg Mecklenburg-Vorpommern Rheinland-Pfalz Saarland

Deutlich wird an Tabelle 2, dass der klassische raumordnerische Ansatz der Flächenvorsorge in überschwemmungsgefährdeten Bereichen, welche die Allokation weiterer Schadenspotenziale in Überschwemmungsgebieten unterbinden soll, nahezu flächendeckend in Deutschland in den Landesplanungen implementiert ist und zwar in der Regel in Zielqualität. Allerdings ist dieser Ansatz seit Einführung des im Wasserrechts implementierten weitgehenden Bauverbots (§ 78 WG) im Kern funktionslos geworden, da die räumliche Kulisse der Vorranggebiete in der Regel identisch ist mit dem fachgesetzlich festgesetzten Überschwemmungsgebiet.

Demgegenüber besteht keine Einigkeit zwischen den Flächenländern, ob und wenn ja wie (über Ziele oder Grundsätze), die Rückgewinnung von Retentionsraum raumordnerisch gesteuert werden sollte, obwohl genau diese Gebietskulisse diejenige ist, die über den fachplanerisch geschützten Bereich hinausgeht und daher konstitutive Wirkung entfaltet.

Die Mehrzahl der Bundesländer betreibt zudem Risikovorsorge in deichgeschützten Gebieten, wobei dies aber ganz überwiegend nur über Vorbehaltsgebiete erfolgt, die lediglich Grundsatzqualität besitzen. Dabei wird bisher nur die Gefährdungsintensität, nicht aber die Empfindlichkeit oder Schutzwürdigkeit der verschiedenen Raumnutzungen hinter den Deichen berücksichtigt, obwohl dieser Faktor einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der Schadenspotenziale und auch möglicher Kaskadeneffekte hat.

Ebenfalls sehr uneinheitlich ist die Sichtweise der Länder auf die Frage, ob Wasserrückhalt im Einzugsgebiet Gegenstand raumordnerischer Festlegungen sein sollte. Dies begründet sich primär mit dem Umstand, dass raumordnerische Festlegungen nicht direkt durchgreifen auf die Frage der Landbewirtschaftung gerade land- und forstwirtschaftlicher Flächen oder der Siedlungswasserwirtschaft.

Wenn eine Sicherung potenzieller Standorte für Hochwasserschutzmaßnahmen vorgesehen ist, erfolgt dies ganz überwiegend in Zielqualität, was nicht verwundert, da der konkrete Standort, von der Wasserwirtschaft an die Raumordnung herangetragen, bekannt ist, womit die grundlegenden Anforderungen an Ziele der Raumordnung (räumliche und sachliche Bestimmbarkeit) erfüllt werden können.

### **3.4 Bewertung der Steuerungsansätze in der bayerischen Raumordnung**

Grundsätzlich folgt das Bayerische Landesplanungsgesetz dem Raumordnungsgesetz des Bundes, welches es in Bayern ersetzt, indem Art 14. Abs. 2 bestimmt: „Festlegungen in Raumordnungsplänen können auch Gebiete bezeichnen,

1. die für bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind und andere raumbedeutsame Nutzungen in diesem Gebiet ausschließen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen oder Nutzungen nicht vereinbar sind (Vorranggebiete),
2. in denen bestimmten raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen besonderes Gewicht beizu-

messen ist (Vorbehaltsgebiete)“.

Allerdings gilt für das Landesentwicklungsprogramm (LEP Bayern 2013) das sog. „Doppelregelungsverbot“ des Art. 19 Abs. 2 Nr. 4 Bayerisches Landesplanungsgesetz, das seine Entsprechung für die Inhalte der Regionalpläne in Art. 21 Abs. 2 Nr. 3 BayLplG findet. Der Wortlaut des Art. 21 Abs. 2 Nr. 3 ist wie folgt: „Regionalpläne enthalten [...] regionsweit raumbedeutsame Festlegungen, insbesondere zur Siedlungsstruktur, zum Verkehr, zur Wirtschaft (mit Land- und Forstwirtschaft), zur Energieversorgung, zum Sozialwesen, zur Gesundheit, Bildung, Kultur sowie zur Freiraumsicherung, sofern nicht die jeweiligen Belange fachrechtlich hinreichend gesichert sind.“

Mithin werden die in den Regionalplänen lediglich die fachrechtlich gesicherten Überschwemmungsgebiete nachrichtlich dargestellt (Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie 2006), da die Landesplanung der Auffassung ist, dass der Belang Hochwasserschutz mit der fachgesetzlichen Festlegung von Überschwemmungsgebieten hinreichend gesichert ist.

Somit finden sich keine raumordnerischen Festlegungen zur Hochwasservorsorge in neueren Regionalplänen. Für alle Planzeichen, die bereits in rechtskräftigen Regionalplänen verwendet werden, aber nicht mehr den aktuellen Gesetzesvorgaben entsprechen, gilt eine Übergangsfrist. Die Regionalpläne müssen innerhalb von drei Jahren ab Inkrafttreten der Verordnung über das LEP an neue Vorgaben des LEP angepasst werden (Art. 34 Abs. 2 Satz 2 in Verbindung mit Art. 17 Abs. 2 BayLplG).

Im Landesentwicklungsprogramm (LEP Bayern 2013) findet sich in Kap. 7.2.5 aber ein allgemeiner Grundsatz zum Hochwasserschutz: „Die Risiken durch Hochwasser sollen soweit als möglich verringert werden. Hierzu sollen die natürliche Rückhalte- und Speicherfähigkeit der Landschaft erhalten und verbessert, Rückhalteräume an Gewässern freigehalten sowie Siedlungen vor einem hundertjährigen Hochwasser geschützt werden.“

Dem folgt aber im Unterschied zu den meisten anderen Flächenländern (Ausnahme Berlin-Brandenburg) in Bayern keine räumliche Konkretisierung über zeichnerische Festlegungen.

Auch wird auf den Zusammenhang zwischen Siedlungsflächenentwicklung und Hochwasserrisiken nicht eingegangen – auch nicht in der Begründung des Plansatzes 7.2.5. Zudem sind Grundsätze lediglich in der städtebaulichen Abwägung zu berücksichtigen, binden die Gemeinden aber nicht strikt im Sinne eines Planungsleitsatzes.

In Plansatz 7.2.5 wird auf HQ 100, nicht jedoch auf HQ-extrem Bezug genommen. Die HQ 100 Gebietskulisse ist über Art. 46 BayWG bereits wasserrechtlich über die rechtsverbindlichen Überschwemmungsgebiete gesichert, womit das Doppelregelungsverbot greift. Gleiches gilt gemäß Art. 43 Abs. 1 BayWG für Flächen, die sich zur Hochwasserrückhaltung und -entlastung eignen. Diese sollen vorrangig für diese Zwecke genutzt werden.

Raumordnerische Risikovorsorge hinter den (regelmäßig mindestens auf das HQ 100 be-

messenen) Schutzbauwerken zu betreiben, wäre jedoch trotz des erwähnten Doppelregelungsverbotens zulässig, da die Wasserwirtschaft keine Steuerungsmöglichkeiten hinsichtlich der baulichen Nutzung der nur bei HQ-extrem überschwemmungsgefährdeten Gebiete außerhalb der festgesetzten Überschwemmungsgebiete oder des rückgewinnbaren Retentionsraums besitzt. Insofern würde eine entsprechende raumordnerische Festlegung auch keine Doppelregelung im Sinne des Art. 21 Abs. 2 Nr. 3 BayLplG darstellen. Voraussetzung dafür wäre aber eine Bezugnahme auf HQ-extrem als Schutzziel in Plansatz 7.2.5.

Da gleichzeitig den Gemeinden in Bayern die bundesweit größten Spielräume in ihrer Siedlungsflächenentwicklung eingeräumt werden (vgl. Abschnitt 3.1), liegt es einzig in ihrer Verantwortung, planerische Vorsorge für den Fall eines HQ-extrem zu treffen.

## 4. Auswirkungen „schärferer“ raumplanerischer Instrumenten auf die Entwicklung der Schadenspotenziale entlang der bayerischen Donau

In Kap. 4 wird dargestellt, welche Möglichkeiten bestehen, auf Ebene von Raumordnung und Bauleitplanung eine weitreichendere Hochwasservorsorge zu betreiben. Auf dieser Grundlage erfolgt eine Abschätzung der Wirkung der verschiedenen vorgeschlagenen Steuerungsansätze.

### 4.1 Anpassung der landesplanerischen Regelungen zum Hochwasserschutz

Wie in Kap. 3.3 dargestellt, bestehen in vielen Flächenländern sehr viel weitergehende raumordnerische Regelungen zur Hochwasservorsorge. Auch ohne das Doppelregelungsverbot grundsätzlich in Frage zu stellen bestünden mehrere Möglichkeiten, die bayerischen Regelungen zum Hochwasserschutz anzupassen, um so das weitere Anwachsen der Schadenspotenziale zu begrenzen.

Der Grundsatz 7.2.5 LEP Bayern 2013 könnte in mehrfacher Hinsicht erweitert werden, um regionalplanerische Festlegungen zu ermöglichen, die nicht mit dem Doppelregelungsverbot kollidieren. Ein entsprechender Formulierungsvorschlag (Ergänzungen in rot) lautet wie folgt:

„Die Risiken durch Hochwasser sollen soweit als möglich verringert werden. Hierzu sollen die natürliche Rückhalte- und Speicherfähigkeit der Landschaft erhalten und verbessert, Rückhalteräume an Gewässern freigehalten **und wo möglich wiedergewonnen, Schadenspotenziale in deichgeschützten Gebieten begrenzt** sowie Siedlungen vor einem hundertjährigen Hochwasser geschützt werden.“

Auf diese Weise würde es den Regionalplanungsträgern ermöglicht werden, Festlegungen zu den drei Schwerpunktthemen der MKRO

- Rückgewinnung von Überschwemmungsbereichen als Retentionsraum,
- Risikovorsorge in potenziellen Überflutungsbereichen,
- und Verbesserung des Wasserrückhalts in der Fläche im Einzugsgebiet der Flüsse

zu treffen, da sich hierzu im Bayerischen Wassergesetz keine Aussagen finden und insofern auch keine Regelungen bestehen, die unter das Doppelregelungsverbot fallen könnten.

Zusätzlich könnte auch die besondere Empfindlichkeit (physisches Merkmal) und Schutzwürdigkeit (normatives Merkmal) von kritischen Infrastrukturen adressiert werden. Die Ergänzung um den Ausschluss kritischer Infrastrukturen legitimiert sich mit ihrer besonderen Schutzbedürftigkeit gemäß Art. 6 Abs. 2 Nr. 3 Satz 4 BayLplG („Dem Schutz kritischer Infrastrukturen ist Rechnung zu tragen“). Der Ausfall etwa der Stromversorgung würde kaskadenhafte Effekte auf viele andere Infrastrukturbereiche haben und kann bis zum Zusammenbruch der öffentlichen Ordnung führen (vgl. Kap. 2.2).

Eine entsprechende Erweiterung von Plansatz 7.2.5 könnte lauten: „**Kritische Infrastrukturen, von denen im Überschwemmungsfall eine besondere Gefährdung ausgeht oder die eine be-**

sondere Empfindlichkeit aufweisen, sollen in deichgeschützten Gebieten bauleitplanerisch nicht zugelassen werden. Ausnahmen sind möglich für Infrastrukturen, die aufgrund besonderer Anforderungen an die Umgebung nur in Gewässernähe errichtet werden können.“

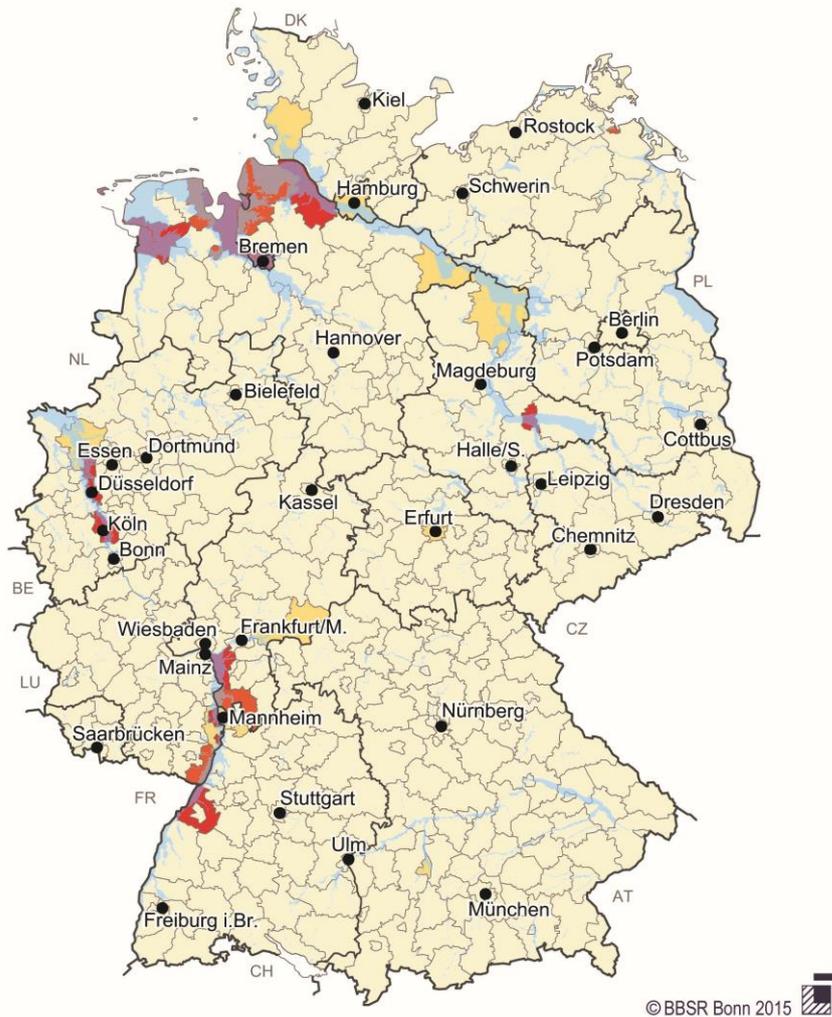
Zur sachlichen Bestimmbarkeit dieses Plansatzes wäre eine Positivliste in die Planbegründung aufzunehmen, die es für den Normadressaten erkennbar werden lässt, welche Infrastrukturen ausgeschlossen werden sollen. Dies wären insbesondere

- Störfallbetriebe nach § 50 BImSchG, da von ihnen im Überschwemmungsfall erhebliche Kaskadeneffekten ausgehen können,
- Anlagen der Abfallbehandlung- und -entsorgung, da bei einer Überschwemmung mit erheblichen Schadstoffausträgen zu rechnen ist,
- Anlagen der Energieerzeugung und der Energietransformation (Umspannwerke o.ä.), da bei ihrem Ausfall mit erheblichen Kaskadeneffekten zu rechnen ist
- sowie soziale kritische Infrastruktur (Schulen, Alten- und Pflegeheime, Krankenhäuser, Kindertagesstätten), die gemäß § 3 BauNVO regelmäßig in Allgemeinen Wohngebieten zulässig ist, ist ausnahmsweise auszuschließen, da sich dort regelmäßig Personengruppen aufhalten, die hilfsbedürftig sind und sich etwa im Falle eines Deichbruchs nicht selber retten können, sondern evakuiert werden müssten.

Wie weitreichend die Auswirkungen derartiger Regelungen sein würden, zeigt eine Modellrechnung des BBSR auf, die von dem Szenario ausgeht, dass die räumliche Gebietskulisse für Vorranggebiete zur Hochwasservorsorge auf bei HQ-extrem betroffenen Gebiete ausgeweitet werden würde (vgl. Abb. 7). Im Vergleich zu der in Abschnitt 1.3 vorgestellten Karte des Basisszenarios (vgl. Abb. 4) fällt insbesondere im bayerischen Donaunraum eine drastische Reduzierung der erwartbaren zusätzlichen Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung auf, die sie von „stark überdurchschnittlich“ auf „stark unterdurchschnittlich“ verändert.

An diesem Szenario wird die potentielle Steuerungswirkung verschärfter raumordnerischer Festlegungen auf die weitere Entwicklung der Hochwasserschadenspotenziale deutlich.

**Abbildung 7: Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung bei verschärfter raumordnerischer Hochwasservorsorge**



Quelle: Hoymann und Goetzke (2015)

#### **4.2 Bauvorsorge im Rahmen der Bauleitplanung**

Auch ohne verbindliche raumordnerische Festlegungen bestehen innerhalb der Bauleitplanung für die Gemeinden verschiedene Optionen, bei bestehenden Hochwasserrisiken gerade in deichgeschützten Gebieten dafür Sorge zu tragen, dass die Schäden im Ereignisfall begrenzt bleiben.

Die Sinnhaftigkeit von Bauvorsorge hängt dabei von verschiedenen Parametern wie der möglichen Einstautiefe und der Fließgeschwindigkeit ab. Bauvorsorge sollte vor allem in Bereichen erwogen werden, in denen lediglich eine geringe Wassertiefe bis zu 1 m zu erwarten ist und die nicht direkt am Abflussgeschehen teilnehmen. Zudem kann Bauvorsorge auch bei hohen Grundwasserständen und zum Umgang mit Sturzfluten ein sinnvoller Ansatz sein (BBSR 2015a).

Dem Belang Hochwasservorsorge ist in der städtebaulichen Abwägung grundsätzlich ein

Gewicht entsprechend seiner objektiven Bedeutung zuzubilligen. So darf die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung durch Überschwemmungen im Ergebnis nicht gefährdet werden. Das Gericht stellt fest: „Mit der bundesrechtlichen Zielsetzung, gesunde und sichere Wohn- und Arbeitsverhältnisse zu schaffen, ist ein Bebauungsplan, der ohne Schutzvorkehrungen Bauten in einem Überschwemmungsgebiet zulässt, unvereinbar.“ (BayVGH, Urteil vom 24.11.1994, BayVBI 1995, 561). Diesen Sachverhalt hat das Bayerische Ministerium für Umwelt im Übrigen in seinem an den Bayerischen Städtetag und den Bayerischen Gemeindegatt adressierten Schreiben am 6.2.2016 nochmals klargestellt.

Entsprechende städtebauliche Maßnahmen, mit denen Bauvorsorge planerisch gesteuert werden kann, umfassen (ARGEBAU 2010):

- Überbaubare und nicht überbaubare Grundstücksflächen (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB, § 23 BauNVO). In geeigneten Fällen kann durch die Festsetzung nicht überbaubarer Grundstücksflächen die Bebauung besonders gefährdeter Grundstücksbereiche ausgeschlossen werden
- Mindesthöhen über Geländeoberfläche gemäß § 9 Abs. 3 BauGB: „Bei Festsetzungen nach Absatz 1 kann auch die Höhenlage festgesetzt werden. Festsetzungen nach Absatz 1 für übereinanderliegende Geschosse und Ebenen und sonstige Teile baulicher Anlagen können gesondert getroffen werden; dies gilt auch, soweit Geschosse, Ebenen und sonstige Teile baulicher Anlagen unterhalb der Geländeoberfläche vorgesehen sind.“ Der entsprechende Bezugspunkt würde dazu dienen, sicherzustellen, dass zumindest das Erdgeschoß (bei HQ-extrem) hochwasserfrei bleibt.
- Differenzierte Regelungen für einzelne Geschosse wie den kompletten Ausschluss von Kellergeschossen oder alternativ die Untersagung von Wohnnutzungen in Kellergeschossen. Dies ermöglicht § 1 Abs. 7 BauNVO: „In Bebauungsplänen für Baugebiete nach den §§ 4 bis 9 kann, wenn besondere städtebauliche Gründe dies rechtfertigen (§ 9 Abs. 3 des Baugesetzbuchs), festgesetzt werden, dass in bestimmten Geschossen, Ebenen oder sonstigen Teilen baulicher Anlagen nur einzelne oder mehrere der in dem Baugebiet allgemein zulässigen Nutzungen zulässig sind, einzelne oder mehrere der in dem Baugebiet allgemein zulässigen Nutzungen unzulässig sind oder als Ausnahme zugelassen werden können.“
- Den Ausschluss besonders vulnerabler Nutzungen wie z. B. Kindergärten, Schulen oder Altenheime aus überschwemmungsgefährdeten (Bau-)Gebieten gemäß § 1 Abs. 5 BauNVO: „Im Bebauungsplan kann festgesetzt werden, dass bestimmte Arten von Nutzungen, die nach den §§ 2 bis 9 und 13 allgemein zulässig sind, nicht zulässig sind oder nur ausnahmsweise zugelassen werden können, sofern die allgemeine Zweckbestimmung des Baugebiets gewahrt bleibt.“

Analoge Regelungen lassen sich bei vorhabenbezogenen Planungen auch über sog. „vorhabenbezogene Bebauungspläne“ nach § 12 BauGB bzw. über städtebauliche Verträge gemäß

§ 13 BauGB verwirklichen. Gegenstand der vertraglichen Vereinbarungen, soweit diese nicht mit den späteren privaten Hauseigentümern direkt, sondern mit einem Investor abgeschlossen werden, müssten dann auch Verpflichtungen des Investors sein, wonach die vereinbarten Bauvorsorgemaßnahmen den späteren privaten Eigentümern im Rahmen der privatrechtlichen Kaufverträge nach § 311b BGB aufzuerlegen sind.

Die positive Wirkung von Bauvorsorge auf die tatsächlichen Hochwasserschäden ist ganz erheblich (Bayerischer Gemeindetag 2003, BBSR 2015a, BUMB 2015, Kommunalagentur NRW 2015).

#### **4.3 Verstärkte Auseinandersetzung mit Hochwasserrisiken in der Umweltprüfung**

Die projektbezogene Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und die planbezogene Strategische Umweltprüfung (SUP) werden im UVPG weitgehend getrennt behandelt (siehe §§ 3a ff. und §§ 14a ff. UVPG). Dagegen werden in der Bauleitplanung nach deutschem Recht sowohl die Anforderungen der UVP als auch die der SUP in einer umfassenden Umweltprüfung nach § 2 Abs. 4 BauGB gemeinsam geprüft (sog. Integrationslösung). (Battis et al. 2015, S. 6). Daher geht von der Änderung der UVP-RL (Richtlinie 2014/52/EU) auch ein Änderungsbedarf für die Umweltprüfung im BauGB aus. In einem Artikelgesetz werden das BauGB und das UVPG gegenwärtig abgestimmt novelliert.

Artikel 3 Abs. 2 UVP-RL fordert: „Die in Absatz 1 genannten Auswirkungen auf die dort genannten Faktoren schließen die Auswirkungen ein, die aufgrund der Anfälligkeit des Projekts für schwere Unfälle und/oder Katastrophen zu erwarten sind, die für das betroffene Projekt relevant sind.“

Anhang IV Nr. 8 UVP-RL nimmt inhaltlich auf Art. 3 Abs. 2 Bezug und normiert, dass der UVP-Bericht eine „Beschreibung der zu erwartenden erheblichen nachteiligen Auswirkungen des Projekts auf die Umwelt, die durch die Anfälligkeit des Projekts für Risiken schwerer Unfälle und/oder Katastrophen bedingt sind, die für das betroffene Projekt von Bedeutung sind“ zu enthalten hat.

Ferner führt die Begründung der UVP-Änderungsrichtlinie unter Punkt 15 auf: „Um für ein hohes Umweltschutzniveau zu sorgen, sollten für bestimmte Projekte, bei denen aufgrund ihrer Anfälligkeit für schwere Unfälle und/oder Naturkatastrophen (beispielsweise Überschwemmungen, Anstieg des Meeresspiegels oder Erdbeben) mit erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt zu rechnen ist, Vorsorgemaßnahmen getroffen werden. Es ist wichtig, die Anfälligkeit (Gefährdung und Widerstandsfähigkeit) dieser Projekte für schwere Unfälle und/oder Katastrophen, das Risiko des Eintretens solcher Unfälle und/oder Katastrophen und deren Auswirkungen in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit erheblicher nachteiliger Folgen für die Umwelt zu berücksichtigen.“

Battis et al. (2015, S. 21) empfehlen hier eine Umsetzung von Art. 3 Abs. 2 im deutschen Recht. Die Umsetzung könne durch eine Ergänzung des § 1 Abs. 6 BauGB, § 2 Abs. 4 Satz

1 BauGB oder der Anlage 1 zum BauGB Nr. 2 b), c) erfolgen.

Die Änderung der UVP-RL ist das Ergebnis eines längeren Diskussionsprozesses auf europäischer Ebene. Bereits im Impact Assessment zum "White Paper On Adapting to Climate Change" (European Commission 2009, p. 24) hatte die Europäische Kommission deutlich gemacht, dass im Kontext von UVP und SUP u. a. für Infrastrukturvorhaben die Auswirkungen des Klimawandels auf die Durchführbarkeit der vorgesehenen Projekte und Politiken zu untersuchen sind. Die Europäische Umweltagentur hat diese Auffassung explizit unterstrichen und bekräftigt, dass sozio-ökonomische Entwicklungen wie ein zunehmender Wohlstand und die Allokation zusätzlicher Schadenspotenziale in gefährdeten Gebieten eine signifikante und in einigen Fällen sogar dominierende Rolle für die Exposition und Vulnerabilität von Regionen, Wirtschaftssektoren, der Bevölkerung und Natur und Umwelt spielen. Daher sind gesellschaftliche Veränderungen in Klimaanpassungsplanungen und Risikoprävention einzubeziehen (EEA 2013, S. 20).

Schlussfolgernd ist davon auszugehen, dass sich die Gemeinden künftig im Rahmen ihrer Bauleitplanung explizit mit Hochwasserrisiken werden auseinandersetzen müssen. Dabei ist auch darauf einzugehen, welche Auswirkungen von den städtebaulichen Planungen auf diese Risiken ausgehen. Zwar sind dies im Kern zunächst nur neue Verfahrensanforderungen, doch ist auch von mittelbaren materiell-rechtlichen Wirkungen auszugehen, wird doch über die dezidierte Ermittlung, Darstellung und Bewertung der Risiken zweifellos die Möglichkeit des Wegwägens gegenüber anderen Belangen erschwert. Zudem sind geeignete Vermeidungs-, Minderungs- und Ausgleichmaßnahmen zu benennen. Dies kann insbesondere hochwasserangepasstes Bauen sein (vgl. Kap. 4.1). Somit dürfte sich die erweiterte Umweltprüfung dämpfend auf das künftige Anwachsen der Schadenspotenziale auswirken.

#### **4.4 Siedlungsrückzug als Ansatz zur Reduzierung von Hochwasserrisiken**

Raumordnung wie Bauleitplanung nehmen aber lediglich auf die zukünftige Raumnutzung, nicht jedoch den baulichen Bestand oder die Vorbereitung und Reaktion auf ein Hochwasserereignis Einfluss (DKKV 2015). Folglich greifen raumordnerische Festlegungen (bzw. bauleitplanerische Darstellungen oder Festsetzungen) alleine zu kurz, da sie mittels der Umsetzung des Trennungsgrundsatzes lediglich den weiteren Anstieg der Schadenspotenziale bremsen – eine Reduzierung des bereits bestehenden Risikos muss dagegen auf diese Weise zwangsläufig misslingen (Greiving 2009). Eine spezifische Rolle der Raumplanung beim Wiederaufbau ist (auch international) schwach ausgeprägt (Sapountzaki et al 2011, Glade und Greiving 2011, Greiving et al. 2012).

Insofern ist die Wirksamkeit des bisherigen planerischen Hochwasserrisikomanagements sehr begrenzt, woran auch die jüngeren gesetzlichen Änderungen im WHG und ROG nichts geändert haben bzw. ändern werden (Bundesregierung 2016). Diese haben lediglich die Effektivität klassischer Ansätze zur Freihaltung von Überschwemmungsgebieten von baulichen Nutzungen gestärkt, wonach in festgesetzten Überschwemmungsgebieten die Ausweisung von neuen Baugebieten in Bauleitplänen oder sonstigen Satzungen nach BauGB sowie die

Errichtung oder Erweiterung baulicher Anlagen nach den §§ 30, 33, 34 und 35 BauGB untersagt ist).

Zudem ist zu bedenken, dass das Bauen in Überschwemmungsgebieten gemäß § 78 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 WHG gemäß der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts nur solche Flächen in festgesetzten Überschwemmungsgebieten erfasst, die erstmalig einer Bebauung zugeführt werden sollen. Bloße Umplanungen, etwa die Änderung der Gebietsart eines bereits bestehenden Baugebiets, oder die Wiedernutzung einer Brache fallen nicht hierunter. In diesem Fall sind die Belange des Hochwasserschutzes im Rahmen der bauleitplanerischen Abwägung (§ 1 Abs. 6 Nr. 1 und 12, Abs. 7, § 2 Abs. 3 BauGB) sowie der für die Vorhabenzulassung erforderlichen hochwasserschutzrechtlichen Abweichungsentscheidungen (§ 78 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2, Abs. 3 WHG) zu berücksichtigen (BVerwG 4 CN 6.12, ECLI:DE:BVerwG:2014:030614U4CN6.12.0)

Wie bereits in Kap 1.2 ausgeführt wurde, kann es mittels der etablierten Instrumente der raumplanerischen Hochwasservorsorge also nicht gelingen, Hochwasserrisiken im baulichen Bestand zu reduzieren. Dafür eignet sich neben Bau- und Verhaltensvorsorge nur der Rückbau dieser baulichen Strukturen.

Siedlungsrückzug aus überschwemmungsgefährdeten Bereichen ist im sog. Risikokreislauf<sup>4</sup> aus Vorsorge, Vorbereitung, Reaktion und Wiederaufbau (Pohl 2011) in zwei Phasen vorstellbar:

1. Proaktiver Siedlungsrückzug findet unabhängig von einem Schadensereignis in der Vorsorgephase des Risikokreislaufs statt, um Hochwasserrisiken präventiv zu reduzieren. Gleichwohl können zurückliegende Ereignisse ein Bewusstsein für die Thematik geweckt haben und den politischen Willensbildungsprozess beeinflussen.
2. Reaktiver Siedlungsrückzug erfolgt unmittelbar nach einem Schadensereignis in der Wiederaufbauphase, wenn ohnehin erhebliche Teile der Bausubstanz geschädigt sind und Finanzmittel für den Wiederaufbau erforderlich sind.

Dabei folgt dieses differenzierte Vorgehen der „Sendai Strategy for Disaster Risk Reduction“ (UN-ISDR 2015), die auf „Enhancing disaster preparedness for effective response“ (p. 12), also proaktivem, und „Build Back Better in recovery, rehabilitation and reconstruction“, also reaktivem Handeln, abzielt (p. 21).

Ansätze des geordneten Siedlungsrückzugs werden im Raumordnungsgesetz und im Baugesetzbuch nicht explizit erwähnt. Siedlungsrückzug kann jedoch mit Bezug auf die Regelungen zu den Kerninhalten für Raumordnungspläne gemäß § 8 Abs. 5 Nr. 1 d ROG legitimiert werden. Danach sollen die Raumordnungspläne (der Länder) Festlegungen zur Raumstruktur enthalten, insbesondere zu Siedlungsentwicklungen. Regelungen zu Siedlungsentwicklungen können demnach grundsätzlich auch Rückbau zum Gegenstand haben (Janssen et al 2016). Innerhalb der Bauleitplanung kann Siedlungsrückzug ebenfalls betrieben werden, indem Flächenausweisungsrechte im Rahmen eines Bebauungsplanänderungs- oder Aufhebungsverfahrens zurückgenommen werden (§ 1 Abs. 8 BauGB) oder aber Bebauungs-

pläne mit dem Zweck der Nutzungsänderung für bisher baulich genutzten Flächen aufgestellt werden.

Bestehende Ansätze für Siedlungsrückzug gehen im Wesentlichen auf den Stadtbau sowie die planerische Steuerung des Braunkohletagesbaus zurück, während sich im Hochwasserrisikomanagement nur in Einzelfällen entsprechende Ansätze (wie Riesa Röderau Süd) finden, die eher auf politischen Druck denn eine planerische Strategie zurückzuführen waren (Janssen et al 2016) oder vertraglich geregelt wurden. Dafür sind ein Notarvertrag mit Abbruchverpflichtung und die Eintragung eines Bauverbots in Form einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit in das jeweilige Grundbuch erforderlich, was in Bayern im Zusammenhang mit Hochwasserschutz an der Donau im Ortsteil Moos in Markt Burgheim bereits praktiziert wurde (Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt 2009).

Eine zusätzliche Option zur finanziellen Förderung von Siedlungsrückzug eröffnet die Städtebauförderung. Der Bund und die Länder stellen in den Programmen der Städtebauförderung Finanzhilfen für Investitionen in die Erneuerung und Entwicklung der Städte und Gemeinden bereit. Hauptziel der Städtebauförderung ist es, die Städte und Gemeinden als Wirtschafts- und Wohnstandorte zu stärken und entgegenstehende Mängel oder Missstände zu beheben. § 171 a Abs. 2 BauGB lautet: „Stadtumbaumaßnahmen sind Maßnahmen, durch die in von erheblichen städtebaulichen Funktionsverlusten betroffenen Gebieten Anpassungen zur Herstellung nachhaltiger städtebaulicher Strukturen vorgenommen werden. Erhebliche städtebauliche Funktionsverluste liegen insbesondere vor, wenn ein dauerhaftes Überangebot an baulichen Anlagen für bestimmte Nutzungen, namentlich für Wohnzwecke, besteht oder zu erwarten ist, oder wenn die allgemeinen Anforderungen an den Klimaschutz und die Klimaanpassung nicht erfüllt werden.“

Aufgrund der „oder“ Formulierung ist klar, dass eine Stadtumbaumaßnahme mit dem Ziel Klimaanpassung und damit u.a. Hochwasservorsorge möglich ist. Laut Präambel der Verwaltungsvereinbarung Städtebauförderung 2016 sollen „Die Stadtquartiere [...] unter Berücksichtigung des Klimaschutzes und der Klimaänderung an die Bedürfnisse der Bürgerinnen und Bürger angepasst werden, insbesondere der Familien bzw. der Haushalte mit Kindern und der älteren Menschen.“

Siedlungsrückzug wäre dann zum Gegenstand eines Integrierten Städtebaulichen Entwicklungskonzepts zu machen (BMUB 2015). Eine Maßnahme innerhalb eines Städtebaufördergebiets wäre dann ein entsprechender Siedlungsrückzug, ggf. in Kombination mit einer Erüchtigung von baulicher Vorsorge gegenüber Hochwasser in Teilen des Stadtbaugebiets, die nicht komplett zurückgebaut werden sollen. Argumentiert werden könnte hier mit städtebaulichen Funktionsverlusten, weil mangels Hochwasserschutz die allgemeinen Anforderungen an die Klimaanpassung nicht erfüllt werden. Flankiert würde die Absiedlung ggf. (so das Gebiet nicht ohnehin bereits Bestandteil eines Vorranggebiets für Hochwasservorsorge ist) durch eine Erweiterung des Vorranggebiets auf das Gebiet des Siedlungsrückzugs, um eine spätere bauleitplanerischer Inanspruchnahme zu unterbinden. Zugleich würde die Gemeinde einen Bebauungsplan aufstellen, der für das betroffene Areal eine nicht bauliche Nutzung vorsieht, falls das Areal ansonsten über § 34 BauGB bebaubar.

In der Stadtentwicklung und insbesondere der Städtebauförderung ist dieses Thema bisher kaum reflektiert worden, systematisch auf Klimaanpassung bezogene städtebauliche Entwicklungskonzepte sind in der Evaluierung des Stadtumbauprogramme West und Ost nicht vorgefunden worden (Buhtz et al 2016). Einzelne Beispiele in denen ein Rückzug aus überschwemmungsgefährdeten Gebieten stattfand, finden sich aber durchaus. So wurde im Rahmen von Stadtumbau-Ost eine Industriebrache in Schmalkalden an der Schmalkalde zum „Westendpark“ umgebaut (2013-2014), der Teil der Landesgartenschau Thüringen 2015 war. Durch die Terrassierung ihres Südufers mit Sitzstufen wurde der Fluss erlebbar. Gleichzeitig wurde mit Mitteln der Städtebauförderung Retentionsraum geschaffen (Landesgartenschau Thüringen 2015).

#### **4.5 Lastenausgleich in der Hochwasservorsorge**

Fachgesetzliche Unterschützstellungen bzw. raumordnerische Zielfestlegungen sind relativ unflexibel. Sie orientieren sich nicht am Maßstab von Effektivität und Effizienz, sondern sind quasi konditional programmiert, d.h., wenn eine Tatbestandsvoraussetzung gegeben ist (z. B. bei HQ 100 überschwemmt), ist demnach die entsprechende Rechtsfolge (Bauverbot gemäß § 78 WHG) zwingend. Grundsätzlich ist die Wirksamkeit des „klassischen“ Risikomanagements daher begrenzt.

Damit wird der gesamte Bereich der Verwundbarkeit, die das Risiko maßgeblich beeinflusst, ausgeblendet. Bei einer alleinigen Ausrichtung an der Gefahrenkomponente können Effizienz und Effektivität als wesentliche Merkmale der Wirkung von Hochwasserschutz nicht im Vordergrund stehen. Gleichzeitig gehen von diesem Ansatz keinerlei Anreize für einen ökonomischen Lastenausgleich aus, da nicht diejenigen, die das Risiko (mit-)verursachen, indem sie etwa als Oberlieger Retentionsraum beanspruchen, für die Maßnahmen aufkommen („Verursacherprinzip“), sondern der Gesamtstaat und damit gleichermaßen alle steuerpflichtigen juristischen und natürlichen Personen des Privatrechts. Dieses Vorgehen entspricht dem sog. „Gemeinlastprinzip“.

Im Hochwasserrisikomanagement geht es, wie in anderen Anwendungsfeldern des Lastenausgleichs, um eine möglichst gerechte Verteilung von Lasten. Neben den direkten Kosten, die durch ein Hochwasser entstehen, verursachen auch Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes Kosten (z.B. Dämme). Aber auch das Vorhalten von Überschwemmungsflächen oder Nutzungsrestriktionen (beispielsweise durch das Wasserrecht oder die Raumordnung) in überschwemmungsgefährdeten Gebieten verursacht Opportunitätskosten und schränkt Entwicklungsmöglichkeiten ein. Gleichzeitig entstehen an gleicher oder anderer Stelle Nutzen, beispielsweise durch die Verringerung des Hochwasserrisikos, durch geringere nutzungsrechtliche Restriktionen oder durch ökologische Aufwertung. Dies für die Polderplanung gleichermaßen wie für die beabsichtigte Ertüchtigung des Gebietschutzes zwischen Straubing und Vilshofen.

Für einen Lastenausgleich muss es zunächst genügend Anreizinstrumente („Tauschmasse“) geben. Weiterhin müssen überhaupt mehrere Lösungswege oder Handlungsspielräume

möglich bzw. vorhanden sein (Cools et al. 2002). Letzteres sollte im Hochwasserrisikomanagement üblicherweise der Fall sein, da eine Verringerung des Hochwasserrisikos beispielsweise sowohl über eine Reduktion der Gefahr als auch eine Reduktion der Empfindlichkeit von Raumnutzungen und Raumfunktionen gegenüber Hochwasser erfolgen kann (Greiving 2009).

Anreize für einen Lastenausgleich liegen in erster Linie dann vor, wenn durch Hochwasserschutz in den auf diese Weise besser (d. h. gegen den HQ 100 Fall) geschützten Gebieten neue Entwicklungspotenziale entstehen. Damit kann in erheblichem Umfang Siedlungsentwicklungspotential entstehen, da das Überschwemmungsgebiet hinter den Deichen aufgehoben wird. Zugleich kann von derartigen Maßnahmen eine abflussverschärfende Wirkung ausgehen, die nach § 68 Abs. 3 WHG („Der Plan darf nur festgestellt oder genehmigt werden, wenn eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit, insbesondere eine erhebliche und dauerhafte, nicht ausgleichbare Erhöhung der Hochwasserrisiken oder eine Zerstörung natürlicher Rückhalteflächen, vor allem in Auwäldern, nicht zu erwarten ist“) die Genehmigungsfähigkeit der Planung bedroht. Spannend an der Regelung des § 68 WHG ist der Umstand, dass nicht explizit eine Vermeidung bzw. ein Ausgleich einer abflussverschärfenden Wirkung verlangt wird (wie etwa in § 78 WHG), sondern sich die Regelung auf das Hochwasserrisiko in Gänze bezieht, womit alternativ auch an der Vulnerabilität angesetzt werden kann.

Untertiege übernehmen in diesem Fall einer Deichertüchtigung eine Last für ihre Oberliege, die wiederum die Nutznießer eines verbesserten Hochwasserschutzes sind. Hier könnte die Tauschmasse also die Zustimmung der Untertiege zu der Planfeststellung des verbesserten Hochwasserschutzes sein. Diese könnte erlangt werden, indem ein Teil der planungsbedingten Wertsteigerungen (aus landwirtschaftlicher Fläche wird Bauerwartungsland) abgeschöpft und den Untertiegern zur Verfügung gestellt wird. Voraussetzung dafür ist (der in Bayern aber übliche) kommunale Zwischenerwerb von Bauland.

Die entsprechend vertraglich zwischen den vom Hochwasserschutz profitierenden Gemeinden und den Untertiegern zu vereinbarende Zielvereinbarung würde also lauten: Ausgleich der durch den verbesserten Hochwasserschutz ansteigenden Hochwasserrisiken (die dafür zu quantifizieren sind).

Auf welchem Weg dann die Untertiege die Gelder nutzen würden, diesen Ausgleich zu erreichen, bliebe ihnen überlassen. Sie könnte z. B. privaten Eigentümern (als in ihren Eigentumsrechten betroffenen und damit im Sinne von § 47 Abs. 2 VwGO klageberechtigten Parteien) Bauvorsorgemaßnahmen finanzieren. Alternativ oder ergänzend könnte das Geld auch in verbesserten Katastrophenschutz investiert werden.

Ein vergleichbares Lastenausgleichsmodell ist allerdings für die geplanten Flutpolder nicht vorstellbar. Zwar gibt es auch hier Nutznießer und negativ Betroffene, die in der Nutzbarkeit ihrer Grundstücke ggf. eingeschränkt werden und im Einstaufall ggf. mit erhöhten Grund-

wasserständen zu kämpfen haben. Es fehlt aber an einer konkreten Tauschmasse für den Lastenausgleich, da durch diese Maßnahme im Gegensatz zu der Deichertüchtigung keine neuen Baurechte entstehen. Der Bau der Flutpolder beeinflusst nämlich weder den räumlichen Umgriff der Überschwemmungsgebiete, noch formal die Nutzbarkeit der deichgeschützten Gebiete. In diesen kann zwar durch den Einfluss des zusätzlichen Schutzes für den Überlastfall die Risikowahrnehmung sinken und in Folge dessen Siedlungsflächenentwicklung befördert werden, doch lässt sich dieser Effekt weder quantifizieren noch in Folge dessen monetarisieren. Dies wäre aber Voraussetzung für einen Lastenausgleich.

## **5. Was würden Flutpolder zur Reduktion der verbleibenden Risiken beitragen können?**

Nachfolgend werden die möglichen Effekte von Flutpoldern auf die bei dem bestehenden Gebietsschutz bei HQ-extrem verbleibenden Restrisiken dargestellt. Diese Darstellung erfolgt qualitativ, da die Effekte stark von den Merkmalen eines Flussgebietsabschnitts, der baulichen Ausführung des Polders, der Qualität eines Hochwasservorhersagemodells sowie dem Wellenverlauf eines bestimmten Hochwasserereignisses abhängen und somit nur im Einzelfall bei einer entsprechend fortgeschrittenen Planung quantifizierbar sind. Hinzu trifft der schwer einschätzbare Effekt des Klimawandels, der grundsätzlich die Quantifizierbarkeit der langfristigen Effekte der Flutpolder in Frage stellt.

Relevante Fragen zur Beurteilung des Beitrags von Flutpoldern zur Reduzierung von Restrisiken sind zunächst die verwendete Bewertungsmethodik und der angestrebte Schutzgrad. Es geht mithin zunächst darum, wie die Effekte der Flutpolder politisch-normativ bewertet und dann entsprechend in Risikoanalyse berücksichtigt werden und zudem um eine Annäherung an die Frage, welche materiellen Effekte die Flutpolder auf Hochwasserrisiken besitzen.

### **5.1 Berücksichtigung von Extremhochwassern in der Risikoanalyse**

Bei probabilistischen Risikoanalysen wird üblicherweise eine Frequenz-Magnitude-Beziehung möglicher Hochwasserereignisse mit Schadenserwartungswerten verknüpft, um über das Integral aller Ereignisse eine Annualisierung der Schadenserwartungswerte vornehmen zu können (Patt und Jüpner 2013, S. 534). Dabei werden alle Ereignisse gleich gewichtet. Somit trägt also das Risiko aus einem häufigen Hochwasser mit geringen Schäden genauso zum Schadenserwartungswert bei wie das schadensträchtige, aber seltene Ereignis.

Das empirisch in vielen Situationen feststellbare und theoretisch begründbare Phänomen (vgl. dazu Slovic and Weber 2002), mögliche Ereignisse mit großem Schadenausmaß aber stärker zu gewichten, als es aufgrund des zugehörigen Schadenerwartungswerts angezeigt wäre, wird als „Risikoaversion gegenüber Großereignissen“ oder kurz als „Risikoaversion“ bezeichnet (BABS 2008, S. 3). Gerechtfertigt wird dies damit, dass bei großen Sach- und Personenschäden mit den Auswirkungen weniger geregelt umgegangen werden kann. Es komme häufig auch vermehrt zu indirekten Schäden, z.B. größere Produktionsausfälle, die sich negativ auf ganze Branchen auswirken können. Ereignisse mit großen Schäden führten also zu Situationen, die häufig weniger gut bewältigt werden können (BABS 2008, S. 11).

Folgt man dieser Argumentation, tragen Flutpolder dann mehr zur Risikoreduzierung bei, wenn politisch-normativ der Vermeidung der Folgen extremer Hochwasserereignisse besonderes Gewicht beigemessen werden würde. Dies steht allerdings, wie in Abschnitt 3.4 ausgeführt wurde, im Widerspruch zu dem gegenwärtig in Plansatz 7.2.5 des Landesentwicklungsprogramms (LEP Bayern 2013) formulierten Schutzziels (HQ 100).

Aversionsfaktoren stellen Multiplikatoren der monetär bewerteten Schadenspotenziale dar. Damit werden Phänomene wie die große Beachtung, existenzielle Bedrohung die Überforderung bei der Bewältigung und die großen Unsicherheiten in Auswirkungen und Auftrittswahrscheinlichkeit in der Risikoanalyse berücksichtigt. Die Verwendung von Aversionsfaktoren könnte zur Verdeutlichung des Handlungsbedarfs bezüglich eines Restrisikomanagements herangezogen werden. Eine monetäre Berücksichtigung der Aversionsfaktoren in der Nutzen-Kosten-Analyse ist ebenfalls möglich (Lebensministerium 2004).

Dies ist besonders bedeutsam, da für die Polderplanungen als Maßnahmen mit erheblicher finanzieller Bedeutung gemäß Art. 7 Abs. 2 der bayerischen Haushaltsordnung Nutzen-Kosten-Untersuchungen anzustellen sind.

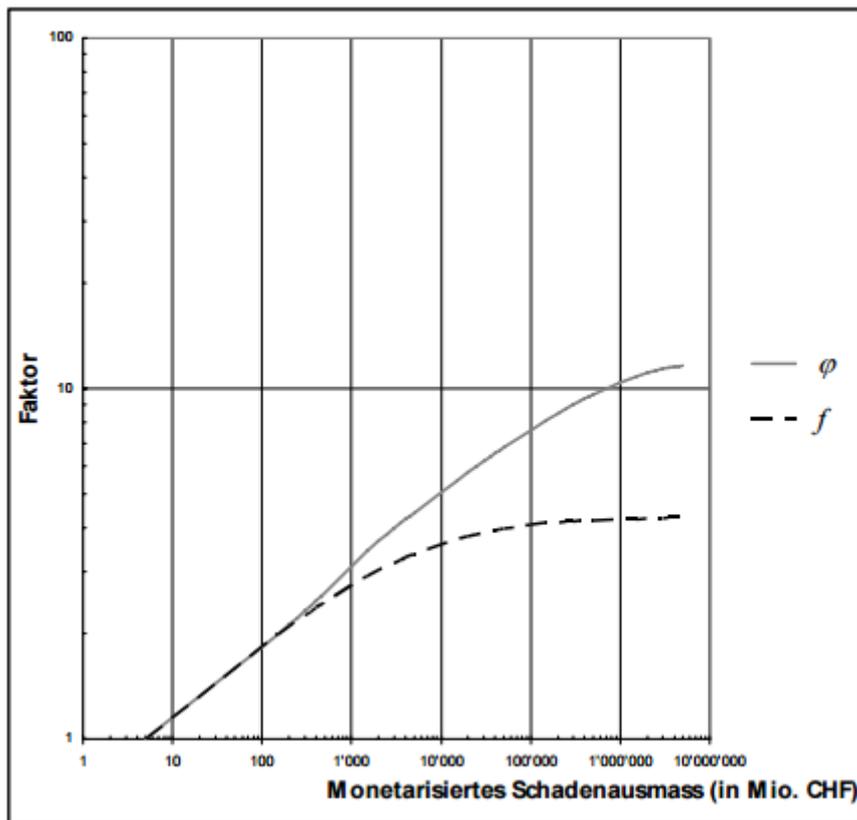
Das BABS schlägt zur praktischen Berücksichtigung dieser Risikoaversion für die Schweiz die Verwendung von zwei Faktoren vor:

1. Ein Schadenergänzungsfaktor  $f$ , der die qualitative Ausweitung und überproportionale Zunahme des Schadens abbildet, der auf technisch-ökonomischen Überlegungen gestützt werden kann.
2. Einen Aversionsfaktor  $\phi$ , dem die drei Effekte der zunehmenden Unsicherheit bei Extremereignissen hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit, der Unsicherheit bei der Schadenabschätzung und der Risikoeinstellung einer Gesellschaft zugeordnet werden („dread risk phenomenon“).

Im Folgenden werden die diesbezüglichen Berechnungen für den Risikotyp Hochwasser mit Abb. 8 dargestellt, wobei die Funktion des Schadenergänzungsfaktors  $f$  und des Aversionsfaktors  $\phi$  über einer monetären Skala in Franken abgebildet sind (BABS 2008, S. 17).

Der Aversionsfaktor tritt dabei zum Schadenergänzungsfaktor bei sehr seltenen Ereignissen mit entsprechenden Schadenserwartungswerten hinzu, wobei beide Faktoren additiv kalkuliert werden.

Abbildung 8: Risikoaversion in der Risikoanalyse



Quelle: BABS (2008, S. 17)

An Abb. 8 wird erkennbar, dass für große Hochwasserereignisse, deren Schadensausmaß mehrere Mrd. € betragen kann, mit einem Multiplikator von 3-4 gerechnet wird.

Auf diese Weise könnte der Nutzen der Polderplanungen an der Donau in einer Nutzen-Kosten-Betrachtung sachgerechter gewichtet werden, da dieser primär bei potenziell sehr schadensträchtigen HQ-extrem Ereignissen zum Tragen kommen, mit denen regelmäßig zusätzlich auch Sekundärschäden bzw. Kaskadeneffekte verbunden sind (vgl. Abschnitt 2.2), die das Mehrfache der direkten Schäden ausmachen können. Ihre Bedeutung würde über den Multiplikator angemessen berücksichtigt werden können.

Mit Blick auf die Bayerische Haushaltsordnung ist festzustellen, dass die Verwendung eines Aversionsfaktors nicht ausgeschlossen ist. Art. 7 Abs. 2 BayHO legt lediglich fest: „Für geeignete Maßnahmen von erheblicher finanzieller Bedeutung sind Nutzen-Kosten-Untersuchungen anzustellen.“ Nähere Angaben zum methodischen Vorgehen finden sich nicht.

Die Festlegung auf ein bestimmtes methodisches Vorgehen ist aber auch aus Sicht der Rechtsprechung nicht geboten. Eine einzig richtige Bewertungsmethode existiert nicht, sondern es können nur mehr oder weniger zweckmäßige Vorgehensweisen entwickelt werden, wobei sich die Zweckmäßigkeit erst im Einzelfall aus den gegebenen Rahmenbedingungen

beurteilen lässt und mithin dem Anwender bzw. in diesem Fall der für den Hochwasserschutz verantwortlichen Behörde, dem Landesamt für Umwelt, die Auswahl einer Methode obliegt.

So hat das BVerwG festgestellt (Leitsatz), dass die Gemeinde bei der Aufstellung von Bauleitplänen, die Eingriffe in Natur und Landschaft erwarten lassen, nicht an standardisierte Bewertungsverfahren gebunden ist, sondern ihr ein Abwägungsspielraum bei der Methodenauswahl zukommt (BVerwG, NVwZ 1997, 1215). Allerdings muss das methodische Vorgehen, das sich der Gesetz- bzw. Plangeber zu eigen machen will, in sich konsistent sein (Faßbender 2012, S. 87).

Innerhalb einer Methodenentwicklung, die den oben genannten Kriterien folgt, wird von der Rechtsprechung im Gefolge und unter Anwendung des Gebots gerechter Abwägung großer Wert auf eine sogenannte Systemgerechtigkeit gelegt, die sich u.a. aus den Anforderungen des Art. 3 Abs. 1 GG ergibt (Vgl. etwa BVerwG, ZfBR 2009, 466). „Systemgerechtigkeit“ bedeutet, dass Einzelfälle auf Grundlage eines politisch legitimierten Zielsystems nach einheitlichen Maßstäben und bei Vergleichbarkeit auch gleichbehandelt werden müssen.

## **5.2 Materielle Effekte eines verbesserten Hochwasserschutzes auf Hochwasserrisiken**

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Diskussion der materiellen Effekte unterschiedlicher Ansätze für einen verbesserten Hochwasserschutz. Dabei dient die Differenzierung in die Erüchtigung von Hochwasserschutz (bzw. der Deiche) und Flutpoldern dazu, die jeweils unterschiedlichen Auswirkungen auf die Siedlungsflächenentwicklung entsprechend würdigen zu können.

### **Flutpolder**

Im Grunde genommen verringern Flutpolder die Jährlichkeit des Ereignisses, ab dem Schäden zu erwarten sind oder erhöhen anders ausgedrückt den ereignisabhängigen Schutzgrad. Ob damit aber auch tatsächlich eine Verringerung des Hochwasserrisikos über das Integral aller Ereignisse verbunden ist, hängt entscheidend davon ab, wie die Kommunen, die Wirtschaft und private Eigentümer auf den verbesserten Hochwasserschutz reagieren. Würden die Schadenspotenziale bei verbessertem Hochwasserschutz stabil bleiben, ist natürlich eine signifikante Risikoreduzierung zu erwarten. Diese Annahme liegt üblicherweise auch einer Kosten-Nutzen-Analyse zu Grunde, die die Wirtschaftlichkeit von Schutzbauwerken beurteilen soll.

Leider ist aber in der Realität angesichts der in Kap. 1.2 dargelegten demographischen Trends für den bayerischen Donaauraum nicht von gleichbleibenden Schadenspotenzialen auszugehen.

Auch jenseits der wasserrechtlich gesicherten Überschwemmungsgebiete stellen die Hochwasserrisiken gemäß § 1 Abs. 5. i.V.m. § 1 Abs. 7 BauGB einen abwägungsbeachtlichen Belang dar (vgl. dazu auch Abschnitt 4.2). Der durch die Polder entstehende zusätzliche

Schutz bzw. dessen Auswirkungen auf die Risikowahrnehmung und -bewertung in den Gemeinden dürfte dabei in vielen Fällen in der städtebaulichen Abwägung dazu führen, dass dem Belang Hochwasserschutz ein noch geringeres Gewicht beigemessen und dieser so zu Gunsten von Siedlungsentwicklung weggewogen wird. Dies kann sich nicht nur auf die Siedlungsflächenentwicklung an sich, sondern auch die bauliche Ausführung der Objekte auswirken, für die mit einer nicht geringen Wahrscheinlichkeit kein oder weniger Aufwand für Objektschutzmaßnahmen in Bebauungsplänen festgesetzt und von Vorhabenträgern umgesetzt werden wird. Schließlich sind auch negative Auswirkungen auf die Bau- und Verhaltensvorsorge Privater im baulichen Bestand und für die kommunale Gefahrenabwehr (Investitionen in Technik, Berücksichtigung extremer Hochwasser in der Einsatzplanung) denkbar.

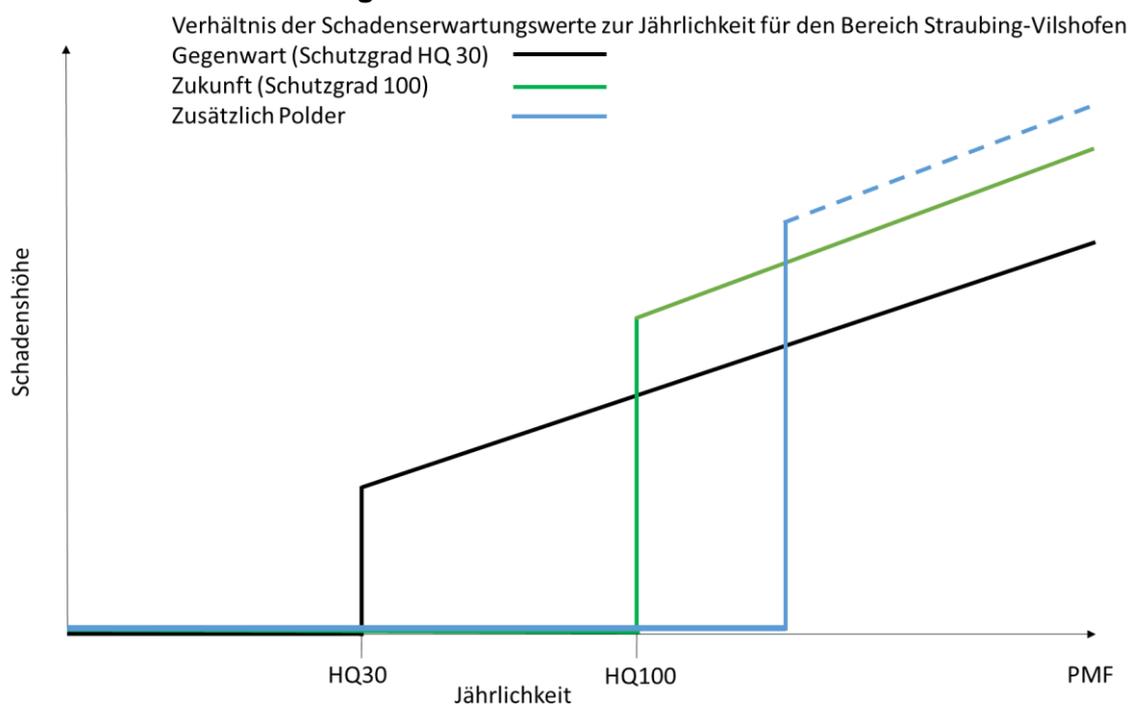
Dieses Phänomen wird auch als „ökonomische Wirkungsumkehr“ bezeichnet, da eingedenk der verminderten Gefährdung zusätzliche Siedlungsentwicklung in überschwemmungsgefährdeten Gebieten zumindest indirekt befördert wird (Seifert 2012).

### **Verbesserter Hochwasserschutz zwischen Straubing und Vilshofen**

Zu den bereits im voranstehenden Abschnitt beschriebenen Effekten tritt in Folge des verbesserten Hochwasserschutzes durch Ertüchtigung der Deiche zwischen Straubing und Vilshofen ein zusätzlicher direkter (Ermöglichungs-)Effekt hinzu, da im Zuge der Verbesserung des Schutzgrades von HQ 30 auf HQ 100 die Überschwemmungsgebiete, mit denen gemäß § 78 WHG ein weitreichendes Bauverbot verbunden ist, zurückgenommen werden. Damit entstehen zusätzliche Potenzialflächen für Siedlungsflächenentwicklung.

Die folgende Abbildung 9 verdeutlicht das Prinzip des Effekts der ökonomischen Wirkungsumkehr (unter Ausklammerung von Deichversagen unterhalb des Bemessungsereignisses des Schutzbauwerks) am Beispiel des Flussabschnitts Straubing-Vilshofen für die projektierte Ertüchtigung der Deiche und auch die zusätzlichen Effekte der Flutpolder, durch die zwar keine zusätzlichen Flächen bebaubar gemacht werden, da sich der räumliche Umgriff der Überschwemmungsgebiete nicht ändert, aber ein schwer quantifizierbarer Effekt auf die gefühlte Sicherheit entsteht (deshalb die gestrichelte blaue Linie):

**Abbildung 9: Verhältnis der Schadenserwartungswerte zur Jährlichkeit von Hochwasserereignissen**



Quelle: eigene Abbildung

Wie in Abbildung 9 veranschaulicht wird, erhöht sich mit Ertüchtigung der Deiche und der Errichtung von Flutpoldern einerseits der Schutzgrad, womit unterhalb des jeweiligen Bemessungsfalls in der Regel keine Schäden zu erwarten sind. Andererseits fallen die Schäden bei Ereignissen oberhalb des Bemessungsfalls umso höher aus, da mehr Siedlungsflächen bei tendenziell weniger Objektschutz und Verhaltensvorsorge betroffen sind. Mangels konkreter Daten ist eine Abschätzung, über welches Integral insgesamt mit den größeren Schadenserwartungswerten zu rechnen ist, nicht möglich. Zudem würde die Verwendung eines Aversionsfaktors (vgl. Abschnitt 5.1) die Analyse beeinflussen.

Die Effektivität von Flutpoldern im Sinne ihres Beitrags zur Risikoreduzierung hängt daher neben dem jeweiligen Wellenverlauf eines Hochwasserereignisses und der Güte der operationellen Hochwasservorhersage bzw. Steuerung der Polder auch vom Grad der Abstimmung der Polderplanung mit der raumplanerischen Hochwasservorsorge (Flächen- und Bauvorsorge) ab. Dies gilt insbesondere für die Gebiete, die bei HQ-extrem selbst bei optimaler Steuerung der Flutpolder weiterhin betroffen wären, aber generell auch für bei Deichbrüchen tangierte Areale.

## 6. Fazit

Das nachfolgende Fazit gliedert sich entlang der Adressaten Wasserwirtschaft, Landes- und Regionalplanung und Bauleitplanung (bzw. Gemeinden). Zusätzlich wird nachfolgend in Tabelle 3 dargestellt, welche der Empfehlungen nach geltendem Bundes- und Landesrecht umsetzbar sind und wo Anpassungen des Rechtsrahmens zur Anwendung von Empfehlungen erforderlich wären. Deutlich wird, welche zentraler Bedeutung der Anpassung des Plansatzes 7.2.5 des LEP Bayern 2013 zukommt.

**Tabelle 3: Übersicht der Empfehlungen**

Adressat/Empfehlung	Keine Anpassung von Rechtsnormen erforderlich	Anpassung von Rechtsnormen erforderlich
Wasserwirtschaft		
Verbesserte Abstimmung mit Raumplanung	x	
Einführung eines Aversionsfaktors	x	
Siedlungsrückzug	x	
Lastenausgleich	x	
Landes- und Regionalplanung		
Anpassung Plansatz 7.2.5		Änderung des LEP erforderlich
Aufnahme von Plansätzen zur Hochwasservorsorge in deichgeschützten Gebieten	x (nach Änderung des LEP)	
Bauleitplanung		
Bauvorsorge	x	
Vertiefte Auseinandersetzung mit Hochwasserschutz als Belang	x <sup>3</sup>	

<sup>3</sup> Nach Inkrafttreten der laufenden BauGB-Novelle zur Anpassung an die UVP-Änderungsrichtlinie (2014/52EU).

## **Wasserwirtschaft**

Insgesamt wurde in Kap. 5.2 aufgezeigt, dass die Wirksamkeit von wasserbaulichen Maßnahmen wie Verbesserung des Gebietsschutzes und Errichtung von gesteuerten Poldern für den Überlastfall entscheidend vom Grad ihrer Abstimmung mit raumplanerischer Flächen- und Bauvorsorge abhängt. Daher ist die Wasserwirtschaft gut beraten, sich bei ihren Planungen so weit wie möglich mit der Raumordnung und den Gemeinden abzustimmen. Zur Verwirklichung der Polderplanungen ist anzuraten, einen Aversionsfaktor einzuführen, der den besonderen Nutzen der Flutpolder für den Überlastfall angemessen würdigt. Zudem sollte für die Ertüchtigung von Gebietsschutzes ein Lastenausgleich mit negativ betroffenen Unterliegern erwogen werden, auch wenn derartige Maßnahmen in keinem direkten Zusammenhang mit der Flutpolderplanung stehen.

Siedlungsrückzug sollte, wie bereits in Einzelfällen geschehen, als Handlungsalternative in Fällen verfolgt werden, in denen ihr Nutzen-Kosten-Verhältnis das der von Gebietsschutzmaßnahmen deutlich übertrifft. Gleichwohl kann Siedlungsrückzug angesichts der berechtigten ökonomischen Interessen in einer prosperierenden Region wie dem bayerischen Donauraum kein Modell für den Regelfall sein. Anders mag sich die Sachlage im Bereich der linken Donauzuflüsse darstellen, die von deutlichen Bevölkerungsrückgängen gekennzeichnet sind. Eine vertiefte Abstimmung mit den Gemeinden würde hier eine Förderung von Siedlungsrückzug über die Städtebauförderung (Stadtumbaumaßnahmen) ermöglichen.

## **Landes- und Regionalplanung**

Das Doppelregelungsverbot des BayLPIG wird an dieser Stelle keiner Wertung unterzogen. In Kap. 4.1 wurde jedoch aufgezeigt, dass eine einfache Anpassung von Plansatz 7.2.5 (Berücksichtigung von HQ-extrem) des LEP Bayern 2013 weitreichende Möglichkeiten eröffnen würde, die sich bei Ergänzung um Regelungen zu kritischen Infrastrukturen noch vergrößern würden. Ohne diese Änderung ist dieser Plansatz und damit die Raumordnung in Bayern im Bereich der planerischen Hochwasservorsorge gegenwärtig weitgehend funktionslos.

Bei Umsetzung dieser Anregung könnten in den bayerischen Regionalplänen auch zeichnerische Festlegung innerhalb der deichgeschützten Gebieten getroffen werden, die eine besondere Begründungsbedürftigkeit der Aufstellung von Bauleitplänen zum Zwecke der Siedlungsentwicklung zur Folge hätten und eine hochwasserangepasste Bauweise befördern könnten. Zudem könnte aus der angeregten Anpassung von Plansatz 7.2.5 eine zusätzliche Legitimation für eine besondere Gewichtung der Nutzen der angedachten Flutpolder für den Überlastfall (HQ-extrem) darstellen und so deren Nutzen-Kosten-Bilanz sachlich zutreffender machen.

## **Bauleitplanung**

Grundsätzlich besitzen die Gemeinden in Bayern die bundesweit größten Spielräume für eine Siedlungsentwicklung in den vom HQ-extrem gefährdeten Gebieten außerhalb der fachgesetzlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete, für welche § 78 WHG greift.

In Kap. 4.2 wurde klargestellt, dass nach geltendem Bauplanungsrechts bzw. über öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Verträge dennoch eine Reihe von Möglichkeiten bestehen, hochwasserangepasstes Bauen in deichgeschützten Gebieten zu gewährleisten und dass dies in der Regel auch geboten ist, um dem Belang Hochwasservorsorge entsprechend seines objektiven Gewichts in der städtebaulichen Abwägung zu würdigen.

Zudem wurde aufgezeigt, dass mit Inkrafttreten der laufenden BauGB-Novelle, deren Notwendigkeit sich aus höherrangigem EU-Recht ergibt, zukünftig eine dezidierte Auseinandersetzung mit Hochwasserrisiken im Rahmen der Umweltprüfung nach § 1a BauGB zu erfolgen hat, was mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer Abschwächung des Anwachsens der Schadenspotenziale in deichgeschützten Gebieten führen wird, indem Bauvorsorge eine größere Bedeutung als geeignete Risikominderungsmaßnahme beigemessen wird. Zudem wird für die Entwicklung von Baugebieten in deichgeschützten Gebieten ein größerer Begründungsaufwand und damit auch Klagerisiken entstehen, wenn Gemeinden nicht begründet darlegen (können), warum die beabsichtigte Entwicklung alternativlos ist.

## 7. Literatur

Alexander, D. (2013): Critical infrastructure. In: Penuel K.B., Statler M., Hagen R. (Eds). Encyclopaedia of crisis management. Sage, Thousand Oaks, pp. 208–211.

Aon Benfield (2012): 2011 Thailand Floods Event Recap Report. Washington. [http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20120314\\_impact\\_forecasting\\_thailand\\_flood\\_event\\_recap.pdf](http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20120314_impact_forecasting_thailand_flood_event_recap.pdf) (4.9.2016).

AON Benfield (2013): Hurricane Sandy Event Recap Report, AON Benfield Corporation, London. [http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20130514\\_if\\_hurricane\\_sandy\\_event\\_recap.pdf](http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20130514_if_hurricane_sandy_event_recap.pdf) (4.9.2016).

ARGE BAU (Hrsg. 2010): Handlungsanleitung für den Einsatz rechtlicher und technischer Instrumente zum Hochwasserschutz in der Raumordnung, in der Bauleitplanung und bei der Zulassung von Einzelbauvorhaben idF der Beschlussfassung Fachkommission Städtebau vom 22. September 2010. <https://www.is-ergebaut.de/Dokumente/4232976.pdf> (25.11.2016).

Bach, C., Bouchon, S., Fekete, A., Birkmann, J., Serre, D. (2014): Adding value to critical infrastructure research and disaster risk management: the resilience concept. In: S.A.P.I.E.N.S 6.1/2013, Online since 15 July 2014. Available at <http://sapiens.revues.org/1626> (23.5.2016).

Barredo, J. I. (2009): Normalised flood losses in Europe: 1970–2006. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, pp. 97–104.

Battis, U., Moench, C., Uechtritz, M., Mattes, C., von der Groeben, C. (2015): Gutachterliche Stellungnahme zur Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie im Baugesetzbuch im Auftrag des BBSR. [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Staedtebaurecht/baugb\\_quachten\\_uvp\\_aendrl\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Staedtebaurecht/baugb_quachten_uvp_aendrl_bf.pdf) (29.2.2016).

Bayerisches Landesamt für Statistik (Hrsg. 2014): Regionalisierte Bevölkerungsvorausbe-  
rechnung für Bayern bis 2034. <https://www.statistik.bayern.de/statistik/kreise/09473.pdf>  
(3.9.2016).

Bayerischer Gemeindetag (Hrsg. 2003): Hochwasserschutz für Kommunen. Praxisratgeber. <http://www.bay-gemeindetag.de/Dox.aspx?docid=9f5030e4-ba20-4dbe-9c1d-f2dce30f58f7>  
(14.10.2016).

Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (2006): Richtlinien für die zeichnerischen Darstellungen im Regionalplan. Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie vom 10. Juli 2006. Nr. 9409 - IX/3b - 29 117/05.

Bloomberg (2011): [Thailand Investments Put Japan Inc. Directly in flood's path](#), Bloomberg 9.11.2011. Zugriff am 24.8.2016.

Boin A., McConnell, A. (2007): Preparing for critical infrastructure breakdowns: the limits of crisis management and the need for resilience, J Conting Crisis Manag 15(1), pp. 50–59.

Bovet, J. (2009): Rechtliche Steuerungsoptionen des Siedlungsflächenverbrauchs. Eine vergleichende Untersuchung zur regionalplanerischen Praxis. In: Raumplanung 142, S. 16-20.

Buhtz, M., Neitzel, M., Gerth, H., Höbel, R., Marsch, S., Eisele, B., Bosch-Lewandowski, S. (2016): Gemeinsame Evaluierung der Programme Stadtumbau Ost und Stadtumbau West. Weeber + Partner und INWIS. Berlin Juni 2016. Unveröffentlicht.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz – BABS (Hrsg. 2003): KATARISK - Katastrophen und Notlagen in der Schweiz -eine Risikobeurteilung aus der Sicht des Bevölkerungsschutzes. [http://www.babs.admin.ch/content/babs-inter-net/de/aufgabenbabs/gefaehdrisiken/studienberichte/icr\\_content/contentPar/accordion/accordionl-tems/katarisk\\_eine\\_risiko/accordionPar/downloadlist\\_1886348627/downloadItems/32\\_1461907877105.download/rbgrinfoprintde.pdf](http://www.babs.admin.ch/content/babs-inter-net/de/aufgabenbabs/gefaehdrisiken/studienberichte/icr_content/contentPar/accordion/accordionl-tems/katarisk_eine_risiko/accordionPar/downloadlist_1886348627/downloadItems/32_1461907877105.download/rbgrinfoprintde.pdf). (24.8.2016).

Bundesamt für Bevölkerungsschutz – BABS (Hrsg. 2008): Risikoaversion: Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung. Zusammenfassender Bericht. 31. Oktober 2008. [http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat\\_pdf/alle\\_2012/2006-2010/BABS\\_PLANAT\\_2008\\_-\\_Risikoaversion.pdf](http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/2006-2010/BABS_PLANAT_2008_-_Risikoaversion.pdf). (22.8.2016).

Bundesministerium des Inneren (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie) [http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2009/kritis.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2009/kritis.pdf?__blob=publicationFile) (29.8.2016)

Bundesministerium des Inneren (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement Leitfaden für Unternehmen und Behörden. [http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Leitfaden\\_Schutz-Kritis.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Leitfaden_Schutz-Kritis.pdf?__blob=publicationFile) (28.9.2016).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg. 2015): Integrierte städtebauliche Entwicklungskonzepte in der Städtebauförderung. Eine Arbeitshilfe für Kommunen. Berlin.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2016): Gefahren und Interdependenzen. <http://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Einfuehrung/Gefahren/GefahrenBBK.html> (12.9.2016).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg. 2015): Hochwasserschutzfibel. Objektschutz und bauliche Vorsorge. [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/hochwasserschutzfibel\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/hochwasserschutzfibel_bf.pdf) (24.11.2016).

Bundesinstitut für Bau,- Stadt- und Raumforschung (BBSR, Hrsg. 2011): Auf dem Weg, aber noch nicht am Ziel – Trends der Siedlungsflächenentwicklung. BBSR-Berichte KOMPAKT 10/2011. [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BerichteKompakt/2011/DL\\_10\\_2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BerichteKompakt/2011/DL_10_2011.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (22.9.2016).

Bundesinstitut für Bau,- Stadt- und Raumforschung (BBSR, Hrsg. 2012): Regionalplanerische Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. BMVBS-Online-Publikation 20/12, Oktober 2012. [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2012/DL\\_ON202012.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2012/DL_ON202012.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (29.8.2016).

Bundesinstitut für Bau,- Stadt- und Raumforschung (BBSR, Hrsg. 2015): Die Raumordnungsprognose 2035 nach dem Zensus. Bonn April 2015. [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2015/DL\\_05\\_2015.pdf;jsessionid=52B96768A017D49FB6ED7E77BE343E1F.live11293?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2015/DL_05_2015.pdf;jsessionid=52B96768A017D49FB6ED7E77BE343E1F.live11293?__blob=publicationFile&v=4) (29.8.2016).

Bundesinstitut für Bau,- Stadt- und Raumforschung (BBSR, Hrsg. 2015a): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung - Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. BBSR Sonderveröffentlichung. Bonn, April 2015.  
[http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2015/DL\\_UeberflutungHitzeVorsorge.pdf?\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2015/DL_UeberflutungHitzeVorsorge.pdf?_blob=publicationFile&v=3) (28.9.2016).

Bundesinstitut für Bau,- Stadt- und Raumforschung (BBSR, Hrsg. 2015b): 1. Zwischenbericht des BMVI/BBSR MORO-Vorhabens „Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten (Elbe 1. Phase).“ Unveröffentlicht.

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Online unter [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf) (31.8.2016)

Bundesregierung (2016): Referentenentwurf der Bundesregierung zur weiteren Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur Vereinfachung von Verfahren des Hochwasserschutzes vom 30. Mai 2016. Berlin.

Burby, R. J., Deyle, R. E., Godschalk, D. R. and Olshansky, R. B. (2000): Creating hazard resilient communities through land-use planning. In: Natural hazards review, May 2000, pp. 99-106.

Cookson, R., Davies, P. (2011): Lloyd's Asian syndicate closes to new business. Financial Times.

Cools, M., Fürst, D., Gnest, H. (2002): Parametrische Steuerung – Operationalisierte Zielvorgaben als neuer Steuerungsmodus in der Raumplanung; Frankfurt a.M.

Daniell, J., Vervaeck, A. (2012): Damaging Earthquakes Database 2011 – The Year in Review.  
<http://www.cedim.de/download/CATDATDamagingEarthquakesDatabase2011AnnualReview.pdf> (12.9.2016).

Deutsche Bahn (2014): Wettbewerbsbericht. März 2014. Berlin.

DKKV (Hrsg. 2015): Das Hochwasser im Juni 2013: Bewährungsprobe für das Hochwasserisikomanagement in Deutschland. DKKV-Schriftenreihe Nr. 53. Bonn.

European Environment Agency (Ed. 2013): Adaptation in Europe - Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments. EEA report No. 3/2013. Kopenhagen.

Europäische Kommission (2009): WEISSBUCH Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen. Brüssel, den 1.4.2009 KOM(2009) 147 entgültig.

Faßbender, K. (2012): Rechtsgutachten zu den Anforderungen an regionalplanerische Festlegungen zur Hochwasservorsorge erstattet im Auftrag des Regionalen Planungsverbands Oberes Elbtal/Ostertgebirge, Leipzig 2012.

Fekete, A. (2011): Common criteria for the assessment of critical infrastructures. International Journal of Disaster Risk Science, Vol. 2, No. 1, pp. 15-24.

Finn, D., Chandrasekhar D., Xiao, Y. (2016): Planning for resilience in the New York metro region after Hurricane Sandy. In: Greiving S., Tesliar, J., Ubaura, M. (Eds. 2016): Spatial planning and resilience following disasters – international and comparative perspectives. Policy Press. Bristol, pp. 166-135.

- Fujita, M., Nobuaki, H., Sagara, J., Adam, B. (2011): Economic impacts. Disaster risk management knowledge notes; No. 6-3. Washington DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/384311468044674425/Economic-impacts> (12.9.16).
- Glade, T. und Greiving, S. (2011): Naturgefahren und -risiken. Risikomanagement und Governance. In: Bevölkerungsschutz 2/2011, S. 13-19
- Gurenko, E. N., Zakout, W. (2008): Mitigating the Adverse Financial Effects of Natural Hazards on the Economies of South Eastern Europe. A Study of Disaster Risk Financing Options. South Eastern Europe Disaster Risk Mitigation and Adaptation Programme. February 2008. [http://siteresources.worldbank.org/FINANCIALSECTOR/Resources/InsuranceReport\\_ISDR.pdf](http://siteresources.worldbank.org/FINANCIALSECTOR/Resources/InsuranceReport_ISDR.pdf) (11.10.2016).
- Greiving, S. (2002): Räumliche Planung und Risiko. Gerling Akademie Verlag. München.
- Greiving, S. (2009): Hochwasserrisikomanagement zwischen konditional und final programmierter Steuerung. In: Jarass, H. D. (Hrsg.): Wechselwirkungen zwischen Raumplanung und Wasserwirtschaft. Beiträge zum Raumplanungsrecht 237. Lexxion-Verlag Berlin 2009, S. 124 -145.
- Greiving, S., Pratzler-Wanczura, S., Sapountzaki, K., Ferri, F., Grifoni, P., Firus, K., and Xanthopoulos, G. (2012): Linking the actors and policies throughout the disaster management cycle by „Agreement on Objectives“ – a new output-oriented management approach, Nat. doi:10.5194/nhess-12-1085-2012 Hazards Earth Syst. Sci., 12, pp. 1085-1107.
- Greiving, S., Hartz, A., Saad, S., Hurth, F., Fleischhauer, M. (2016): Developments and Drawbacks in Critical Infrastructure and Regional Planning: Developments and Drawbacks – Case Study on Region of Cologne, Germany. In: Journal of Extreme Events. (forthcoming).
- Heiland, P. (2002): Vorsorgender Hochwasserschutz durch Raumordnung, interregionale Kooperation und ökonomischen Lastenausgleich. Schriftenreihe WAR 143. Darmstadt 2002.
- Hoymann, J., Goetzke, R. (2016): Simulation and Evaluation of Urban Growth for Germany Including Climate Change Mitigation and Adaptation Measures. In: ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2016, 5, 101; doi:10.3390/ijgi5070101
- IKSR, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2001): Rhein Atlas. <http://www.iksr.org/rheinatlas/Start.pdf> (21.8.2016).
- Janssen, G., Rubel, C., Schulze, F. und Keimeyer, F. (2016): Siedlungsrückzug – Recht und Planung im Kontext von Klima- und demografischem Wandel. CLIMATE CHANGE 21/2016. Dessau.
- Katina, P.F. & Hester, P.T. (2013): Systemic determination of infrastructure criticality. International Journal of Critical Infrastructures, Vol. 9, No. 3, pp. 211-225.
- Kommunalagentur NRW (Hrsg. 2015): Praxis Leitfaden Hochwasser- und Überflutungsschutz. Ansätze für eine fachübergreifende Zusammenarbeit innerhalb der Kommunalverwaltung zum Hochwasserrisikomanagement. <https://www.kommunalagenturnrw.de/files/kua/user/downloads/Leitfaden%20Hochwasser-%20und%20%C3%9Cberflutungsschutz.pdf> (14.10.2016).
- Kron, W, Steuer, M., Low, P. and Wirtz, A. (2012): How to deal properly with a natural catastrophe database – analysis of flood losses. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, pp. 535–550.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg. 1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz - Hochwasser - Ursachen und Konsequenzen - im Auftrag der Umweltministerkonferenz, Stuttgart November 1995.

Landesgartenschau Thüringen (2015): Schmalkalden blüht auf! <http://www.landessgartenschau-schmalkalden.de/index.php?id=121>. (3.9.2015).

Lebensministerium (Hrsg. 2004): Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002. [https://iwhw.boku.ac.at/Donau/monetaere\\_analyse\\_donau\\_wp\\_donau\\_tp05.pdf](https://iwhw.boku.ac.at/Donau/monetaere_analyse_donau_wp_donau_tp05.pdf) . Zugriff am 22.8.2016

McGee, S., Frittmann, J., Ahn, S. & Murray, S. (2014): Risk Relationship and Cascading Effects in Critical Infrastructures: Implications for the Hyogo Framework (Input Paper prepared for the 2015 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction), Geneva, Switzerland, UNISDR.

Merz, B., Hall, J., Disse, M. and Schumann, A. (2010): Fluvial flood risk management in a changing world. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, pp. 509–527.

Ministerium für ein Lebenswertes Österreich (2012): Die „Jahrhundert-Flut“ 2002. [http://www.naturgefahren.at/karten/chronik/Katastrophen\\_oestr/jhdt\\_Flut\\_2002.html](http://www.naturgefahren.at/karten/chronik/Katastrophen_oestr/jhdt_Flut_2002.html) (25.11.2016).

Ministerkonferenz für Raumordnung (2013): Raumordnung und Klimawandel. Umlaufbeschluss vom 6.2.2013. [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StadtUndLand/LaendlicherRaum/mkro-handlungskonzept-klima.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StadtUndLand/LaendlicherRaum/mkro-handlungskonzept-klima.pdf?__blob=publicationFile) (20.4.2015).

Moser, M. (2016): Hochwasser und Starkregen: Ihre Risiken und Pflichten. Freiburg 8.4.2016. <http://www.suedlicher-ober-rhein.ihk.de/blob/frihk24/innovation/downloads/3321500/6f28cd4b4a5ebf08660f72e944dc9d08/Vortrag-Moser---Risiken-und-Pflichten-data.pdf> (22.8.2016).

Patt, H. und Jüppner, R. (Hrsg. 2013): Hochwasser-Handbuch. Auswirkungen und Schutz. 2. Auflage. Springer Vieweg.

Pescaroli, G., Alexander, D. (2016): Critical infrastructure, panarchies and the vulnerability paths of cascading disasters, Nat Hazards DOI 10.1007/s11069-016-2186-3.

Pohl, J. (2011): Risikovorsorge, Risikonachsorge und Raumplanung. In: Pohl, J.; Zehetmair, S. (Hrsg.) (2011): Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung. Arbeitsmaterial der Akademie für Raumforschung und Landesplanung Nr. 357. Hannover, S. 11-20.

Riegel, C. (2014): Infrastructure resilience through regional spatial planning – prospects of a new legal principle in Germany. In: International Journal of Critical Infrastructures (IJCIS), Vol. 10, No 1, pp. 17–29.

Sapountzaki, K., Wanczura, S., Casertano, G., Greiving, S., Xanthopoulos, G. and Ferrara, F. (2011): Disconnected policies and actors and the missing role of spatial planning throughout the risk management cycle. In: Natural Hazards 59, 3, pp. 1445-1474.

Schanze, J. (2006): Flood risk management – a basic framework. In: Schanze, J., Zeman, E., Marsalek, J. (Eds.): Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. Springer. Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences. Heidelberg, pp. 1-20.

- Schmitt, H. C. (2016): Klimaanpassung in der Regionalplanung. Eine deutschlandweite Analyse zum Implementationsstand klimaanpassungsrelevanter Regionalplaninhalte. In: Raumforschung und Raumordnung 74(1), S. 9-21.
- Seifert, P. (2012): Mit Sicherheit wächst der Schaden? Überlegungen zum Umgang mit Hochwasser in der räumlichen Planung. Radebeul.
- Slovic, P., Weber, E. (2002): Perception of Risk Posed by Extreme Events. Center for Decision Sciences (CDS) Working Paper Columbia University. New York.
- UN-ISDR (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. [http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai\\_Framework\\_for\\_Disaster\\_Risk\\_Reduction\\_2015-2030.pdf](http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf). (17.3.2016).
- U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (1978): Economics Guide; Washington D.C.
- Washington Post (2005): A City of Despair and Lawlessness. Online unter <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2005/09/01/AR2005090100533.html> (12.9.2016).
- Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt (2009): Merkblatt zur finanziellen Unterstützung von absiedlungentschlossenen Wohngebäudeeigentümern in Moos, Ortsteil Markt Burgheim.
- Wheater, H. and Evans, E. (2009): Land use, water management and future flood risk. In: Land Use Policy, Volume 26, Supplement 1, December 2009, pp. 251–264.
- WIFO (2002): Volkswirtschaftliche Stellungnahme zu den Schäden des Hochwassers vom August 2002. Plattform Hochwasser. Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002, ZENAR – BOKU.
- World Bank (2012): The World Bank Supports Thailand's Post-Floods Recovery Effort. World Bank. 13 December 2011. Retrieved 25 January 2012.