Bivalentes Wassermanagement:

Hochwasser-Katastrophen vermindern und Trockenperioden kompensieren

Ein Konzept zur Verminderung von immensen materiellen Schäden, Verbesserung des Wasserhaushalts, Schaffung neuer Lebensräume und zur Schonung des Klimas

von
Dr. Erich Koch, Altshausen

Erstellt: September 2007
Aktualisiert: März 2016

Hochwasser-Katastrophen verursachen Jahr für Jahr in Deutschland immense Schäden, zum Teil in Milliardenhöhe. Menschliche Fehlplanungen und Handlungen, Missachtung hydrologischer Bilanzierungen und ökologischer Sachverhalte sind oft die Ursachen für die immer gewaltiger werdenden Auswirkungen beim letztlich nicht verhinderbaren Naturereignis Hochwasser. Nicht Hochwasser, sondern die Schadenshochwasser müssen von vornherein vermieden werden. Ein praktikables, ökologisch und ökonomisch sinnvolles Konzept, diese jährlich wiederkehrenden Schadenshochwasser zu vermindern, besteht im Aufbau einer Vielzahl kleiner, vernetzter Retentionsräume zur Wasserrückhaltung in der Fläche. Angestrebt wird eine Grenzen überschreitende ***„Hochwasserschutz-Ökoallianz“.***

Wasserbau und Kulturmaßnahmen

Der Wandel zur modernen Landwirtschaft wirkte sich in allen Bereichen der Landnutzung aus, besonders aber im Wasserbau. Die großen Flusskorrekturen des 19ten Jahrhunderts dienten noch vorwiegend oder ausschließlich der Schifffahrt, später auch zur Nutzung der Wasserkraft. Die Flussbegradigung hatte praktisch keinen Einfluss auf Häufigkeit und Stärke des Hochwassers, außer dass die Flut schneller flussabwärts vorankam, dafür aber auch schneller wieder ablief. Erst die massive Eindämmung der Flüsse in ihren früher weitläufigen Auen bewirkte ein starkes Ansteigen der Hochwasser-Höhen, weil sich die Pegel-Durchfluss-Beziehungen zu Ungunsten des natürlichen Abflussgeschehens veränderten. Die einst regelmäßig, aber unvorhersehbar überschwemmten Auen, die nur als Weideland genutzt werden konnten, ließen sich jetzt durch die Damm- und Deichbauten in Ackerland und nutzbares Bauland umwandeln. Ein regelrechter Erschließungsboom setzte ein und innerhalb weniger Jahre verwandelten sich die ehemaligen Flussauen zu Siedlungs- und Industriegebieten. Diese neue Landnahme entzog den Flüssen ihre Überschwemmungsflächen. Die Seitenausdehnung der Wassermassen war durch den

Fluss- und Tal-(Auen)-Verbau massiv beeinträchtigt und ließ die Pegelstände erhöhen. Das verschärfte die Hochwasser in den am Fluss gelegenen Städten ganz erheblich, weil flussaufwärts die Rückhalteräume fehlen. Hier wurden und werden in der Bau- und Landnutzungsplanung regelmäßig Fehler gemacht mit teilweise verheerenden Auswirkungen.

Die rasante Siedlungsentwicklung seit Beginn des 20sten Jahrhunderts nutzte die durch Damm- und Deichbauten trockengelegten Flächen von ehemaligen Überschwemmungsgebieten. So hat sich die Anzahl der einem möglichen Hochwasser ausgesetzten privaten Gebäuden sowie der gewerblichen und industriellen Anlagen erheblich vergrößert. Durch die Ansiedlung des Menschen in Gewässernähe und der damit verbundenen Anhäufung von riesigen materiellen Werten sind jetzt enorme Hochwasserschäden die Folge [3, 4]. Verheerende Schäden an Privateigentum, kommunalen Gebäuden, Kulturdenkmälern, Infrastruktur und gewerblich-industriellen Einrichtungen sowie an Kultur- und Naturflächen sind zu beklagen. Durch die Wasserfluten werden Menschenleben bedroht und Arbeitsprozesse behindert. Immense Werte werden vernichtet.

Hauptursache für Hochwasser-Katastrophen

Die weitaus größeren Veränderungen im Wasser-Kulturbau erzeugte jedoch der **Ausbau der Gewässer dritter Ordnung** (kleine Flüsse, Bäche, Gräben) im Rahmen des landwirtschaftlichen Wasserbaus. Generationen von Wasserbau-Ingenieuren haben daran gearbeitet, das Wasser immer schneller aus unserem Land herauszubringen. So wurde ein Großteil der kleinen Flüsse, Bäche und sogar Rinnsale oder auch nur zeitweise Wasser führenden Gräben mit immensem Aufwand an Geld so ausgebaut, dass das Niederschlags- oder Sickerwasser schnellstmöglich ab- und in die großen Flüsse eingeleitet wird („**Beschleunigungsrinnen**“). Damit erhöhte sich die Entwässerungsgeschwindigkeit von früher 1 m/h auf heute bis zu 4000 m/h, zusätzlich bedingt durch eine verringerte Wasseraufnahme-Kapazität von Böden und Wäldern sowie eine immer noch zunehmende Flächenversiegelung durch Siedlung, Gewerbe, Industrie und Verkehr.

Dadurch laufen die Hochwasserwellen tendenziell erheblich schneller ab und bilden höhere Spitzen. Hinzu kommt oftmals ein weiteres Problem, wenn sich die Hochwasserscheitel von Nebenflüssen mit dem des Hauptflusses ungünstig überlagern, was zu einem Staueffekt mit immer dramatischeren Überschwemmungen führt. Diesen Staueffekt kann man beispielsweise jährlich in der bayrischen Donau-Stadt Passau beobachten. Denn hier fließen bekanntlich drei Flüsse aus drei Himmelsrichtungen zusammen: Donau, Inn und Ilz. Hier muss die Flut förmlich über die Ufer springen.

Die Entscheidung liegt bei uns, ob wir das Wasser in kanalisierten Rinnen möglichst schnell an die Unteranlieger weiterleiten oder den Wasser-Rückhalt in der Fläche fördern und dadurch einen Beitrag zur Eindämmung von Hochwasserschäden leisten.

Ziel der Kulturmaßnahmen war es, auf allen landwirtschaftlichen Produktionsflächen auch möglichst gleichartige Produktionsbedingungen zu schaffen. Standortnachteile sollten behoben werden. Frühere Grenzertragsflächen, deren Bewirtschaftung im Vergleich zum Aufwand kaum Erträge erwarten ließ, konnten durch die Kulturmaßnahmen in die landwirtschaftliche Produktion mit einbezogen werden [1].

Als eine der Hauptwirkungen dieser landesweiten Entwässerung der Fluren verschwanden weithin die Unterschiede in den Lebensbedingungen der Natur. Besonders groß wurden die Verluste bei den Feuchtgebieten. Moderne, von starken Motoren getriebene Maschinen ermöglichten die Entwässerung von Mooren, Feuchtwiesen und Sümpfen. Die Verlegung von Drainagerohren und das Ausbetonieren von Abzugsgräben sowie das Auskleiden mit Sohlschalen und Rasengittersteinen („Gewässer-Rennstrecken“) gehörte zum Standard des Kulturwasserbaus. Der Ausbau der Gewässer dritter Ordnung verschlang jene Summen an Steuermitteln, die dringend benötigt worden wären, die Hochwasser-Probleme bleibend zu lösen.

Auewälder wurden gerodet. In der Zeit von 1950 - 1975 verloren die mitteleuropäischen Flüsse den größten Teil der noch verbliebenen Auen. Seither gibt es durchschnittlich nur noch etwa 5 Prozent der früheren Auwaldflächen des unregulierten Zustandes [27]. Auwälder, Sümpfe und Moore gehören zu den ganz großen Verlierern in der Umgestaltung der mitteleuropäischen Landschaften [2, 21].

Ein Großteil der Hochwasser-Schäden, die Ende des 20sten Jahrhunderts und vor allem in den letzten Jahren zustande gekommen sind, beruht auf diesen Maßnahmen. Für wenige Hektar hochwasserfrei angelegter Auen, die landwirtschaftlich genutzt werden können, haben die Anwohner flussabwärts und die Steuerzahler insgesamt unverhältnismäßig hohe Schäden abbekommen. Niederschläge normaler Größenordnungen, die keineswegs über Regenmengen früherer Jahrhunderte hinausgehen, schwellen zu nicht mehr kontrollierbaren Fluten an, weil praktisch alle Rinnsale, Gräben, Bäche und Flüsse das Wasser schnellstens ableiten („Beschleunigungsrinnen“). Die eingeschnürten Flüsse können diese Fluten natürlich nicht mehr fassen. Dies wird noch zusätzlich verschärft, wenn die Hochwasserscheitel von Nebenflüssen mit dem des Hauptflusses sich ungünstig überlagern. Dieser Staueffekt führt dann zu immer dramatischeren Überschwemmungen. Damit sind Hochwasser-Katastrophen oftmals von Menschen gemachte Schadenskatastrophen.

Geht man der Frage nach, wie viele Fließgewässer es in Deutschland gibt, und hierbei nur die natürlichen Gewässersysteme berücksichtigt, wie sie in den Topographischen Karten 1: 25.000 enthalten sind, gibt es allein in Deutschland etwa 680.000 Kilometer Fließgewässerstrecken. Rechnet man die zahlreichen kleinen, künstlichen Fließgewässer wie Gräben, Kanäle usw. hinzu, kommt man auf eine Gewässerlänge von über einer Million Kilometern [17].

Dieses riesige Potenzial an unzähligen kleineren Fließgewässern mit ihren Regulierungen (= „Beschleunigungsrinnen“) bewirkt in ihrer Akkumulation der Abflussmengen und Abflussgeschwindigkeiten die eigentlichen Hochwasser-Katastrophen.

Die hohe Bedeutung gerade dieser kleinen Fließgewässer ist in der Vergangenheit ausnahmslos missachtet worden. Denn vor allem kleinere Gewässer mit einem hohen Anteil an versiegelten Flächen können sich innerhalb kurzer Zeit in reißende Flüsse verwandeln, bei denen der Wasserstand sich verzehnfacht, punktuell und bei Extremsituationen sogar mehr als verzwanzigfacht.

Anhand der so genannten „Elbeflut" vom August 2002 soll das verdeutlicht werden. Der Begriff „Elbeflut" weist in eine völlig falsche Richtung, denn im Elbetal selbst entstand nur ein Bruchteil der Schäden. Die großen Verwüstungen traten an den Zuflüssen der Elbe auf, oft an kleinen Bächen und harmlos dahin plätschernden Rinnsalen, die in kürzester Zeit zu reißenden Strömen wurden. Und hier muss stets das immense Potenzial an Kleingewässern im Bewusstsein bleiben. Denn kleine Gewässer sind quantitativ und qualitativ die „Kinderstube" der großen Bäche und Flüsse. Deshalb können diese immer nur so gut sein, wie es die vielen kleinen Gewässer im Einzugsgebiet zulassen.

So wurde die Stadt Grimma in Sachsen nicht durch die Elbe vier Meter hoch überflutet, sondern durch den Nebenfluss Mulde. Der Ort Weesenstein wurde durch das Flüsschen Müglitz regelrecht zerstört und selbst der Sturzbach durch den Dresdener Hauptbahnhof

hatte nichts mit dem Hochwasser der Elbe zu tun, sondern wurde durch die Weißeritz verursacht. Dieser Bach stand mit einem 100-jährlichen Abfluss von 350 m³/s zu Buche, der jetzt ankommende Scheitelabfluss lag bei 600 m³/s [4]. Die Weißeritz, die im Stadtgebiet Dresdens heute teilweise unterirdisch fließt, war diesen Wassermassen nicht mehr gewachsen. Das überschießende Wasser suchte seinen alten Weg - und auf diesem steht mittlerweile Dresdens Hauptbahnhof.

Das Fazit ist: **Kleine Gewässer - Große Wirkung!**

Und so ist eine der Hauptursachen für die Hochwasser-Katastrophen, dass man die im 19ten Jahrhundert begonnene Regulierung der Flüsse konsequent im 20sten Jahrhundert bis in die Quellbezirke zu Ende führte. Die davon ausgelösten Hochwasser-Katastrophen sind keine Folge einer in Gang gekommenen Klimaerwärmung, sondern hausgemachte Ergebnisse des landwirtschaftlichen Wasserbaus, dessen Verantwortung an den jeweiligen Flurstücken oder spätestens an den Grenzen des zuständigen Wasserwirtschaftsamtes endet [1]. Auch wenn in der Vergangenheit überregionale Kommissionen für Hochwasserschutzmaßnahmen gebildet wurden, so ist der Gedanke, sich um die Gemeinwesen flussabwärts zu kümmern, immer noch weitgehend fremd.

Und hier muss radikal umgedacht werden. Was der Mensch durch den Wasserbau zerstört und gefährdet hat und durch den Klimawandel verstärkt wird, wird ein Wassermangel in Europa sein. Sauberes Wasser droht zu einem knappen Gut zu werden. Auch das Grundwasser, bisher noch am saubersten, ist gefährdet: In vielen Städten reicht es zur Wasserversorgung nicht mehr aus und muss mit Oberflächenwasser künstlich angereichert werden. Deshalb muss ein neues **„hydrologisches Grundgesetz"** in die Schul- und Lehrbücher sowie in die Gewässer relevanten Gesetzeswerke eingeführt werden:

Das Wasser zurückzuhalten muss oberste Priorität haben.

Letztlich beeinflussen die kleinen Fließgewässer wesentlich die Qualität der großen und tragen durch den Rückhalt in der Fläche maßgeblich zum Hochwasserschutz bei. Wir benötigen deshalb vorbeugende und ökologisch integrative Maßnahmen als oberstes Ziel des Hochwasserschutzes und diese lauten:

So viel Wasser wie möglich, so lange wie möglich auf der Fläche zu halten.

Jeder Kubikmeter Wasser, der nicht sofort zum Abfluss kommt, entlastet beim Hochwasser und ist darüber hinaus ein Gewinn für den Natur- und Wasserhaushalt.

Jedes Mehr an natürlichem Wasserrückhalt trägt tendenziell zu einer Reduzierung der Hochwasserscheitel bei und bedeutet damit ein Mehr an Sicherheit. Jede Verbesserung des Wasserrückhalts ist daher zu befürworten.

Grundlagen der Hydrologie

Für eine realistische Lösung der gesamten Hochwasserproblematik im Binnenland gibt es nur einen Weg, nämlich die Wasserrückhaltung in der Landschaft des gesamten Einzugsgebiets eines Gewässers. Denn der Raum, den die Flüsse im unregulierten Zustand früher eingenommen hatten, ist längst anderweitig genutzt und nicht mehr wieder zurückzugewinnen.

Anhand einfacher Grundlagen der Hydrologie können Niederschlag, Wasserabfluss, Verdunstung und Wasserspeicheränderung quantitativ bewertet werden. Hierbei nimmt der Wasserabfluss in der Hydrologie eine Schlüsselstellung ein. Da die Verdunstung insgesamt für ein größeres Gebiet nicht zu erfassen ist, geht die Hydrologie von den Abflussmengen aus, die an den Fluss-Pegeln allgemein seit Beginn des 19ten Jahrhunderts gemessen werden.

Die Bilanzierung von Wasserumsätzen erfolgt auf der Grundlage des Massenerhaltungssatzes. Die **hydrologische Bilanzgleichung** lautet in ihrer einfachsten statischen Form:

$$\mathbf{N = A + V + \Delta S}$$

Die Größe **N** bedeutet den auf ein umgrenztes Gebiet (hydrologisches Einzugsgebiet) fallenden Niederschlag, **A** die Wassermenge, die ober- und unterirdisch abfließt und **V** sämtliche Arten der Verdunstung (Evapotranspiration), also die Gesamtverdunstung aus Evaporation, Interzeption und Transpiration. Die vierte Größe berücksichtigt die Wasserspeicheränderung **ΔS**. Die Wasserspeicherung kann als Eis, Schnee, Oberflächenwasser sowie unterirdisches Wasser (Boden- und Grundwasser durch Versickerung) erfolgen, aber auch in Geländehohlformen (Kubaturen).

Die Bewertung der Wasserumsätze durch Niederschlag, Abfluss, Verdunstung und Speicheränderung erfolgt als Volumen pro Flächen- und Zeiteinheit, z.B. mm/d.

Die Formel der hydrologischen Bilanzgleichung besagt, dass die Summe der Mengen aus Abfluss, Verdunstung und Speicheränderung eines hydrologischen Einzugsgebietes in einem gewählten Zeitabschnitt (z.B. monatlich) die Niederschlagsmengen ergeben. Damit spielt die Wasserbilanz eine wesentliche Rolle für die Ermittlung der Wasserspeicherkapazität von Niederschlägen in einem Einzugsgebiet.

Die hydrologische Bilanzgleichung spiegelt weiterhin in einem gewissen Grad das landschaftliche Milieu des Einzugsgebietes eines Flusses wieder. Denn Art, Intensität und Dauer des Abflusses hängen von der Morphologie des Flussgebietes, der Beschaffenheit des Bodens, des Untergrundes sowie der Vegetation ab. Damit ist der Abfluss gerade wegen seines Zusammenwirkens zahlreicher Faktoren ein hervorragender Index für die Ökologie einer Landschaft [5].

Ebenso können sich die menschlichen Eingriffe in Gestalt von Flussbegradigungen, Kanalisierungen, Eindeichung, Erhöhung der Abflussgeschwindigkeit von Bächen und Flüssen, Versiegelung der Böden, ansteigender Auenverbau und zunehmende Besiedlungsdichte signifikant, teilweise sogar entscheidend auf die Abfluss-Bilanz eines Flusses auswirken, wie durch die hydrologische Bilanzgleichung innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts beschrieben werden kann:

$$\mathbf{A = N - V - \Delta S}$$

A = Abfluss
N = Niederschlag
V = Verdunstung
ΔS = Wasserspeicheränderung

Alle Terme werden in Volumen pro Flächen- und Zeiteinheit gemessen und beziehen sich auf das hydrologische Einzugsgebiet.

Diskussion der hydrologischen Bilanzgleichung

Fall 1: Es wird eine extrem große Niederschlagsmenge **N** in einem begrenzten Einzugsgebiet und innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts angenommen. Dann ist die Abflussmenge **A** primär abhängig von der Niederschlagsmenge **N** sowie von der Verdunstung **V** und Änderung der Wasserspeicherung **ΔS**. In einer Kulturlandschaft mit geringer Wasserspeicheränderung oder einer urbanen Region mit hoher Bodenversiegelung sind die beiden Terme **V** und **ΔS** klein. Damit wird die Abflussmenge eines Gewässers im Wesentlichen durch die Niederschlagsmenge **N** bestimmt. Sintflutartige Regenfälle bedingen dann einen extremen Anstieg des Abflusses und bewirken einen schnellen Hochwasseranstieg in den Fließgewässern.

Ergebnis Fall 1: Eine Flutwelle baut sich auf. Verheerende Hochwasser-Schäden werden die Folge sein.

Fall 2: Wie im Fall 1, wird von einer extrem großen Niederschlagsmenge ausgegangen. In einer naturbelassenen Landschaft kann die Verdunstung **V** hoch sein. Durch die Anlage eines Retentionsnetzes (naturnahe Kleinrückhaltespeicher) kann die Änderung der Wasserspeicherung **ΔS** signifikant erhöht werden. Die Abflussmenge **A** eines Gewässers wird dann durch die beiden Terme Verdunstung **V** und insbesondere durch die Speicheränderung **ΔS** bestimmt. Der Aufbau einer gefährlichen Flutwelle wird vermieden. Es kommt zu einem kontinuierlichen Anstieg des Wasserpegels. Ein „normales" Hochwasser als völlig natürliche Erscheinung wird die Folge sein.

Ergebnis Fall 2: Verheerende Überflutungsschäden wie im Fall 1 werden ausbleiben oder zumindest begrenzt.

Das Resultat der hydrologischen Bilanzierung ist, dass vorbeugender Hochwasserschutz grundsätzlich machbar ist. Grundlegendes Wissen ist hierzu vorhanden [6]. Jedoch beschränkte sich der Hochwasserschutz in der Vergangenheit weitgehend auf bautechnische Maßnahmen. Integrierende Präventionsmaßnahmen wurden bislang nicht oder nur wenig realisiert. Letztlich beeinflussen die kleinen Fließwässer wesentlich die Qualität der großen und tragen durch den Rückhalt in der Fläche maßgeblich zum Hochwasserschutz bei.

Eine sehr große Zahl an Experten, Universitätsinstituten, Verbänden, Behörden, Landesämter, Bundesanstalten und Staatsregierungen, dann Komitees für Katastrophenvorsorge und die Initiativen zur Verbesserung der Hochwasservorsorge sowie zahlreiche andere Einrichtungen beschäftigen sich seit Jahrzehnten intensiv mit der Hochwasserproblematik. Viele der dort erarbeiteten Konzepte mögen richtig und wertvoll sein, doch die Tatsache bleibt, dass in den letzten 20 Jahren die Schäden durch Flutkatastrophen verheerende Ausmaße angenommen haben. Ihre Ursache, richtiger gesagt die Ursache ihrer heute zum Teil schon verheerenden ökonomischen Folgen liegen nicht allein bei einer „höheren Gewalt“, sondern in einer privaten und öffentlichen Missachtung ökologischer Tatsachen innerhalb der letzten zweihundert Jahren. Es gab auch vor rund 50 Jahren, als die Wasserwirtschaftsämter und Landesbehörden noch vielerorts in die falsche Richtung wirkten, sowohl dort als anderswo Praktiker und Wissenschaftler, die vor den heute buchstäblich hereinbrechenden Folgen einer grandios verfehlten Wasserwirtschaft warnten, weil ihnen die Zusammenhänge durch Augenschein, Erfahrung und Forschung klar vor Augen standen. Aber ökonomische Illusionen, die man heute gern als Sachzwänge ins Unabänderliche rücken möchte, waren in den Institutionen und bei den politisch Verantwortlichen mächtiger als unbequeme Urteilskraft.

Um die katastrophalen Hochwasser der vergangenen Jahrzehnte zu mindern, benötigen wir ein integrales Rückhaltekonzept, in dem Elemente des natürlichen und des technischen Rückhalts ihrer Wirkung nach optimal kombiniert werden. Dabei müssen besonders überregional wirksame Maßnahmen im Fokus stehen, die Hochwasser zurückhalten, damit den Abfluss verzögern oder Hochwasser sogar ganz dem weiteren Hochwassergeschehen entziehen.

Dieser Sachverhalt wird zum Anlass genommen, ein einfaches, praktikables, ökologisch und ökonomisch sinnvolles Konzept zu entwickeln, welches als ***eine*** mögliche Maßnahme für einen dezentralen Hochwasserschutz aus einem ganzen Bündel anderer Möglichkeiten beitragen soll, die verheerenden Hochwasser-Schäden im Binnenland möglichst zu verhindern oder zumindest deutlich mindern. Klar muss dabei auch sein, dass es einen absoluten Hochwasserschutz nicht

geben kann. **Das Ziel muss deshalb nicht die Verhinderung von Überflutungen sein, sondern die Begrenzung auf Bereiche, in denen möglichst wenig Schäden angerichtet werden. Das sind Überschwemmungsgebiete mit ihrer Fähigkeit, Überflutungen zurückzuhalten und das Abflussverhalten zu regeln.**

Die Konzept-Idee: Hochwasser-Katastrophen vermindern, den Wasserhaushalt verbessern, Boden, Klima und Natur schützen

1. **Das Niederschlagwasser muss von Anfang an und unmittelbar im Einzugsgebiet unter optimaler Nutzung aller natürlichen Speicher-möglichkeiten zurückgehalten werden [6, 23].**

2. Natürliche Speicher sind Waldungen, Moore, Seen, Tümpel, Weiher, Senken, Überschwemmungsgebiete und allgemein Auen.

3. **Das *„Kubaturen-Modell“***: Drainage- und Wassergräben, welche bislang üblicherweise mit einem Gefälle zum Vorfluter hin verlaufen, erhalten ein „negatives“ Gefälle. Sie werden zur **Senke** ausgebildet, um die Wasserspeicherkapazität gegenüber einem konventionellen Drainagegraben signifikant zu erhöhen. Die Sohle eines solchen Grabens, hier **Grabenspeicher** genannt, liegt damit grundsätzlich tiefer als die Sohle des Vorfluters. Die Absenkung im Grabenspeicher soll bei > 0,2 % Gefälle gegenüber der Bachsohle (= Vorfluter) liegen, bei geeigneten hydrotopographischen oder geomorphologischen Verhältnissen auch mehr (> 1 m).

4. Jeder bisherige Drainagegraben oder jedes Rinnsal soll reaktiviert und als Ent-lastungsgraben (= Grabenspeicher) ausgebildet werden, um eine Kappung von Hochwasserspitzen im Vorfluter (= Bach, Fluss) zu erreichen [6, 20].

5. Ebenso sollen Geländehohlformen (Kubaturen) wie Mulden, Senken, Nasswiesen, Rigolen, Tümpel und Weiher, welche durch Schaffung eines Gerinnes mit dem Hauptgewässer auf kurzer Länge verbunden werden müssen, für natürliche Flutungen benutzt werden. Die Flutwelle im Fließgewässer wird in die Breite abgeleitet („**Hochwasser zu Breitwasser!**“) und damit eine Vorsorge gegen Hochwasserentstehung geschaffen.

6. Durch die vorstehend beschriebenen Maßnahmen wird ein breitflächiges Retentionsnetz aufgebaut, um den überwiegenden Teil der Hochwasserwelle im Retentionsnetz selbst zu speichern und um die Spitze des Hochwassers im Vorfluter nachhaltig und weiträumig zu kappen. Denn den größten Schaden verursacht die erhöhte Anstiegsgeschwindigkeit.

7. **Eine hydraulische Vernetzung der Speicherräume (Kubaturen) mit dem Vorfluter muss gegeben sein,** was einen perenniernden Austausch mit dem Fließgewässer bedeutet. Hiermit wird eine natürliche Wasserspeicherung im Gewässersystem selbst erreicht (= hydraulische Retention).

8. Die Grabenlängen können bis zu mehreren hundert Metern betragen, bestimmt durch die hydrotopographischen oder geomorphologischen Verhältnisse.

9. Es ist notwendig, dezentrale Maßnahmen gewässer- und einzugsspezifisch zu untersuchen und für das jeweilige Einzugsgebiet das größte Potenzial an dezentralem Rückhalt durch entsprechende Maßnahmenkombinationen zu ermitteln. Durch die Kombination vieler kleiner Maßnahmen lassen sich oft große Schäden abwenden (Beispiele: Gründung eines *nationales Bachprogrammes*, Reaktivierung von Geländehohlformen als Retentionspotenzial).

10. Die teilweise Entleerung dieser Rückhalteräume erfolgt, wenn wieder ausreichende Kapazität zur Wasseraufnahme im Vorfluter gegeben ist. Das System kann mit einer **„Wasserschaukel“** verglichen werden. Das Retentionsnetz wirkt als stabilisierender Faktor für den Landschaftswasserhaushalt bis hin zur Milderung der Austrocknung von Bächen und Flüssen [25]. Folgt man den Voraussagen der Klimaforschung, so muss man von einer signifikanten Änderung der Niederschlagscharakteristiken in Deutschland ausgehen. Demnach wird es nicht nur zu einer Häufung und Verstärkung der Hochwasserabflüsse kommen, sondern in bestimmten Regionen auch zu einer **Intensivierung und Verlängerung der Trockenperioden**. Deshalb muss man sich schon jetzt damit befassen, wie man solche Klima-Szenarien mit weiterführenden Maßnahmen wenigstens teilweise kompensieren kann. Es ist daher an die verantwortlichen Institutionen die Aufforderung gerichtet, sich diesem heraufziehenden Problem und dessen Problemlösungen zuzuwenden. Lösungsansätze werden beispielsweise mit dieser Expertise gegeben. Somit besteht kein Erkenntnisdefizit, sondern ein Umsetzungsdefizit, weil die notwendige staatliche Unterstützung und Begleitung der Landwirtschaft in der Vergangenheit ausgeblieben ist.

11. Abflussfördernde Maßnahmen sind grundsätzlich zu vermeiden, um eine möglichst maximale Speicherung des Hochwassers im Retentionsnetz zu erreichen. Dadurch wird der Wasserabfluss durch **„Hochwasserbremsen“ zeitlich entzerrt**. Dies erfolgt durch einen ingenieurbiologischen Uferbau mit **Drosselfunktionen**.

12. Die gezielte Speicherung des Hochwassers soll der Wasserwirtschaft zur **Grundwasseranreicherung** dienen (Infiltration).

13. Der Grabenspeicher stellt eine bachähnliche Verbindung zwischen Fließgewässer und den anderen natürlichen oder naturnahen Geländehohlformen

(Kubaturen) her. Die **biologische Durchgängigkeit** für Gewässerorganismen ist gewährleistet. Sie bildet eine wesentliche Grundlage für ein funktionsfähiges Gewässersystem.

14. Die Vielfalt an Pflanzen und Tieren wird durch den Aufbau eines Retentionsnetzes erheblich zunehmen. Stehende Kleingewässer, wie Tümpel und krautreiche Gräben, sind Heimat und Lebensgrundlage für weit über 1.000 Tierarten, besonders Fische, Vögel, Amphibien (z.B. Frösche, Kröten, Molche), darunter viele Kleintiere, und für über 200 Pflanzenarten. Damit werden die Ziele des Natur- und Landschaftsschutzes unterstützt. Insbesondere durch die Gewährleistung einer Biotopvernetzung (longitudinale und laterale Verbindungen) sowohl innerhalb der jeweiligen, hydrologisch oft sehr abgegrenzten Gebiete, als auch an das angrenzende Fließgewässer.

15. Die Wiederherstellung natürlicher Wasserverhältnisse in verschiedenen grundwasserbeeinflussten Ökosystemen wird gefördert und ein Beitrag zur Verringerung der Auswaschungsverluste von Nährstoffen in die Fließgewässer geleistet [25]. **Allgemein wirkt das *Kubaturen-Modell* integrativ für die Bereiche Hochwasserschutz, Gewässerschutz, Dürreschutz, Bodenschutz, Klimaschutz und Naturschutz.**

16. **Soziale Verantwortung** hinsichtlich Hochwasserschäden muss gegenüber den Anwohnern **flussabwärts** geleistet werden. Schadenshochwässer zu vermeiden gebietet die Menschlichkeit. Das *„Hydrologische Sankt-Florian-Prinzip“* muss verboten und dafür ein „***nationales Bachprogramm“*** gegründet sowie eine Grenzen überschreitende ***„Hochwasserschutz-Ökoallianz“*** angestrebt werden. Dies kann mit relativ kleinflächigen Maßnahmen erzielt werden. Letztendlich ist die Vermeidung der beste Hochwasserschutz.

17. „Hochwasserschutz – Dürreschutz – Bodenschutz – Klimaschutz – Naturschutz und Gewässerschutz“ bilden in der ganzheitlichen Betrachtung der Wasserwirtschaft eine untrennbare Einheit.

Die hydrologische Wirkung des Kubaturen-Modells

Die hydrologische Wirkung des *Kubaturen-Modells („Raum statt Fläche")* ist der eines **ungesteuerten** Retentionsspeichers und einer **Wasserrückhaltung im Gewässersystem selbst**. Das *Kubaturen-Modell* beeinflusst die Abflussbildung, Abflusskonzentration und den Wellenablauf und ist entfernt vergleichbar mit einem ungesteuerten Hochwasser- Rückhaltebecken. Es werden vorhandene Landschaftselemente durch eine hydraulische Vernetzung zum dezentralen Hochwasserrückhalt genutzt (= **hydraulische Retention**).

Die **Verlängerung des Fließweges** durch die hydraulische Vernetzung der verschiedenen Geländehohlformen (Kubaturen) bewirkt eine **Verzögerung der Abflusskonzentration.** Die Laufverlängerung bedingt eine **Laufzeitverlängerung**. Dadurch wird die **Fließgeschwindigkeit** in den Gerinnen, den Bach- und Flussabschnitten deutlich reduziert. Ebenso kann auch eine gezielte Strukturänderung der Bachsohle und der Uferrandstreifen als auch der Vorländer (land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen) zu einer Laufzeitverlängerung beitragen. Es werden unmittelbar die Schäden entlang der Gerinnen und die Abflusskonzentration vermindert.

Das Ziel muss sein, bisherige Drainagegräben und Rinnsale zu reaktivieren und sie als Grabenspeicher auszubauen, um möglichst ein Maximum an Rückhaltevolumen, so genannten Retentionsräumen, zu erreichen. Auch andere Geländehohlformen (Kubaturen) wie **Mulden, Senken, Nasswiesen, Tümpel, Rigolen, Sölle, Schlatts, Teiche** und **Weiher**, welche mit dem Vorfluter **vernetzt** sein müssen, können für eine natürliche Speicherung des Niederschlagswassers genutzt werden. Durch die vorstehend beschriebenen Maßnahmen wird ein breitflächiges Retentionsnetz an Kubaturen (u.a. Muldenspeicher) aufgebaut, um einen Großteil der Niederschläge und des Hochwassers bereits am Beginn der Abflussbildung zu speichern sowie den Abfluss zu verzögern. Diesem **Senken-Potenzial**, also der Menge an Wasser, die solange zurückgehalten werden kann, bis das Hochwasser abgeklungen ist, gilt besonderes Interesse. Mithilfe des Geografischen Informationssystem (GIS) und eines Expertensystems können Potenzialkarten von Flächen mit unterschiedlichen Rückhalte- bzw. Verzögerungspotenzialen erarbeitet und dargestellt werden. Anhand dieser modernen Mess- und Erfassungstechnik kann der theoretisch mögliche Wasserrückhalt berechnet werden (Nutzung vorhandener Landschaftselemente zum dezentralen Hochwasserrückhalt).

Die **hydrologische Vernetzung** der Speicherräume (Kubaturen) bewirkt einen permanenten Kontakt mit dem Fließgewässer. Die teilweise Entleerung dieser Rückhalteräume erfolgt, wenn wieder ausreichend Kapazität zur Wasseraufnahme im Vorfluter gegeben ist. Dann wirken die Grabenspeicher als **Wasserspender** bis hin zur Milderung der Austrocknung von Bächen und Flüssen in Trockenzeiten. Aufgrund der Klimaerwärmung wird die Häufung und Verlängerung von Trockenperioden zunehmen und damit die Wahrscheinlichkeit von

Niedrigstwasserständen. Dies ist der Grund, weshalb das Kubaturen-Modell auch wie folgt bezeichnet wird:

„**Dy**namische **W**asserstandsregulierung über wechselseitige **A**bleitung und **S**peicherung von Niederschlagswasser“, kurz **DyW+A+S** genannt.

Es gibt leider nur wenige Beispiele dafür, dass wirtschaftliche Interessen und Naturschutzbemühungen erfolgreich und sinnvoll aufeinander abgestimmt werden können. Das *Kubaturen-Modell* wäre ein solches positive Beispiel.

Drosseln als wertvolle Bausteine für das Kubaturen-Modell

Um ein frühzeitiges Ausufern des Fließgewässers bei Hochwasser in die Grabenspeicher zu ermöglichen, wurden schmale **Gehölzstreifen als Drosseln** in die Uferböschung des Fließgewässers gepflanzt. Als vorherrschende Holzart verwendete man die Schwarz- oder Roterle (*Alnus glutinosa*) sowie einige Baumweiden wie Bruchweide (*Salix fragilis*), Fahlweide (*Salix rubens*) und Silberweide (*Salix alba*). Auf reicheren Böden eignen sich als Ufergehölze die Esche (*Fraxinus excelsior*) und Traubenkirsche (*Prunus padus*). Zu ihnen gesellen sich Sträucher wie Hasel (*Corylus avellana),* Pfaffenhütchen (*Euonymus europaeus*), Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum*) und Bluthartriegel (*Cornus guinea*).

Durch den ingenieurbiologischen Uferverbau wurde ein natürliches Profil mit Drosselfunktion in das Fließgewässer eingebaut, um ein Gleichgewicht zwischen dem Abfluss im Fließgewässer und der Wasserspeicherung im Retentionsnetz herzustellen. Sobald der Wasserstand über die Mittelwasserlinie hinaus ansteigt, wird das Fließgewässer eingestaut und die Retentionsräume (Grabenspeicher) in der Aue aktiviert. Die hydrologische Wirkung ist damit vergleichbar der eines ungesteuerten Hochwasserrückhaltebeckens, jedoch ein äußerst kostengünstiges Ausführungsmodell und insbesondere naturnah. So ist beispielsweise bei dem hier vorgestellten Retentionssystem die Durchgängigkeit für Fische und Wirbellose ins Fließwässer stets gewährleistet.

Als Drosseln eignen sich beispielsweise je nach örtlicher Gegebenheit auch Flussbausteine, Störsteine und Steinbuhnen, ebenso Weidengeflechte oder schräg zum Ufer installierte Pfahlbuhnen sowie auch nur aus wenigen Pfählen bestehende senkrecht zum Ufer eingeschlagene Pfahlreihen.

Ein Modell für die Bundesrepublik Deutschland

Es wird nachdrücklich betont, dass es sich bei der folgenden Beschreibung um ein exemplarisches Denkmodell für die Bundesrepublik Deutschland handelt, welches dann vor Ort an die Realität angepasst werden muss.

1. Es werden 2 % der Landschaftsfläche benötigt für die Anlage von Flut- und Wassergräben, welche mit dem Vorfluter verbunden sein müssen. Auf zahlreichen landwirtschaftlichen Flächen sind bereits Drainagegräben vorhanden, teilweise auch in Waldstandorten, jedoch mit einem Gefälle zum Vorfluter ausgebildet und nicht als Senke ausgelegt. Diese bereits vorhandenen Drainagegräben beanspruchen in der Regel ca. 1 bis 2 % der land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen und können mit einfachen technischen Mitteln zu Senken (= Flutgräben) ausgebaut werden.
2. Auf jeden Hektar Landschaftsfläche kommt ein als **Senke** angelegter Wassergraben. Als Grabenprofil hat sich die Trapezform bewährt. Die Grabenbreite an der Grabenkrone beträgt mindestens 2 m, an der Grabensohle 1 m, die Grabenlänge 100 m. Bei Hochwasser von 1 m über Normalnull sollen in dem Flutgraben mindestens 150 m³ Niederschlagwasser gespeichert werden.
3. Pro Quadratkilometer Einzugsfläche existiert 1 Vorfluter mit einer Länge von 1 km und einer Kronenbreite von 3 m.
4. Es können hiermit mindestens 18.000 m³ Niederschlagwasser auf einen Quadratkilometer unmittelbar gespeichert werden.

Fallbeispiel A: Extremsituation

1. Es ereignen sich sintflutartige Regenfälle mit einer Niederschlagmenge von 50 mm (= 50 l / m²) innerhalb einer Stunde (konvektiver Niederschlag).
2. Pro Quadratkilometer entspricht dies einer Wassermenge von 50.000 m³.
3. Für das Fallbeispiel wird eine Rückhaltequote von 40 % durch Boden und Vegetation sowie Interzeption und Versickerung angenommen. Damit müssen 30.000 m³ Wassermenge auf einer Fläche von 1 km² berücksichtigt werden.
4. Das aufgebaute Retentionsnetz besitzt eine Speicherkapazität von 18.000 m³. Beträgt die Abflussgeschwindigkeit des Vorfluters ca. 4 km/h, so kann innerhalb einer Stunde die extreme Wassermenge von ca. 30.000 m³ im Retentionsnetz aufgenommen werden.

Ergebnis: Eine Hochwasser-Katastrophe wird durch das Retentionsnetz vermieden.

Fallbeispiel B: Normalsituation

1. Es sollen sich wie im Fallbeispiel **A** starke Regenfälle ereignen mit einer Niederschlagsmenge von 50 mm (= 50 l/m²). Die Niederschlagmenge soll sich jedoch nicht spontan über die Fläche wie im Fallbeispiel A ausgießen, was weitgehend unrealistisch ist, sondern zeitlich entzerrt sein.

2. Die Speicherkapazität des Retentionsnetzes soll um 30 % auf 12.000 m³ vermindert werden. Ebenso soll die Abfluss-Geschwindigkeit im Vorfluter um 50 Prozent auf 2 km/h reduziert sein. Einen Rückhalt durch anderweitige Speichermedien sowie Interzeption und Versickerung soll in diesem Fallbeispiel nicht vorhanden sein.
3. Fällt die Niederschlagmenge von 50 mm über einen Zeitraum von 6 Stunden, was der Realität oftmals näher kommt, so kann die gesamte Niederschlagsmenge von etwa 50.000 m³ teilweise sicher abgeleitet und andererseits im Retentionsnetz gespeichert werden.
4. Extreme Niederschläge in Höhe von 50 mm und mehr und dies innerhalb von 6 Stunden kommen in Deutschland vor, jedoch eher selten.

Ergebnis: Die beiden Fallbeispiele zeigen, dass Hochwasser-Katastrophen durch ein entsprechendes Retentionsnetz vermieden oder zumindest deutlich gemindert werden können.
Ein Hochwasser infolge lokaler Starkniederschläge mit hoher Intensität erreicht in Minuten bis wenigen Stunden seinen Abflussscheitel und klingt meist ebenso schnell wieder ab.

Physikalische Grundlagen für das Retentionsnetz

1. Gesetz der kommunizierenden Gefäße:

In allen kommunizierenden Gefäßen (vernetzte Gefäße) liegen alle Oberflächen einer ruhenden Flüssigkeit in einer waagrechten Ebene.

Für das Konzept des Retentionsnetzes bedeutet dies, dass alle natürlichen und künstlichen Wasserspeicher wie Mulden, Senken, Tümpel, Weiher, Teiche, Rinnsale u.ä.m. durch ein **vernetztes Grabensystem** mit dem Vorfluter verbunden sein müssen. Dann ist der Wasserspiegel im gesamten Retentionsnetz gleich hoch. Hiermit wird eine natürliche Wasserspeicherung im Gewässersystem selbst erreicht.

2. Gesetz von der Erhaltung der Energie:

Dieses physikalische Gesetz ist ein allgemein gültiges, grundlegendes Naturgesetz, nach dem bei einem physikalischen Vorgang Energie weder erzeugt noch vernichtet, sondern lediglich in eine andere umgewandelt werden kann.

Als Folgerung des Energiesatzes ergibt sich die Unmöglichkeit, ein Perpetuum mobile 1. Art zu konstruieren.

Für das Konzept des Retentionsnetzes bedeutet das, dass eine Hochwasserwelle, ohne Energiezufuhr von außen, sich nicht vergrößern kann. Dieser Sachverhalt ist entscheidend, weil bei dem hier vorgestellten Projekt des Retentionsnetzes

grundsätzlich dem System des Vorfluters keine zusätzliche Energie von außen, z.B. durch einen Nebenfluss (kinetische und potentielle Energie) zugeführt wird.

3. **Potentielle und kinetische Energie:** Eine Flutwelle kann physikalisch als ein Energie-System betrachtet werden, welches sich aus potentieller Energie (E_{pot}) und kinetischer Energie (E_{kin}) zur Gesamtenergie (E_{ges}) zusammensetzt.

Potentielle und kinetische Energie werden in der Physik unter dem Begriff mechanische Energie zusammengefasst.

$$\mathbf{E_{ges} = E_{pot} + E_{kin} = g \cdot m_t \cdot h_o + \tfrac{1}{2} \cdot m_t \cdot v_o^2}$$

g = Erdbeschleunigung 9,8 m/sec²
m_t = träge Masse in kg
h_o = Höhe der Flutwelle im Vorfluter über Normalnull in m
v_o = Geschwindigkeit der Flutwelle im Vorfluter in m/sec

Bei dem Modell wird ein Differenzbetrag der potentiellen Energie des Vorfluters **dE_{pot} (Vorfluter)** in kinetische Energie umgewandelt:

dE_{pot} (Vorfluter) = $g \cdot m_t \cdot (h_o - h) = \tfrac{1}{2} \cdot m_t \cdot v^2$ (Retentionsnetz)

potentielle Energie im Vorfluter = kinetische Energie im Retentionsnetz

h = Höhe in m im Retentionsnetz nach Passage der Flutwelle
v = Geschwindigkeit in m/sec der trägen Masse im Retentionsnetz

Die obige Formel beschreibt das kontinuierliche Zusammenbrechen der Flutwelle und die Ausbreitung der Wassermassen ins Retentionsnetz.
Wird $h = h_o$, existiert keine Flutwelle mehr. Es besteht ein Gleichgewicht der Wasseroberfläche im Vorfluter und im Retentionsnetz.

Technische Realisierung

1. Auf eine Einzugsfläche von 100 km² muss **im Mittel** ein Retentionsvolumen (z.B. Grabenspeicher, Senke, Mulde, Tümpel, Teich, Stausee u.ä.m.) von ca. 150 m³ pro Hektar bestehen.
2. Die Retentionsvolumina müssen mit dem Vorfluter vernetzt sein.
3. Die Fläche der Bundesrepublik Deutschland umfasst 357.092 km². Davon sind 8.279 km² Wasserfläche , 47.226 km² Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie 105.314 km² Waldfläche. Die freie Landschaftsfläche beträgt damit 196.273 km². Für die Retentionsflächen, gebildet aus Wald- und Landschaftsflächen, (= 301.587 km²) wird ein Bedarf von 2 % benötigt. Das sind 6.032 km² . In einem großen Teil dieser Flächen bestehen bereits

Drainage- und Wassergräben, welche jedoch mit einem Gefälle und nicht als Senke ausgebaut sind. Weiterhin sind zahlreiche Flächen mit einem natürlichen Speicherpotenzial ebenso vorhanden, wie z.B. Tümpel, Senken, Mulden, Sölle u.a., allerdings ohne mit einem Vorfluter vernetzt zu sein.

4. Etwa alle 20 bis 30 Jahre muss das Retentionsnetz entschlammt werden.
5. Die technische Realisierung der hier vorgestellten Projekt-Idee ist aufgrund geologischer, **orohydrographischer**, geobotanischer, hydrologischer und anderer Gegebenheit **nicht in jeder Region möglich.**
6. Die Retentionswirkung von Kleinrückhaltespeicher hängt entscheidend vom Volumen der jeweiligen Standorte **und** vom Volumen des betrachteten Hochwassers ab. Entscheidend ist die Summe des Volumens der Einzelstandorte.
7. Als überregionale Maßnahme zur Verbesserung des Hochwasserschutzes in Flussgebieten ist das Kubaturen-Modell eher ungeeignet.

Ein Realisierungsgrad von > 80 % in Kopf-Einzugsgebieten von Gewässern in nicht prädestinierten Regionen kann dann erreicht werden, wenn entsprechend angepasste anderweitige dezentrale Maßnahmen und Techniken ergriffen werden. So können in Hochgebirgsregionen Wildbachverbauungen vorgenommen werden, in Gebieten mit z.B. Granit- und Gneisformationen kann sich der Bau von mehreren, hintereinander geschalteten Rückhaltebecken bewähren. In Steillagen kann ein serpentinenartig geführter Bachverlauf mit einem möglichst parallelen Verlauf der Bachbettsequenzen quer zum Hang angelegt werden. Entscheidend in jedem Fall ist es, den Wasserabfluss zu verzögern und **alle** Möglichkeiten der Wasserrückhaltung auszunutzen. Und davon gibt es ein ganzes Bündel, deren Einzelmaßnahmen dem Gelände spezifisch angepasst werden müssen.
Ein nahezu universell anwendbares Verfahren zur Wasserrückhaltung wäre der Bau von Stauseen-Ketten mit entsprechend **großen Flutungskapazitäten**. Die Durchgängigkeit der Fließgewässer wird bei solchen Stau-Anlagen zu einem Problem. Weiterhin liegen die Baukosten um das 3 bis 5-fache höher im Vergleich zur Anlage eines kleinmaschigen Retentionsnetzes mit bereits vorhandenen natürlichen oder naturnahen Speichermöglichkeiten.
Deshalb ist es notwendig, **dezentrale Maßnahmen** gewässer- und einzugsgebietsspezifisch zu untersuchen und für das jeweilige Einzugsgebiet das größte Potential an dezentralem Rückhalt durch entsprechende Maßnahmenkombinationen zu ermitteln [20, 25]. **Durch die Kombination vieler kleiner Maßnahmen lassen sich oft große Schäden abwenden.**
Um einen möglichst effektiven Hochwasserschutz zu gewährleisten, ist die Verteilung der Maßnahmen über das gesamte Einzugsgebiet notwendig (= **dezentraler Hochwasserschutz**).
Gerade diese Summeneffekte sind für das hohe Retentionspotenzial dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen von großer Bedeutung. Denn jeder Kubikmeter Wasser, der nicht sofort zum Abfluss kommt, entlastet beim Hochwasser und ist darüber hinaus ein Gewinn für den Wasserhaushalt [22, 23].

Die wirkungsvollste Möglichkeit, Hochwasserschäden zu begrenzen oder gar gänzlich zu vermeiden, ist der Rückhalt der Hochwasserspitzen bereits im Oberlauf eines Fließgewässers durch eine optimale Nutzung aller natürlichen

oder naturnahen Speichermöglichkeiten, welche dem Gelände angepasst sein müssen. Das heißt, der hochwasserwirksame Abfluss wird schon am Entstehungsort zurückgehalten. Beispiele hierfür sind die natürliche Wasserspeicherung im Gewässersystem selbst (Kubaturen-Modell) sowie in Auen oder die Reaktivierung und Ausweitung von Feuchtgebieten. Kurzum, es gibt ein Bündel unterschiedlicher Rückhaltemaßnahmen, deren jeweilige Wirkungsweisen und Wirkungsspektren ebenso vielschichtig sind und sich gegenseitig ergänzen. Die Maßnahmen müssen jedoch ökologisch vertretbar sein und sie sollen durch eine naturnahe Konstruktion in das Landschaftsbild eingebaut werden (= **integrierter Hochwasserschutz**). Dies wird am besten erreicht, wenn beispielsweise schon Geländehohlformen (Kubaturen) oder Hindernisse vorhanden sind, die für eine Retention genutzt werden können. Neben der Integration der Maßnahmen in das Landschaftsbild, soll auch eine Integration in andere Nutzungsformen gegeben sein, das heißt, dass die für den Rückhalt ausgesuchten Flächen weiterhin ihrer bisherigen Nutzung zur Verfügung stehen oder aber multifunktional, wie zum Beispiel mit dem Naturschutz kombiniert, genutzt werden können. Außerdem soll der dezentrale Hochwasserschutz in einen gesamtheitlichen Planungsprozess, wie in Flurneuordnungsverfahren, integriert werden. Die Grundlage der Konzeption liegt in der Verstärkung bzw. Wiederherstellung der (quasi-)natürlichen Rückhaltemechanismen in der Landschaft. So kommt der Landwirtschaft als größtem Flächennutzer bei der Verbesserung des Wasserrückhalts eine Schlüsselrolle zu. Die ländliche Entwicklung kann mit vielen kleinen, im Raum verteilten Maßnahmen des dezentralen Hochwasserschutzes dazu beitragen, örtlich für die Sicherheit von Mensch und Sachgütern sowie zum Erhalt der Böden zu sorgen.

Das Ziel muss daher nicht die Verhinderung von Überflutungen sein, sondern die Begrenzung auf natürliche oder naturnahe Bereiche, in denen möglichst keine Schäden angerichtet werden, sondern eher von Nutzen sind. Einen absoluten Schutz des Menschen vor Hochwasser kann es nicht geben.

Die vorliegende Expertise möchte aufzeigen, wie mit relativ kleinflächigen und technisch einfach durchzuführenden Maßnahmen eine hohe Wirkung für die Gebiete *„Gewässerschutz – Hochwasserschutz – Dürreschutz - Bodenschutz – Klimaschutz und Naturschutz“* erzielt werden kann.

Gewässer- und Bodenschutz

Die Probleme des Boden- und Wasserhaushalts in intensiv genutzten Landschaftsräumen sind akut. Deshalb muss die Sanierung des landschaftlichen Wasser- und Stoffhaushalts ein zentrales ökologisches Thema der Gegenwart und Zukunft sein. Denn Bodenschutz und Gewässerschutz bilden in der ganzheitlichen Betrachtung eine untrennbare Einheit. Die Arbeitsschwerpunkte im Zusammenhang mit den Bodenthemen müssen alle Fragen der Bodennutzung, von urbanen Nutzungen, über Land- und Forstwirtschaft bis hin zu den naturschutzfachlichen Nutzungen des Bodens umfassen.

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung werden insbesondere die diffusen Stoffströme im System Boden – Pflanze, Boden/Bodennutzung und Bodenerosion betrachtet. In allen Themenfeldern müssen wir den Boden sowohl als **Stoffquelle, als auch als Puffer- und Speichersystem, sowie als ein eigenes Schutzgut betrachtet werden.**

Die Anwendung des „Kubaturen-Modells“ wird die Verbesserung eines funktionierenden Boden- und Wasserhaushalts sein. Und ganz nebenbei, quasi als Nebeneffekt werden zahlreiche Mikrobiotope entstehen. Dies bedeutet, dass der Arten- und Biotopschutz durch die Sanierungsmaßnahmen gestärkt wird. Artenvielfalt (Diversität) und Individuendichte (Abundanz) sowie die Strukturvielfalt werden zunehmen.

Klimawandel

Angesichts der Klimaerwärmung und der erwarteten Zunahme extremer Wetterereignisse ist eine Anpassung an diese Entwicklungen dringend erforderlich. Denn die Klimaerwärmung ist die treibende Kraft bei extremen Wetterphänomenen: Hitze, Dürre, Starkniederschläge.
Der Witterungsverlauf in den letzten Jahrzehnten hat es immer wieder gezeigt: Der Klimawandel – mit längeren Trockenperioden, aber auch Intensivregen - ist kein fernes Zukunftsszenario mehr, sondern ist Realität geworden. Dies stellt die Land- und Forstwirtschaft, den Garten- und Sonderkulturbau vor neue Herausforderungen. Speicherfähige Böden und rückhaltfähige Landschaften sowie der Aufbau einer Vielzahl kleiner vernetzter Retentionsräume sind entscheidende Faktoren, um extreme Witterungsereignisse zu dämpfen. Sie vermindern bei Starkregen den Abfluss und speichern das Wasser für Trockenzeiten.

Kostenkalkulation

1. Bezogen auf 1 km² werden 2 Hektar Fläche für das Retentionsnetz benötigt. Das Retentionsnetz entspricht einer Länge von 10 km pro Quadratkilometer.
2. Die Kosten für das Anlegen der Speichergräben liegen bei durchschnittlich ca. 4 Euro pro lfd. Meter (überwiegend Bagger-Arbeiten), für 1 km² ergeben sich Kosten von ca. 40.000 Euro.
3. Hochgerechnet auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland würden die einmaligen Gestehungskosten bei ca. 12 Milliarden Euro liegen.
4. Da eine Entschlammung des Retentionsnetzes im Mittel nur alle 30 bis 50 Jahre durchgeführt werden muss, reduzieren sich die gemittelten Kosten auf ca. 0,3 Milliarden Euro jährlich für die gesamte Bundesrepublik Deutschland.

Den Kosten von ca. 0,3 Milliarden Euro jährlich für die Errichtung und Unterhaltung eines Retentionsnetzes zur Vermeidung von Hochwasser-Katastrophen müssen die jetzigen laufenden Kosten in Höhe von jährlich > 1 Milliarde Euro aus staatlichen Mitteln gegenüber gestellt werden.
Diese jährlichen Kosten von mehr als 1 Milliarde Euro fließen zu einem großen Teil den Flurbereinigungsbehörden zu, um vorhandene Wasser- und Drainagegräben zu verfüllen sowie Flurgehölze, Brachland- und Feldgehölzinseln zu roden, damit größere Flächeneinheiten für landwirtschaftliche Großbetriebe geschaffen werden. Die Flurbereinigung dient primär dem Ziel, im Interesse der Landwirtschaft möglichst hohe Ertragssteigerungen zu erzielen. Deshalb strebt die Flurbereinigung an, das Oberflächenwasser möglichst rasch in Kanäle und andere Vorfluter abzuleiten.

Ähnliche Maßnahmen werden auch von den Wasserverbänden, Straßenbauämtern, Land- und Forstwirten sowie Bauherren durchgeführt, um anfallendes Regenwasser möglichst rasch in den nächsten Vorfluter und diesen in die Täler abzuleiten. Um die Strömung der Bäche und Flüsse zu beschleunigen, werden Bachbette tiefer gelegt und begradigt (sog. „Gewässer-Rennstrecken“). Uferbewuchs als natürliche Hochwasserbremse erscheint als unnötiges Hindernis und fällt den Ausbaumaßnahmen zum Opfer. Weiter flussabwärts führen diese Maßnahmen immer wieder zu katastrophalen Verhältnissen und verheerenden Überflutungen aufgrund des Wegfalls der natürlichen hydraulischen und hydrologischen Dynamik.

Die genauen Kosten für diese Ausbaumaßnahmen zur Beschleunigung des Wasserabflusses konnten nicht genau bestimmt, sondern nur grob abgeschätzt werden. Sie liegen jedoch in der Größenordnung wie die der Flurbereinigungsmaß-nahmen in Höhe von ca. 1 Milliarde Euro jährlich.
Die immer stärkeren Hochwasser der großen Ströme wie Elbe, Oder, Rhein und Donau machen es aus Sicht der Behörden und Landesregierungen notwendig, mit enormen finanziellen Mitteln (= Steuergeldern) die Deiche zum Schutz der dahinter liegenden Flächen zu verstärken und zu erhöhen. Und dies ist genau der falsche Lösungsansatz, welcher jährlich zusätzlich ca. 1 Milliarde Euro an Baukosten verschlingt.

In Bezug auf Gewässer gibt es zahlreiche Beispiele, dass kleinere Flüsse (z.B. die Argen in Süddeutschland) bzw. Bäche nach einer Flut-Katastrophe verbaut wurden, sodass das Wasser dort schneller abfließt und insbesondere an Unterläufen zu Hochwasser-Katastrophen führt.

Dieser Tatsachenverhalt soll verdeutlichen, wie wenig sinnvoll mit den Geldern des Steuerzahlers umgegangen wird, welche Absurditäten im Wasserbau teilweise praktiziert werden und wie jährliche Kosten in Millionenhöhe durch eine gezielte Abkehr vom technischen Hochwasserschutz (Deich- und Dammbau, Polderlösungen und Rückhaltebecken) eingespart werden könnten. So ist es regelrecht paradox, dass gerade der technische Hochwasserschutz die Schadensentwicklung vielerorts verstärkt hat.

Schäden durch Überflutungen

Die großflächigen Überschwemmungen finden vor allem wegen der damit verbundenen immensen Schäden besondere Aufmerksamkeit. Die folgenden Angaben zu den volkswirtschaftlichen Schäden beziehen sich auf die Daten und Statistiken der Münchner Rückversicherung [7].

Im Zeitraum vom 12. – 20. August 2002 belaufen sich die offiziellen Hochwasserschäden in Deutschland auf 11.500 Millionen Euro.

In dieser Schadenssumme von 11,5 Milliarden Euro ist die gesamte Schadstoffproblematik des Elbe-Hochwassers nicht enthalten. Das Hochwasser im Elbegebiet sorgte durch Unterspülung, Überflutung und Erosion für die Freisetzung unterschiedlicher Kontaminanten auf tschechischem und deutschem Gebiet. Die Halden des über Jahrhunderte betriebenen Erzbergbaus, „Tailings“ aus dem Uranbergbau der Nachkriegszeit und industrielle Altlasten aus dem Großraum Bitterfeld-Wolfen fungierten als Schadstoffquellen im Muldegebiet. Hinterlassenschaften chemischer Produktionsbetriebe entlang anderer Nebenflüsse und der Elbe selbst, Braunkohletagebaue und sekundäre Altlastdepots in den Buhnenfeldern der Elbe waren betroffen. Hinzu kamen Schadstoffe aus überschwemmten Wohngebieten und Kläranlagen [8].

Bedenklich sind die über Jahre, Jahrzehnte und Jahrhunderte bleibenden Verunreinigungen nach der Phase der Überflutung.

Die Elbe-Flut vom August 2002 hat gezeigt, dass nur ein komplexes, ja, radikales Umdenken, das nicht an politischen Grenzen halt machen darf und in rechtlichen Grundlagen verankert werden muss, unsere und die kommenden Generationen sowie unseren Lebensraum wirksam vor den Folgen solcher Katastrophen schützen kann [21].

1. Allein die Überschwemmungen in der Zeit vom 20. – 27. 8. 2005 verursachten in der Schweiz einen Schaden von 1.800 Millionen Euro, in Österreich von 600 Millionen Euro und in Bayern von 190 Millionen Euro [7].
2. Die durch Hochwasser-Katastrophen verursachten Schäden betragen jährlich weltweit > 45 Milliarden Euro.

Klimaschutz durch CO_2 – Einsparung

Es wurde aufgezeigt, wie Hochwasser-Katastrophen gemindert werden können. Potenziell könnten jährliche Schadenskosten in Höhe von bis zu 45.000 Millionen Euro eingespart werden. Die Schadenskosten von > 50 % sind direkte oder indirekte Energiekosten.

1. Beispiel: Die durch Hochwasser-Katastrophen zerstörten Siedlungen und gewerblich-industriellen Einrichtungen müssen wieder aufgebaut werden. Hierzu werden Baumaterialien gebraucht, wie z.B. Zement, Kalk und Baustahl. Die Produktionskosten für diese Materialien sind überwiegend Energiekosten. So verursachen bei der Zement-Produktion die Energiekosten ca. 95 % der gesamten Herstellkosten.

2. Beispiel: Bei dem Elbe-Hochwasser im August 2002 waren zahlreiche Rettungsmannschaften, teilweise mit schwerem Gerät, im Einsatz. Die Bundeswehr mit ihrer hervorragenden technischen Ausstattung zu Boden, Wasser und Luft leistete zusätzlich wertvolle Rettungsdienste. Es liegt mir fern, den engagierten Einsatz von allen Helfern und Einrichtungen zu schmälern.

Die Tatsache jedoch bleibt, dass an diesen Tagen des Katastrophen-Einsatzes mindestens 100.000.000 Liter an Diesel-, Kerosin- und Benzinkraftstoffen verbraucht wurden.

Die vorstehenden Beispiele sollen verdeutlichen, welcher Energieinhalt in verschiedenen Materialien implementiert ist. Die Beispiele zeigen weiterhin, dass insbesondere Materialien für den Hoch- und Tiefbau sehr energieintensive Produktionsverfahren bedingen, wie z.B. Zement und Baustahl.

- Recherchen ergaben, dass > 50 % der kalkulatorischen Kosten für die Sanierung von Hochwasser-Schäden als direkte und indirekte Energiekosten eingesetzt werden können.
- Die Hochwasser-Schäden betragen > 40 Milliarden Euro pro Jahr. Somit belaufen sich die reinen Energiekosten auf > 20 Milliarden Euro für die Restaurierungsmaßnahmen.
- Es wird ein mittlerer kalkulatorischer Wert von 0,5 Euro pro Kilogramm für fossile Brenn- und Kraftstoffe wie Kohle, Heizöl, Diesel, Benzin u.ä.m. angenommen. Damit kann abgeschätzt werden, dass sich ein jährlicher Verbrauch von > 10 Millionen Tonnen fossiler Brennstoffe ergibt, welche bei der Verbrennung > 25 Millionen Tonnen klimaschädigendes Kohlenstoffdioxid erzeugen.

Ergebnis: Vermeidet man die weltweit verursachten Schäden durch Hochwasser-Katastrophen, so können dadurch > 25 Millionen Tonnen klimaschädigendes Kohlenstoffdioxid eingespart werden.

Klimaschutz durch biologische Systeme

Durch Photosynthese und nachfolgende Prozesse setzen Bäume das Treibhausgas CO2 in Holz um. Wälder sind gigantische Kohlenstoff-Speicher. In bis zu 400 Tonnen Holz pro Hektar lagern sie 200 Tonnen Kohlenstoff ein. In der Biomasse der Wälder sind weltweit rund 600 Milliarden Tonnen an Kohlenstoff gespeichert. Die weitere Idee ist, **Flurgehölze** entlang der Grabensysteme zu pflanzen.

Technische Realisierbarkeit, Rahmenbedingungen und Kosten am Modell Bundesrepublik Deutschland

1. Es werden zusätzlich zum Retentionsnetz weitere 3 % an freier Landschaftsfläche benötigt, um entlang der Wassergräben Flurgehölze in Form einer Hecke anzupflanzen. Das entspricht einer Fläche von ca. 6.000 km² für die Bundesrepublik Deutschland.
2. Die Streifenbreite für die Hecke entlang des Grabens beträgt 3 m.
3. Die Wassergräben des Retentionsnetzes sollen nur einseitig bepflanzt werden, damit
    - eine Entschlammung des Retentionsnetzes jederzeit durchgeführt werden kann
    - der Flächenverbrauch optimal genutzt wird, da bei einer einseitigen Bepflanzung die Grabenfläche vom Heckenvolumen mit beansprucht werden kann.

4. Die Pflanzkosten liegen bei ca. 3 bis 5 Euro pro lfd. Meter.

5. Die Forderungen der Landwirtschaft, die unrentable Streifenflur in eine rentable Blockstruktur umzuwandeln, ist berechtigt. Die heutigen modernen Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft verlangen zweifelsohne größere Bearbeitungsflächen. Um eine Ausgewogenheit von landwirtschaftlicher Nutzungsfähigkeit und Landschaftshaushalt **auf Dauer** zu gewährleisten, sollen **im Mittel** auf einer Einzugsfläche von 100 km² 5 % an freier Landschaftsfläche **sinnvoll verteilt** für das Grabenhecken-Netz reserviert werden.

6. Den Landwirten ist eine 10jährige Nutzungsentschädigung (= „staatlicher Pachtzins“) von gesamt 5000 Euro pro Hektar zu bezahlen.
Basis für die Nutzungsentschädigung: Pro Hektar wird ein Wasserspeicher-Volumen von 150 m³ und eine Fläche von 300 m² für die Grabenhecke **dauerhaft** zur Verfügung gestellt. Die Mindestdauer beträgt 10 Jahre, angepasst an den Rhythmus der Entschlammung des Retentionsnetzes. Die Höhe der vorgeschlagenen Nutzungsentschädigung ist für jeden Landwirt attraktiv und aufgrund ähnlicher Beispiele (siehe Aktion „Nitrat im Grundwasser“ des Landes Baden-Württemberg) kann mit einer schnellen Realisierung auf freiwilliger Basis gerechnet werden. Damit wird das freiwillige Engagement der Landwirte für den Gewässer- und Bodenschutz honoriert und die finanziellen Nachteile ausgeglichen. Mit dieser Maßnahme bleiben die Flächen in den Händen der Landwirte.

7. Die Kosten für die Nutzungsentschädigung würden bei jährlich **300 Millionen** bundesweit liegen. Diese Summe wäre ein Bruchteil dessen, was jährlich für Flurbereinigung, Hochwasserschutz, Beseitigung von Hochwasser-Schäden u.ä.m. ausgegeben wird. Diese Kosten liegen bekanntlich im Milliarden-Bereich!

Nutzen der Grabenhecken:

1. Eine Grabenhecke produziert jährlich ca. eine Tonne Biomasse pro Flutgraben von 100 m Länge. Das Grabenhecken-System würde nach dem beschriebenen Modell eine Fläche von ca. 9 800 km² beanspruchen, also 5 Prozent der freien Landschaftsfläche (= 196.273 km²) der Bundesrepublik Deutschland. Die Länge des Grabenhecken-Systems wäre ca. 2 Millionen Kilometer als Modell-Betrachtung.
2. **Die durch das Grabenhecken-System jährlich produzierte Biomasse würde ca. 20.000.000 Tonnen entsprechen. Dadurch könnten jährlich durch die Grabenhecken mehr als 30.000.000 Tonnen an klima-schädigendem Kohlenstoffdioxid gebunden werden.**
3. Grabenhecken beherbergen in ihrem kleinräumigen Mosaik von Standorten eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt. Es besteht zwischen ihnen sowie zu den agrarischen Nutzungsformen und anderen Landschaftsbedingungen ein vielseitiges Beziehungsgeflecht, das sich durch relative Ausgeglichenheit und Stabilität auszeichnet [9].

Extreme Flurbereinigungen, wie sie in den vergangenen Jahrzehnten praktiziert wurden, haben zu einer Verarmung der Artenvielfalt und zu Beeinträchtigungen des Bodens und Wasserhaushaltes geführt. Es gilt, diese Schäden in einer sinnvollen Weise zu beheben. Dazu dient das vorliegende Dossier.

Die Funktionen von Stauseen-Ketten

Eine bekannte Stauseen-Kette wurde bereits im 16ten bis 19ten Jahrhundert im Harz auf engstem Raum von rund 200 Quadratkilometern in einer einzigartigen Dichte von 143 Stauseen angelegt („Oberharzer Wasserregal“). Die vielen kleinen Seen bei Clausthal-Zellerfeld besitzen einen Gesamtinhalt von 22 Millionen m³ und dienten zur Speicherung von Wasser, um die Wasserräder in den Bergwerken des Oberharzer Bergbaus anzutreiben. Das Oberharzer Wasserregal mit seinem 500 km langen Wasserzuführungs-Grabensystem zählt zu den größten und bedeutendsten historischen bergbaulichen Wasserwirtschafts-systemen der Welt. Die Anlagen wurden am 31. Juli 2010 wegen ihrer Einzigartigkeit und ihres großen Umfanges vom UNESCO-Welterbekomitee zum UNESCO-Weltkulturerbe erklärt.
Einige der Stauseen erfüllen in der Gegenwart aus Sicht der Wasserwirtschaft noch einen Zweck im Hochwasserschutz und in der Trinkwassergewinnung.

Im Hochmittelalter und bis zu Beginn des 19ten Jahrhunderts wurden in Deutschland eine Vielzahl von Teichen angelegt. Sie dienten der Fischzucht und besonders dem Gewerbe, wie z.B. Mühlenteiche.

So wurden im Gebiet des Landkreises Ravensburg im Verlauf des 15ten bis 19ten Jahrhunderts rund 2.400 Weiher angelegt. Im Rahmen der in den Jahren 1978 bis 1981 im Landkreis Ravensburg durchgeführten Feuchtgebietskartierung wurden lediglich noch 659 der 2.409 Weiher und ehemaligen Weiher aufgenommen. Damit wurde der allergrößte Teil der früheren Weiher aus dem Bild und dem Verbund der Kulturlandschaft völlig eliminiert. Dadurch verlor man schätzungsweise 25 bis 30 Millionen Kubikmeter an Speicherraum für das Niederschlagswasser [13]. Und dies allein nur im Landkreis Ravensburg. Die daraus resultierenden Probleme für den Landschaftswasserhaushalt sind allgemein bekannt:
Absinken der Grundwasserstände, mangelnde Grundwasserneubildung, schnelle und starke Hochwasserabflüsse durch Kanalisierung und Auslegung des Bachbettes mit Sohlplatten, allgemein stark schwankende Wasserführungen der Fließgewässer sowie zunehmende Überschwemmungen mit immensen materiellen Schäden und Todesopfern. So stellt sich die Frage, ob wir aus der Geschichte wirklich nicht lernen können [21].

Mit dem Bau von Stauanlagen ahmt der Mensch die von der Natur gegebenen Bedingungen einer Wasserspeicherung nur nach. Denn Stauseen gibt es von Natur aus und sie sind schon seit Jahrtausenden vorhanden. Man betrachtet sie bloß nicht als Stauseen. Die meisten Naturseen der Alpen und Voralpen oder anderer Bergregionen entstanden als Stauseen, weil abschmelzendes Gletscherwasser sich an der Endmoräne staute, und erst als der Rückstau entsprechend gefüllt war, sich dann das Wasser einen Überlauf schaffte. So läuft der Hochrhein in den Bodensee und wird dort als großer See zurückgestaut, bis das Wasser das Seebecken über den Rhein bei Schaffhausen wieder verlässt. Die Tiroler Ache speist auf dieselbe Weise den Chiemsee und fließt als Alz zum Inn. Bei Rhone und Genfer See verhält es sich analog. Durch einen Stausee fließt der Fluss mit gleicher Wassermenge pro Jahr wie ohne Aufstau. Nur so lange, bis das Staubecken aufgefüllt ist, kommt eine Rückhaltung zustande. Aus eben diesem Grund kann auch ein Stausee nur so viel Wasser einer Flut zurückhalten, wie noch nicht aufgefüllte Speicherkapazität vorhanden ist.

Die Ketten von Stauseen, wie sie an vielen Flüssen gebaut worden sind, um Strom zu erzeugen oder Mindestwassertiefen für die Schifffahrt zu garantieren, bewirken bei Hochwasser nicht allzu viel, weil ihnen größere Speichermöglichkeiten fehlen. Bei der Anlage von Stauseen-Ketten wurde besonderes durch den Naturschutz darauf geachtet, den „Landschaftsverbrauch“ möglichst zu minimieren. Die Ergebnisse sind jetzt für Hochwasser nicht taugliche Stauseen.

Schadenshochwässer können nur dann von Stauseen-Ketten entschärft oder gar vermieden werden, wenn entsprechend große Flutungsflächen bereit gestellt werden. Stauanlagen können das Hochwasser umso weniger entschärfen, je schneller das Wasser durch den Ausbau der Kleingewässer im Einzugsbereich zum Hauptfluss strömt.
Dieses Prinzip wurde insbesondere bei der Bilanzierung der vielen kleinen Begradigungen und Meliorationsmaßnahmen in den Oberlaufbereichen unserer mitteleuropäischen Flüsse missachtet [11]. Die Folgen zeigen sich in den Schadenshochwässern unserer Zeit mit ihren verheerenden Schäden [12].

Es ist abzusehen, dass in den kommenden Jahrzehnten dezentrale Stauseen-Ketten im Verbund mit kleinmaschigen Retentionsnetzen als Landschaftselement erkannt und anerkannt sein werden und sie zu einem wichtigen Objekt neuzeitlicher Stadt- und Landesplanung werden. Man wird ihnen ähnlich wie im Denkmalschutz und beim Schutz der Kulturlandschaft speziellen Schutz angedeihen lassen. Verlandete Stauseen und Mühlenteiche, zugeschüttete Gräben, Mulden und Tümpel werden vermutlich mit viel Aufwand wieder saniert und regeneriert. So reagieren die Menschen auf das Bekannte [21].

Naturkatastrophen wird es immer geben. Aber viele sind menschengemacht und manche Hochwasser-Katastrophe hätte sich vermeiden oder zumindest stark abschwächen lassen, wenn wir sorgsamer mit der Natur umgegangen wären.

Erkenntnis

Hochwasserschutz ist eine gesamtgesellschaftliche Zukunftsaufgabe. Dabei sind wir als Unteranlieger auf die Solidarität der Oberanlieger angewiesen und stehen gleichzeitig als Oberanlieger in der Pflicht, unserer Verantwortung für die Unteranlieger gerecht zu werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Konzeptidee für einen dezentralen Hochwasserschutz im Einzugsgebiet eines Fließgewässers:

Aufbau einer Vielzahl kleiner, vernetzter Retentionsräume zur Wasserrückhaltung in der Fläche (= hydraulische Retention).

Konsequenzen / Synergien:

- **Immense materielle Schäden von > 40 Milliarden Euro weltweit und jährlich können reduziert werden.**
- **Der Wasserhaushalt wird durch Wasserrückhaltung weltweit nachhaltig verbessert.**
- **Die Trinkwasser-Qualität wird allgemein verbessert. Auswaschungsverluste von Nährstoffen in die Fließgewässer werden verringert.**
- **Das Klima wird geschont. Ca. 25 Millionen Tonnen klimaschädigendes Kohlenstoffdioxid können potenziell jährlich eingespart werden.**

- **Die Gefahr von Dürren, Feld-, Wald- und Torfbränden kann erheblich gemindert werden [14].**
- **Ein in Deutschland aufgebautes Grabenhecken-Netz kann jährlich bis zu ca. 30. 000. 000 Tonnen klimaschädigendes CO_2 binden.**
- **Der Aufbau eines Grabenhecken-Netzes trägt zur Stabilisierung des Naturhaushaltes einer Landschaft bei. Die Artenvielfalt wird durch die Vielzahl kleiner, vernetzter Retentionsräume zunehmen. Ziele des Natur- und Landschaftsschutzes werden unterstützt [15, 16].**
- **Die Wiederherstellung natürlicher Wasserverhältnisse in verschiedenen von Grundwasser beeinflussten Ökosystemen wird gefördert.**
- **Stauseen-Ketten mit entsprechend großen Flutungskapazitäten werden künftig die Natur mitprägen.**
  Abkehr vom „Hydrologischen Sankt-Florian-Prinzip“ [21], dafür soziale Verantwortung hinsichtlich Hochwasserschäden gegenüber den Anwohnern flussabwärts und Gründung einer Grenzen überschreitenden „Hochwasserschutz-Ökoallianz“. Hochwasserschutz ist damit eine gesamtgesellschaftliche Zukunftsaufgabe.
- **Moral: Schadenshochwasser zu vermeiden gebietet die Menschlichkeit.**

Literaturangaben

[1] Reichholf, J.H.: Eine kurze Naturgeschichte des letzten Jahrtausends. 3. Auflage. Frankfurt am Main: S. Fischer Verlag, 2007.

[2] Reichholf, J.H.: Stabile Ungleichgewichte. Die Ökologie der Zukunft. 1. Auflage. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 2008.

[3] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Hochwassergefahr und Strategien zur Schadensminderung in Baden-Württemberg. Stuttgart, April 2003.

[4] Kron, W.: Hochwasser. In: Wetterkatastrophen und Klimawandel.
ISBN 3-937624- 80-5. München: Münchener Rück, S. 122 – 131, 2005.

[5] Heyn, E.: Wasser – ein Problem unserer Zeit. 1. Auflage. Frankfurt am Main: Verlag Moritz Diesterweg, S. 57, 1981.

[6] Koch, E.: Kleine Gewässer – Große Wirkung. Über die wahren Ursachen von Hochwasser-Katastrophen und deren Vermeidung. Offenbach/Main: Allg. Fischerei-Zeitung/Fischwaid, Heft 3, S. 19-21, 2010.

[7] Koch, E.: Dränagegraben als Wasserspeicher nutzen. Stuttgart: BW-agrar, 61. Jg., Heft 36, S. 17 – 18, 2009.

[8] Münchner Rück: Topics Geo. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2005. München: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, 2006.

[9] Geller, W.; Ockenfeld, K.; Böhme, M.; Knöchel, A.: Schadstoffbelastung nach dem Elbe-Hochwasser 2002. Magdeburg: UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig - Halle, 462 S., 2004.

[10] Horst, K.; Koch, E.; Stamm, R.A.: Zur biologischen und landschaftsökologischen Bedeutung der Hecken in schutzwürdigen Teilen der Lüneburger Elbmarsch. Lüneburg: Jahrbuch Naturwiss. Verein Fürstentum Lüneburg, Bd. 35, S. 77 – 142, 1981.

[11] Koch, E.: Nachhaltiger Hochwasserschutz. Düsseldorf: Umweltmagazin, Heft 10+11, S. 77, 2009.

[12] Münchener Rück: Schadenspiegel – Themenheft Risikofaktor Wasser. München: ISSN 0940-8878, 48. Jahrgang, S. 1- 48, 3/2005.

[13] Konold, W.: Oberschwäbische Weiher und Seen. Teil I. 1. Auflage. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, S. 161- 164, 1987.

[14] Koch, E.: Wald- und Torfbrände in Russland. – Eine einfache Möglichkeit zur Bekämpfung der Feuersbrunst. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid, Heft 1, S. 14-18, 2011.

[15] Koch, E.: Brand- und Klimaschutz ergeben unerwartete Chancen für Fischerei und Naturschutz. Teil 1. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid, Heft 3, S. 15-17, 2012.

[16] Koch, E.: Brand- und Klimaschutz ergeben unerwartete Chancen für Fischerei und Naturschutz. Teil 2. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid, Heft 4, S. 14-17, 2012.

[17] Koch, E.: Gewässerrandstreifen prägen und schützen unsere Fließgewässer. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid, Heft 3, S. 14-18, 2011.

[18] Koch, E.: „Breitwasser statt Hochwasser!“. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid, Heft 4, S. 14-19, 2013.

[19] Koch, E.: Sorge um unser Wasser. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid. Heft 6, S. 19-21, 2013.

[20] Koch, E.: Drainagewasser sinnvoll nutzen. DLG-Nachrichten, Heft 12, S. 92-93 (2010). Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Max-Eyth-Verlagsgesellschaft, Frankfurt/Main.

[21] Koch, E.: Wasser – Die wichtigste Ressource der Menschheit? Zeitschrift für Erlebnispädagogik. Heft 1, S. 20 – 31, 30. Jahrgang (2010). Verlag edition erlebnispädagogik Lüneburg.

[22] Koch, E.: Moorlandschaften und Feuchtgebiete aufwerten und neue Fischhabitate schaffen. Teil 1. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid. Heft 3, S. 12 -14, 2014.

[23] Koch, E.: Moorlandschaften und Feuchtgebiete aufwerten und neue Fischhabitate schaffen. Teil 2. Offenbach/Main: AFZ/Fischwaid. Heft 4, S. 12 – 15, 2014.

[24] Koch, E.: Weltweiter Tag des Wassers. Offenbach/Main: Allg. Fischerei-Zeitung/Fischwaid. Heft 1, S. 10 – 11, 2014.

[25] Koch, E.: Wasserspeicher für unsere Wälder schaffen. Offenbach/Main: Allg. Fischerei-Zeitung/Fischwaid, im Druck.

[26] Koch, E.: Wasser – eine lebenswichtige Ressource wird knapp. Ein Praxis-Bericht zur naturnahen Wasserspeicherung als Anpassungsstrategie zum Klimawandel. Offenbach/Main: Allg. Fischerei-Zeitung/Fischwaid. Heft 2, S. 13 – 16, 2014.

[27] Koch, E.: Flussauen – Paradiese in Not. Offenbach/Main: Allgemeine Fischereizeitung/Fischwaid. Heft 1, S. 14 – 16, 2016.