

Das Kubaturen-Modell

Das „Kubaturen-Modell“ als naturnaher Hochwasserschutz, Verbesserung des Wasserhaushalts, Schaffung neuer Lebensräume und zur Schonung des Klimas

Von

Dr. Erich Koch, Altshausen

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 („Kubaturen-Modell“). Soziale Verantwortung hinsichtlich Hochwasserschäden muss gegenüber den Anwohnern flussabwärts geleistet werden. Das „Hydrologische Sankt-Florian-Prinzip“ muss verneint, dafür ein „nationales Bachprogramm“ sowie darüber hinaus eine institutionelle und räumliche Grenzen überschreitende „Hochwasserschutz-Ökoallianz“ für die großen Flüsse und Ströme gegründet werden.

1. Vorwort

Wie so häufig, lassen sich nicht alle Probleme *allein* mit technischen Mitteln lösen. Der technische Hochwasserschutz durch Mauern, Deiche, Schöpfwerke oder Hochwasserrückhaltebecken kann die Nutzungsbedingungen am Gewässer zwar verbessern, die Hochwassergefahr als solche aber nicht beseitigen. Jeder technische Hochwasserschutz hat immer nur eine *sektorale Wirkung*. Es wird der lokale Hochwasserschutz verbessert, aber oftmals wird damit die Hochwasser-Problematik weiter flussabwärts verlagert.

Die Erfahrungen aus den Hochwasser-Katastrophen der letzten 30 Jahre brachten den eindeutigen Beweis, dass der technische Hochwasserschutz an seinen Grenzen angelangt ist. Wir können Hochwasser nur mindern helfen, wenn wir die natürlichen Funktionen des Wasserrückhaltes in der Fläche nachhaltig fördern. Extreme Hochwasser mit Sicherheit zu verhindern, ist letztlich unmöglich, doch die Hochwasserschäden *mit einem Bündel an dezentralen Maßnahmen zu begrenzen*, ist sehr wohl zu erreichen. Eine solche Einzelmaßnahme aus einem Bündel anderer Möglichkeiten ist das „Kubaturen-Modell“, welches hier vorgestellt werden soll.

2. Hausgemachte Verschärfung der Hochwasserereignisse

Neben den natürlichen Hochwasserursachen wird das Hochwassergeschehen auch durch den Menschen beeinflusst. Durch die Eingriffe des Menschen laufen die Hochwasserwellen heute schneller ab und bilden höhere Spitzen. Dies ist unter anderem eine Folge der Flussbegradigung und Kanalisierung, durch die die Flüsse natürliche Rückhalteräume in Form von Überschwemmungsgebieten verlieren und die Fließgeschwindigkeit erhöht wird. Ebenfalls haben Deichbau, Baugebiete und Verkehrswege in Überschwemmungsgebieten die natürlichen Überflutungsflächen bis zu vier Fünftel reduziert und den Hochwasserablauf weiter beschleunigt.

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.

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.

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.

3. Ein symptomatisches Beispiel für den Verlust an Speicherraum

Blicken wir in der Geschichte zurück: Im Verlauf des 15ten bis 19ten Jahrhunderts legte man im Gebiet des Landkreises Ravensburg (Baden-Württemberg) rund 2.400 Weiher an. Im Rahmen der in den Jahren 1978 bis 1981 im Landkreis Ravensburg durchgeführten Feuchtgebietskartierung konnten nur noch 659 der 2.409 Weiher und ehemaligen Weiher aufgenommen werden. Der Rest war trocken gelegt und oftmals verfüllt worden. Damit wurde der allergrößte Teil der früheren Weiher aus dem Bild und dem Verbund der Kulturlandschaft völlig eliminiert. **Dadurch verlor man**

25 bis 30 Millionen Kubikmeter an Speicherraum für das Niederschlagswasser. 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.

Und hier muss radikal umgedacht werden. Was durch den Klimawandel erfolgt, wird ein Wassermangel in Süd- und Mitteleuropa sein. Deshalb muss ein neues „hydrologisches Grundgesetz“ postuliert werden:

Das Wasser zurückzuhalten muss oberste Priorität haben.

4. Problemlösung: Natürliche Wasserspeicher nutzen

Die notwendige Rückverlegung von Deichen, verbunden mit einer möglichst weitgehenden Rückgewinnung von verlorenem Retentionsraum (Gewässerauen) mit natürlicher Überflutungsdynamik, bleibt oftmals nur Wunschdenken. Der Raum, den die Flüsse und Bäche im unregulierten Zustand einnahmen, ist längst anderweitig genutzt und oft nicht mehr zurück zu gewinnen. Weniger als 20 % ihrer natürlichen Überschwemmungsgebiete stehen den Flüssen nur noch zur Verfügung.

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 Anteil des Niederschlags, der direkt abflusswirksam ist, ist für die Hochwasserentstehung verantwortlich. Das Abflussgeschehen wird durch die Wechselwirkungen vieler verschiedener Faktoren bestimmt. Dazu gehören sowohl natürliche Gegebenheiten wie das Wasserspeichervermögen der Böden oder die zeitliche wie räumliche Verteilung der auftreffenden Regenmassen, als auch vom Menschen beeinflusste Veränderungen wie Bebauung und Nutzung der Flächen oder Gestaltung der Wasserläufe und Auen.

Wie groß der Anteil dieses Direktabflusses ist, hängt von dem Rückhaltevermögen des Einzugsgebietes ab. Maßgebend für diesen so genannten Gebietsrückhalt und damit für die Abflussbildung sind die Speichermedien Bewuchs, Boden, Gelände und Gewässernetz einschließlich der Gewässerauen. Dabei ist der Boden das leistungsfähigste Speicherelement. So weist die Bodenmatrix von Grünlandstandorten die günstigsten Infiltrations- und Speichereigenschaften auf.

Ein weiteres Speicherelement kann als flankierende Maßnahme mit einfachen Mitteln durch die bereits millionenfach vorhandenen Drainagegräben geschaffen werden. Der Drainagegraben ist bekanntlich ein Zweckbau im Sinne eines Entwässerungsgrabens, welcher Bodenwasser, Grundwasser, Hangwasser oder Quellwasser sammelt und in einen anderen Graben oder Bach (Vorfluter) abführt. Sein Verlauf ist meistens gestreckt, allenfalls leicht gekrümmt. Die Breite reicht von wenigen Dezimetern bis zu mehreren Metern und sein Profil ist meist kasten- oder trapezförmig. Vielfach markieren solche Gräben die Grenzen von landwirtschaftlichen Flurstücken.

Zweckbau heißt, dass ökologische Überlegungen oder die Überlegung, möglichst naturnah zu gestalten, beim Bau überhaupt keine Rolle gespielt haben. So hat der Drainagegraben primär eine

technisch-ökonomische Bedeutung und dient der Sicherstellung eines hinreichenden Wasserabflusses (Dränung). Für eine erfolgreiche Dränung wird eine gesicherte Vorflut (= Graben, Bach, Fluss) vorausgesetzt, das heißt, der Drainagegraben muss genügend Gefälle zum abführenden Gewässer besitzen. In der Praxis wird meist ein Gefälle von 1 bis 2 % angelegt.

5. Gefälle umkehren! - Das Kubaturen-Modell

Die nahe liegende, wie einfache Idee ist, den bisherigen Drainagegraben als Wasserabflussgraben in einen Wasserspeichergraben (= **Grabenspeicher**) umzubauen, indem sein Gefälle „gekippt“ wird. Die Drainage- und Wassergräben verlaufen bislang mit einem Gefälle zum Vorfluter, um das Sicker- und Niederschlagswasser schnellstmöglich in den Vorfluter abzuleiten. Durch das „Kippen“ des Gefälles im Grabensystem erhalten die Drainagegräben ein „negatives“ Gefälle und werden zu **Senken** ausgebildet, um das Wasser von Anfang an und unmittelbar im Einzugsgebiet eines Gewässers zurückzuhalten. **Hiermit wird eine natürliche Wasserspeicherung im Gewässersystem selbst erreicht: eine Maßnahme des Raumes.**

Die Sohle eines solchen Grabens, hier **Grabenspeicher** genannt, liegt damit grundsätzlich tiefer als die Sohle des Vorfluters. Die Absenkung soll bei mindestens 0,2 % Gefälle gegenüber der Bachsohle liegen, bei geeigneten hydrotopographischen oder geomorphologischen Verhältnissen mehr (> 1m). Damit ist gewährleistet, dass der ehemalige Wasserabzugsgraben ganzjährig mit Wasser gefüllt ist und dadurch eine Anbindung an das größere Fließgewässer bei allen Abflusssituationen gegeben ist. Neue Lebensräume von höchster Qualität für Aquafauna und -flora können sich dadurch entwickeln (= **Ökologisches System**).

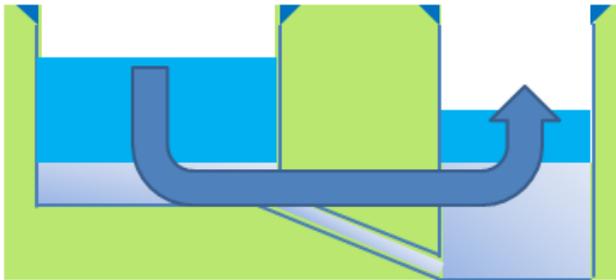
Das Ziel sollte sein, bisherige Drainagegräben und Rinnsale zu reaktivieren und sie als Grabenspeicher auszubauen, um möglichst ein Maximum an Rückhaltevolumen, so genannten Retentionsräumen, zu erreichen. Ebenso können Geländehohlformen (Kubaturen) wie **Mulden, Senken, Nasswiesen, Tümpel, Rigolen, Sölle, Schlatts, Teiche** und **Weiher**, welche mit dem Vorfluter **vernetzt** sein müssen, für eine natürliche Speicherung des Niederschlagswassers genutzt werden. Durch die vorstehend beschriebenen Maßnahmen wird ein breitflächiges Retentionsnetz an Kubaturen aufgebaut, um einen Großteil der Niederschläge und des Hochwassers zu speichern. Die **hydrologische Vernetzung** der Speicherräume (Kubaturen) mit dem Vorfluter ist eine Grundvoraussetzung. Das bedeutet 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**. Das System kann mit einer „**Wasserschaukel**“ verglichen werden und wird umschrieben mit *„Dynamische Wasserstandsregulierung über wechselseitige Ableitung und Speicherung von Fluss- und Niederschlagswasser (DyW+A+S)“*. Das Retentionsnetz wirkt damit als stabilisierender Faktor für den Wasserhaushalt bis hin zur **Milderung der Austrocknung von Bächen und Flüssen in Trockenzeiten**.

Die beiden Schemazeichnungen stellen das Prinzip einer Wasserschaukel dar. Bei Hochwasser **speichert** das „Ökologische System“ (= Kubaturen-Modell) überschüssiges Wasser, nach Hochwasser und bei Niedrigwasser **spendet** das „Ökologische System“ Wasser an das Fließgewässer (**dynamische Wasserstandsregulierung**).

Wasserschaukel bei Hochwasser (schematisch)

Ökologisches System: = Wasserspeicherung

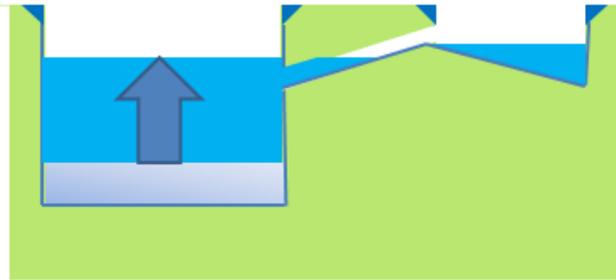
Ausführung:
Grabenspeicher, Grabenteich.
Hydraulisch **mit** dem Vorfluter vernetzt.



Das Hochwasser wird zur Seite in die Grabenspeicher und Grabenteiche abgeleitet und dort nutzbringend gespeichert.

Klassisches System: = Aufbau einer Hochwasserwelle

Ausführung:
Drainagegraben, Tümpel.
Hydraulisch **nicht** mit dem Vorfluter vernetzt.

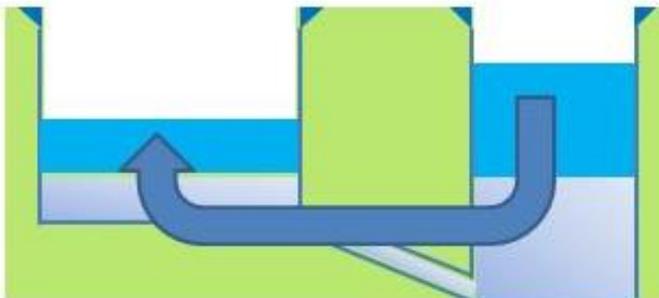


Das Hochwasser **fließt ungebremst** zu den Unteranliegern weiter. **Hochwasserkatastrophen** bahnen sich an. Nach dem Abfluss bleibt das wertvolle Wasser ungenutzt.

Wasserschaukel nach Hochwasser und bei Niedrigwasser (schematisch)

Ökologisches System: = Wasserspender

Ausführung:
Grabenspeicher, Grabenteich.
Hydraulisch **mit** dem Vorfluter vernetzt.



Wasser wird aus Grabenspeicher und Grabenteich zeitlich verzögert in das Fließgewässer abgeleitet.

Klassisches System: = schneller Wasserabfluss

Ausführung:
Drainagegraben, Tümpel.
Hydraulisch **nicht** mit dem Vorfluter vernetzt.



Schneller Wasserabfluss an die Unteranlieger aufgrund fehlender Retention.

6. Umweltwirkung

Das Ausmaß und die Art der Umweltwirkungen sind aufgrund der zahlreichen Synergien durchweg positiv. Das Retentionsnetz ist auf eine naturnahe Weise in die Landschaft integriert. Grabenspeicher, Grabenteich sowie die anderen natürlichen Kubaturen (Kleinrückhaltespeicher) führen als perennierendes (ganzjähriges) Gewässer ausdauernd Wasser und sind somit in der Lage, eine dauerhaft aquatische Lebensgemeinschaft zu beherbergen. Die so wichtige ökologische Durchgängigkeit zum Fließgewässer ist für die Aquafauna, wie Fische und Wirbellose, gewährleistet.

7. Das Kubaturen-Modell und seine hydrologische Wirkung

Die Idee des *Kubaturen-Modells* beruht auf dem physikalischen Gesetz verbundener Gefäße (Kubaturen). Das Gesetz besagt, dass in allen kommunizierenden Gefäßen (= vernetzte Gefäße) die Oberflächen einer ruhenden Flüssigkeit in einer Ebene liegen. Für das Konzept des *Kubaturen-Modells* bedeutet dies, dass alle natürlichen und künstlichen Wasserspeicher (Kubaturen) wie Mulden, Senken, Tümpel, Weiher, Teiche u.ä.m. durch ein vernetztes Grabensystem mit dem Fließgewässer (Vorfluter) verbunden sein müssen. Dann ist der Wasserspiegel im gesamten Retentionsnetz gleich hoch. Eine natürliche Wasserspeicherung im Gewässersystem selbst wird dadurch erreicht. Die hydrologische Wirkung entspricht dem eines ungesteuerten Retentionspeichers. Es wird Einfluss genommen auf Abflussbildung, Abflussvolumen und Wellenablauf im Fließgewässer.

Gewässer-Systeme

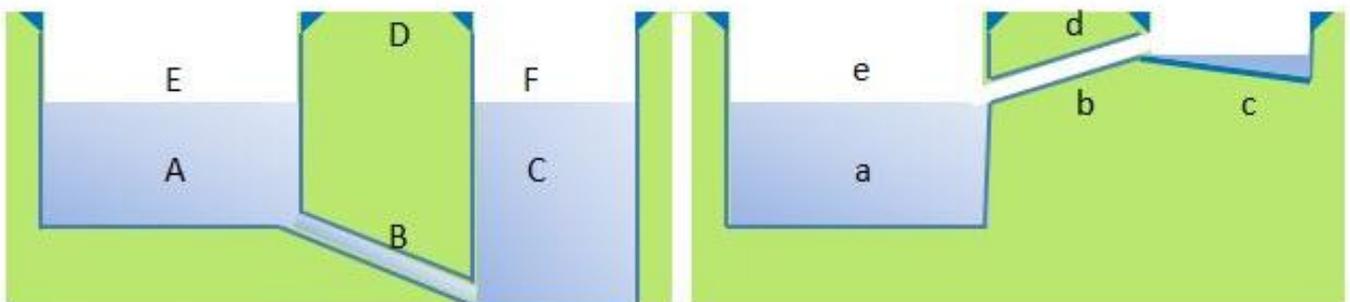
Anwendung des physikalischen Gesetzes verbundener Kubaturen

Ökologisches System: = Wasserspeicherung

Ausführung:
Grabenspeicher, Grabenteich.
Hydraulisch **mit** dem Vorfluter vernetzt.

Klassisches System: = Wasserableitung

Ausführung:
Drainagegraben, Tümpel.
Hydraulisch **nicht** mit dem Vorfluter vernetzt.



Erläuterung der Symbole

A, a : Vorfluter
B: Grabenspeicher, offen:
= Wasserzuführung
b: Drainagegraben :
= Wasserableitung

C: Grabenteich
= permanente
Wasserspeicherung
c: Tümpel: = temporäre
Wasserspeicherung

D, d : Uferkante und Flur
E, e : Wasseroberfläche Vorfluter
F : Wasseroberfläche Grabenteich,
identisch mit Vorfluter E und e

Das *Kubaturen-Modell* (Kleinrückhaltespeicher, Geländehohlformen) als wirksame dezentrale Hochwasserschutzmaßnahme zeichnet sich durch seine Einfachheit aus, sowohl in der Erstellung wie danach in seiner Wirkung: naturnah und ohne menschliche oder technische Steuerung. Es ist **eine** mögliche Maßnahme für einen dezentralen Hochwasserschutz aus einem ganzen Bündel anderer Möglichkeiten. Gerade diese Summeneffekte sind für das hohe Retentionspotenzial dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen von großer Bedeutung und bewirken ihre Nachhaltigkeit.

Literatur:

Koch, E.: „Breitwasser statt Hochwasser!“. AFZ-Fischwaid, Heft 4, S. 14-19 (2013). Offenbach/M.

8. 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 ingenieurbioologischen 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**.

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.

9. Vorteile des Kubaturen-Modells:

- Kostengünstig, da keine bautechnischen Maßnahmen erforderlich
- Geringer Flächenverbrauch durch eine kubisch angelegte Maßnahme („Raum statt Fläche!“)
- Minimaler Planungsaufwand
- Ökologisch wertvoll, weil Grabenspeicher und Grabenteiche vielfältige Speicher-, Filter- und Pufferfunktionen im Naturhaushalt und seinen Kreisläufen ausüben
- Synergien für Mensch, Natur und Umwelt durch eine Verbesserung landschafts-ökologischer Funktionen
- Ertragssteigerungen in der Land- und Forstwirtschaft durch Verbesserung der Bodenstruktur und des Wasserhaushalts

- Wirkt integrativ für die Bereiche Hochwasserschutz, Gewässerschutz und Bodenschutz.

10. Historisches

Das *Kubaturen-Modell* wurde 1972 von Dr. Erich Koch begründet und auf seinen eigenen land- und forstwirtschaftlich genutzten Flurstücken auf der Gemarkung Altshausen des Landkreises Ravensburg, Bundesland Baden-Württemberg, in die Praxis umgesetzt. Ausgangspunkt waren die mehrfachen jährlichen Überflutungen der Flurstücke durch ein angrenzendes kleines Fließgewässer. Eine sinnvolle Bewirtschaftung der Flächen war nicht mehr gegeben.

Die Schadensursache war aufgrund des Beobachtens der Naturgewalten eindeutig zu ermitteln. Es war die spontan auftretende Flutwelle im Fließgewässer. Hierbei handelt es sich physikalisch um eine extrem ansteigende potenzielle Energie. Die nahe liegende Idee war, diese schadensverursachende potenzielle Energie zu mindern. Dies wurde dadurch erreicht, dass die vor ungefähr 200 Jahren angelegten und alle etwa 30 Meter vorhandenen Drainagegräben mit Schaufel und Spaten auf eine Länge von zirka 100 Metern ausgehoben wurden. Der ehemalige Drainagegraben wurde in seinem Gefälle deutlich gekippt und zur Senke ausgebildet (Flutungsgraben). Die Sohle eines solchen Grabens, hier als **Grabenspeicher** bezeichnet, liegt damit grundsätzlich tiefer als die Sohle des Fließgewässers (Vorfluter). Mit dieser einfachen Maßnahme einer erheblichen Laufwegverlängerung sowie dem Einbau einiger Drosseln (Erlen und Weiden) am Uferrand des Fließgewässers traten seit über 40 Jahren keine Überschwemmungsschäden mehr an den Flurstücken auf. Als einer von mehreren Synergieeffekten konnte bereits nach wenigen Jahren eine deutliche Zunahme an Biodiversität in den Grabenspeichern und deren Einzugsgebiet festgestellt werden.

11. Danksagung

Vor einigen Jahren ergab sich durch Zufall eine äußerst fruchtbare Kooperation mit Herrn **Burkhard Zech** aus Zusmarshausen, im Landkreis Augsburg gelegen. Sein persönliches Engagement, seine stete Diskussionsbereitschaft und vor allem sein „Querdenken“ waren der Weiterentwicklung des *Kubaturen-Modells* hilfreich und förderlich. Burkhard Zech ist es vor allem zu verdanken, dass der grundlegende wissenschaftliche Kontext in anschauliche Bildsequenzen umgesetzt worden ist. Mögen die Schemazeichnungen und Bilder dazu dienen, dem *Kubaturen-Modell* zu seiner breiten Anwendung zu verhelfen.

In einer besonderen Weise hat sich Herr **Otto Feldmeier** aus Mengkofen, Landkreis Dingolfing-Landau, verdient gemacht. Seit mehr als einem Jahrzehnt setzt sich Herr Feldmeier bei Behörden, Bezirksregierungen, Universitäten, Akademien sowie Naturschutzverbänden und anderen Institutionen für eine Entschärfung der Hochwassersituation im Bundesland Bayern ein. Herr Otto Feldmeier ist ein engagierter Förderer der natürlichen Funktionen des Wasserrückhaltes wie Versickerung, Entsiegelung, Gewässerrenaturierung und des hier vorgestellten „*Kubaturen-Modells*“. Ihm sei für seinen unermüdlichen Einsatz herzlich gedankt.

Weiterhin danke ich Herrn **Otto Baronky** und seiner Ehefrau **Susanne** aus Bodenkirchen-Oberndorf. Die Firma *Umweltsysteme Baronky* betreibt den *Naturnahen Hochwasserschutz* als Geschäftsmodell und wirkt als Förderer und Anwender des „*Kubaturen-Modells*“.

Anlagen

In den Anlagen sind Kurztex te verfasst und vereinfachte Schema-Zeichnungen angefertigt worden, um die Projekt-Idee des „*Kubaturen-Modells*“ besser zu verdeutlichen. Diese Anlagen finden Sie als Präsentation in einem eigenen Ordner „*Hochwasserschutz / Kubaturen-Modell*“.

- Abbildung Nr. 1: **Titelseite „*Kubaturen-Modell: Naturnaher Hochwasserschutz*“**
- Abbildung Nr. 2: **„Hydrologisches Grundgesetz“**
- Abbildung Nr. 3: **„Hochwasser-Katastrophen mindern“**
- Abbildung Nr. 4: **„Das Kubaturen-Modell, spezielle Variante“**
- Abbildung Nr. 5: **„Das Kubaturen-Modell, allgemeine Variante“**
- Abbildung Nr. 6: **„Physikalische Grundlagen für das Kubaturen-Modell“**
- Abbildung Nr. 7: **„Gesetz der kommunizierenden Röhren“**
- Abbildung Nr. 8: **„Konsequenzen für die Praxis“**
- Abbildung Nr. 9: **„Gewässer-System: Normalwasser“**
- Abbildung Nr.10: **„Anlage eines Retentionsnetzes“**
- Abbildung Nr. 11: **„Gewässer-System: Hochwasser“**
- Abbildung Nr. 12: **„Gewässer-System: Niedrigwasser“**
- Abbildung Nr. 13: **„Verhalten einer Hochwasserwelle“**
- Abbildung Nr. 14: **„Verhalten beim Abbau einer Hochwasserwelle“**
- Abbildung Nr. 15: **„Verhalten einer Hochwasserwelle – klassisches System“**
- Abbildung Nr. 16: **„Verhalten einer Hochwasserwelle – ökologisches System“**
- Abbildung Nr. 17: **„Drossel: Einbau von Buhnen“**
- Abbildung Nr. 18: **„Buhnen leiten Hochwasser in Muldenspeicher“**

- Abbildung Nr. 19: **„Grabenspeicher versus Drainagegraben bei Hochwasser“**
- Abbildung Nr. 20: **„Entwässerung nach Niederschlag“**
- Abbildung Nr. 21: **„Kubaturen als Wasserspender in Trockenzeiten“**
- Abbildung Nr. 22: **„Grabenspeicher versus Drainagegraben - Niedrigwasser“**
- Abbildung Nr. 23: **„Klassischer Drainagegraben bei Niedrigwasser“**
- Abbildung Nr. 24: **„Kapillarität - Kapillarkräfte“**
- Abbildung Nr. 25: **„Kapillarität – Kapillarkräfte:
Kapillarwasser ist aufsteigendes Grundwasser“**
- Abbildung Nr. 26: **„Kapillarität: Grabenspeicher versus Drainagegraben“**
- Abbildung Nr. 27: **„Kapillarer Wasseraufstieg“**
- Abbildung Nr. 28: **„Melioration - verbesserte Bodendurchlüftung“**
- Abbildung Nr. 29: **„Melioration – verbessertes Wasserregime“**
- Abbildung Nr. 30: **„Melioration - verbesserte Bodenstruktur“**
- Abbildung Nr. 31: **„Prozess: Retention und Wellenablauf“**
- Abbildung Nr. 32: **„Retention und Wellenablauf“**
- Abbildung Nr. 33: **„Symptomatisches Beispiel einer Laufwegverlängerung“**
- Abbildung Nr. 34: **„Konkretes Beispiel für eine extreme
Laufwegverlängerung“**
- Abbildung Nr. 35: **„Maßangaben Grabenspeicher versus Drainagegraben“**
- Abbildung Nr. 36: **„Warum wir aus Drainagegräben Wasserspeicher schaffen
müssen, Teil 1“**
- Abbildung Nr. 37: **„Warum wir aus Drainagegräben Wasserspeicher schaffen
müssen, Teil 2“**
- Abbildung Nr. 38: **„Konvenienz für das Kubaturen-Modell“**
- Abbildung Nr. 39: **„Wasserrückhaltung: Übersicht und Konsequenzen, Teil 1“**
- Abbildung Nr. 40: **„Wasserrückhaltung: Übersicht und Konsequenzen, Teil 2“**

Abbildung Nr. 41: „**Schlussbild**“