

# Kubaturen-Modell: Naturnaher Hochwasserschutz

Entwicklungsbeginn: 1972  
Aktualisierung: Nov. 2015

Herausgegeben von Dr. Erich Koch, Altshausen  
Gezeichnet von Burkhard Zech, Zusmarshausen

# „Hydrologisches Grundgesetz“:

**Wasser zurückzuhalten, muss oberste Priorität haben**

- Die wirkungsvollste Möglichkeit, Hochwasserschäden zu begrenzen oder zu vermeiden, ist der Rückhalt der Hochwasserspitzen bereits im Oberlauf eines Fließgewässers durch eine optimale Nutzung aller natürlichen oder naturnahen Speichermöglichkeiten.
- Natürliche Speicher sind Boden, Bewuchs, Waldungen, Moore, Seen, Tümpel, Weiher, Senken, Überschwemmungsgebiete und allgemein Auen.
- 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.

# Hochwasser-Katastrophen mindern

- Extreme Hochwasser mit Sicherheit zu verhindern, ist letztlich unmöglich.
- Hochwasserschäden mit einem Bündel an dezentralen Maßnahmen zu begrenzen, ist sehr wohl zu erreichen.
- Durch die Kombination vieler kleiner Maßnahmen lassen sich oft große Schäden abwenden.
- Diese Summeneffekte sind für das hohe Retentionspotenzial dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen von großer Bedeutung.
- Jeder Kubikmeter Wasser, der nicht sofort zum Abfluss kommt, entlastet beim Hochwasser und ist darüber hinaus ein Gewinn für den Wasserhaushalt.

# Beispiel für eine „Gewässer- Rennstrecke“

In kanalisierten Rinnen wird das Wasser möglichst schnell an die Unteranlieger abgeleitet. Dieses riesige Potential an unzähligen kleineren Fließgewässern mit ihren Regulierungen bewirken 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.





Kulturwasserbau: Auskleiden des Bachbettes mit Sohlschalen

# Das Kubaturen-Modell: „Raum statt Fläche“

## Spezielle Variante

- Der klassische Drainagegraben als Wasserabflussgraben wird in einen Wasserspeichergraben (= **Grabenspeicher**) umgebaut, indem man sein Gefälle „kippt“. 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.**
- Die Sohle eines **Grabenspeichers** 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 ( $> 1$  m). Damit ist gewährleistet, dass der Grabenspeicher ganzjährig mit Wasser gefüllt und die Wasserspeicherkapazität gegenüber einem konventionellen Drainagegraben signifikant erhöht ist.

# Das Kubaturen-Modell in der Fläche

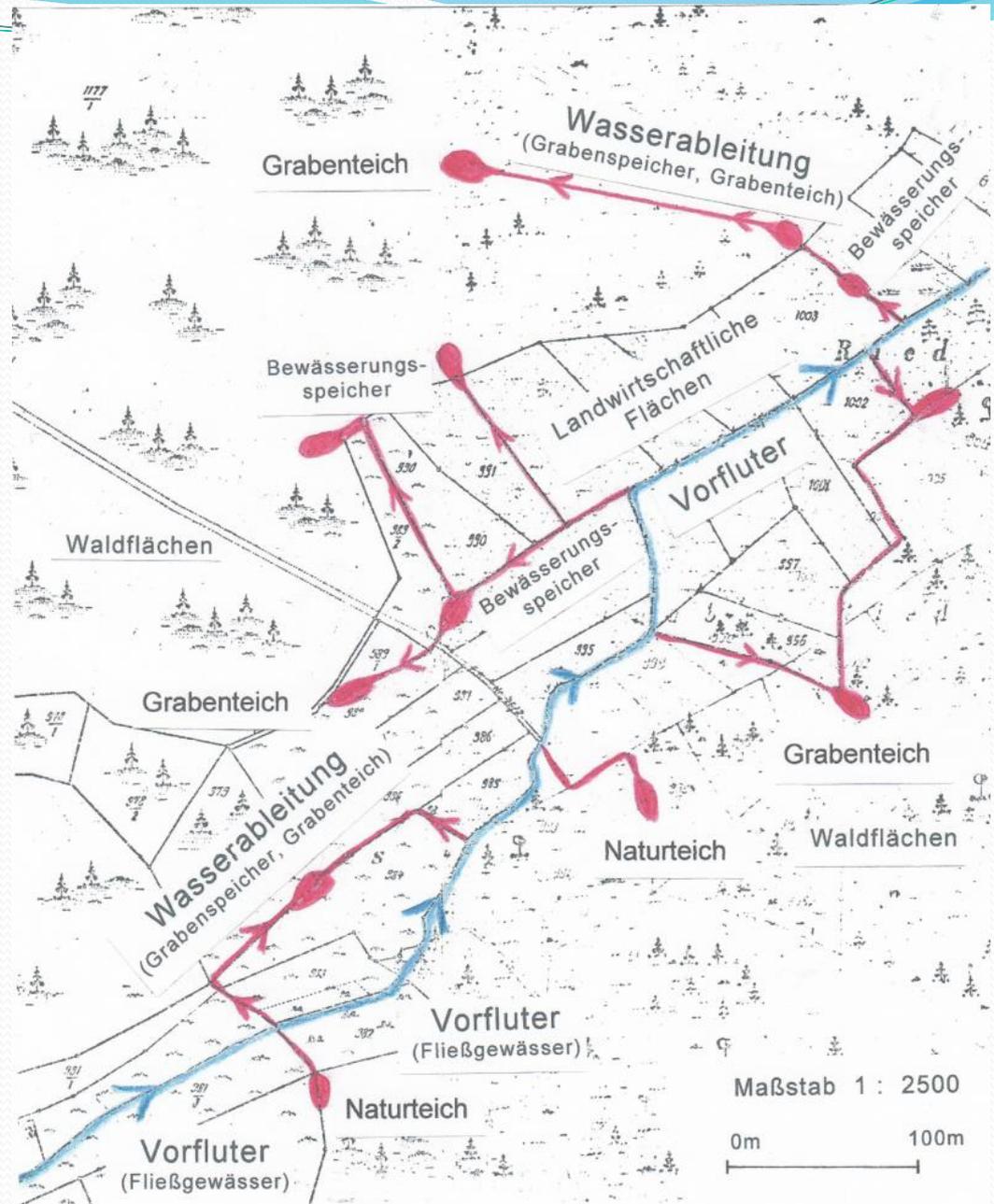
## Allgemeine Variante

- Allgemein 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 Retentionsnetz ist mit einer „Wasserschaukel“ vergleichbar.

# Anlage eines Retentionsnetzes

Schematische Darstellung der Anlage und Vernetzung von Naturteichen, Grabenspeichern und Grabenteichen anhand einer Flutungskarte.

Die rot gezeichneten Grabenspeicher und Grabenteiche liegen 1 m bis 3 m tiefer als die Sohle des Fließgewässers.

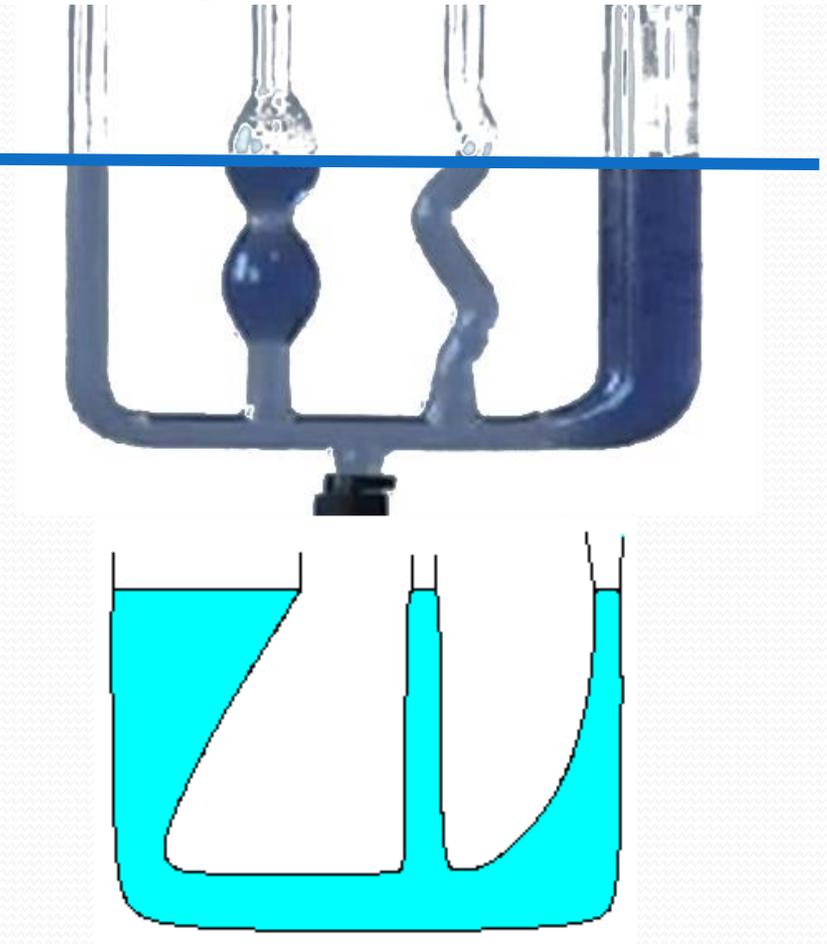
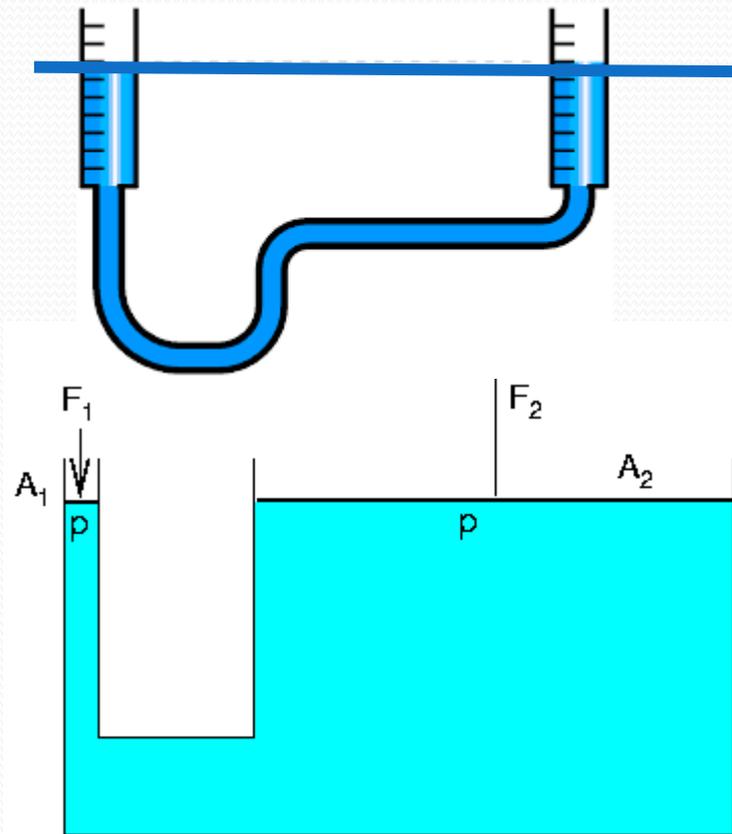


# Physikalische Grundlagen für das Kubaturen-Modell

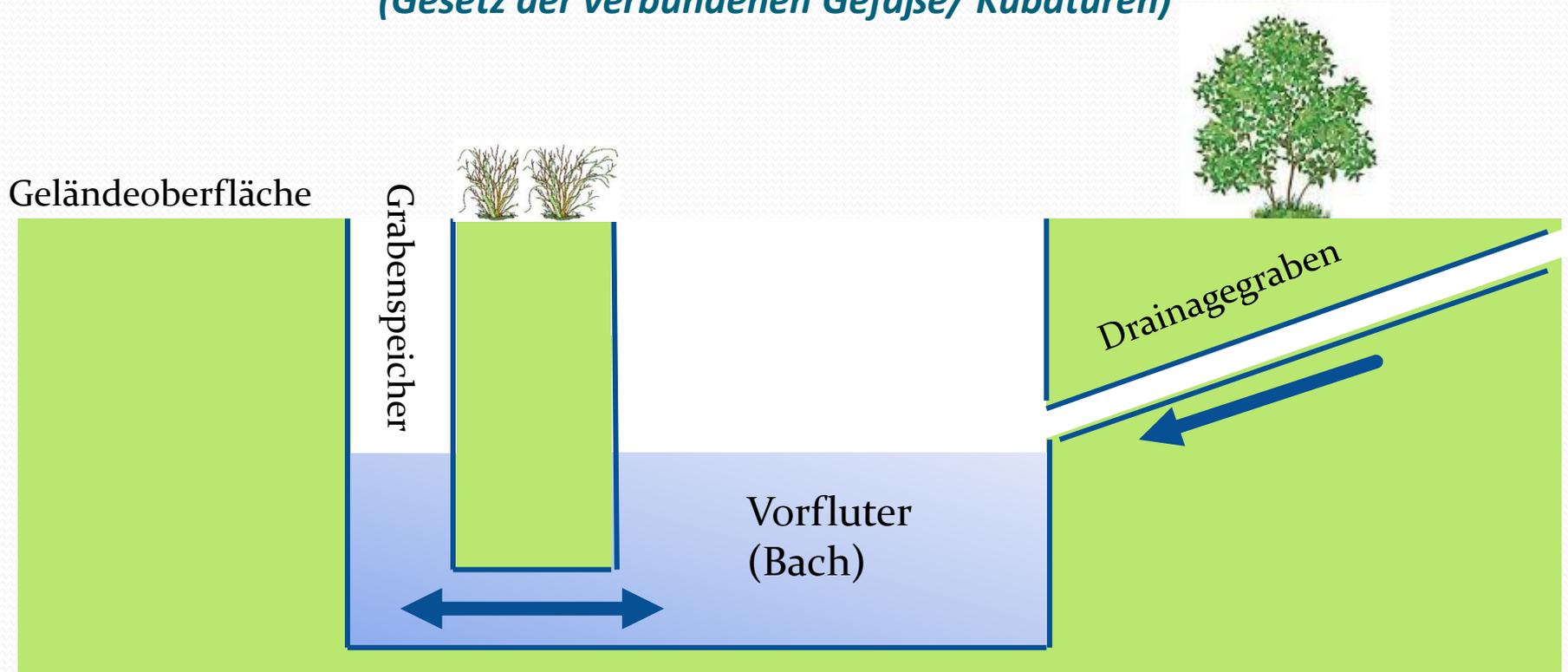
- Gesetz der verbundenen Gefäße (= Kubaturen)
- Energieerhaltungsgesetz
- Weg-Zeit-Gesetz

# Gesetz der kommunizierenden Röhren:

In allen kommunizierenden Röhren (= verbundene Gefäße) liegen die Oberflächen einer ruhenden Flüssigkeit in einer Ebene



# Physikalisches Gesetz der kommunizierenden Röhren (Gesetz der verbundenen Gefäße/ Kubaturen)



Grabenspeicher  
hydraulisch verbunden.  
**Die Wasseroberfläche im  
Grabenspeicher ist gleich hoch  
wie im Vorfluter (Bach)**

Drainagegraben  
**nicht**  
hydraulisch  
verbunden.

# Konsequenzen für die Praxis

Aus den physikalischen Gesetzen leiten sich ab:

- Zunahme des **Weges**
- Zunahme der **Zeit**
- Zunahme des **Volumens**

Daraus folgt:

- Wasserspeicherung im Gewässersystem selbst
- Minderung der Flutwelle

# Gewässer-System: Normalwasser

## Anwendung des physikalischen Gesetzes verbundener Kubaturen

**Ökologisches System:**  
= **Wasserspeicherung**

**Ausführung:**

Grabenspeicher, Grabenteich.

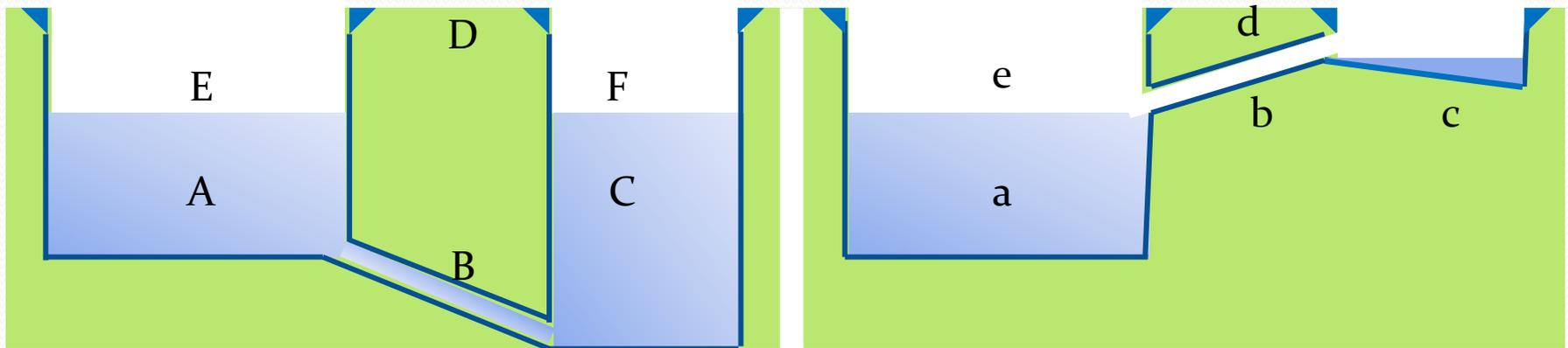
Hydraulisch **mit** dem Vorfluter vernetzt.

**Klassisches System:**  
= **Wasserableitung**

**Ausführung:**

Drainagegraben, Tümpel.

Hydraulisch **nicht** mit dem Vorfluter vernetzt.



### Erläuterung der Symbole

A, a : Vorfluter

B: Grabenspeicher, offen:  
= **Wasserspeicherung**

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

# Gewässer-System: Hochwasser

## Anwendung des physikalischen Gesetzes verbundener Kubaturen

**Ökologisches System:**  
= **Wasserspeicherung**

**Ausführung:**

Grabenspeicher, Grabenteich.

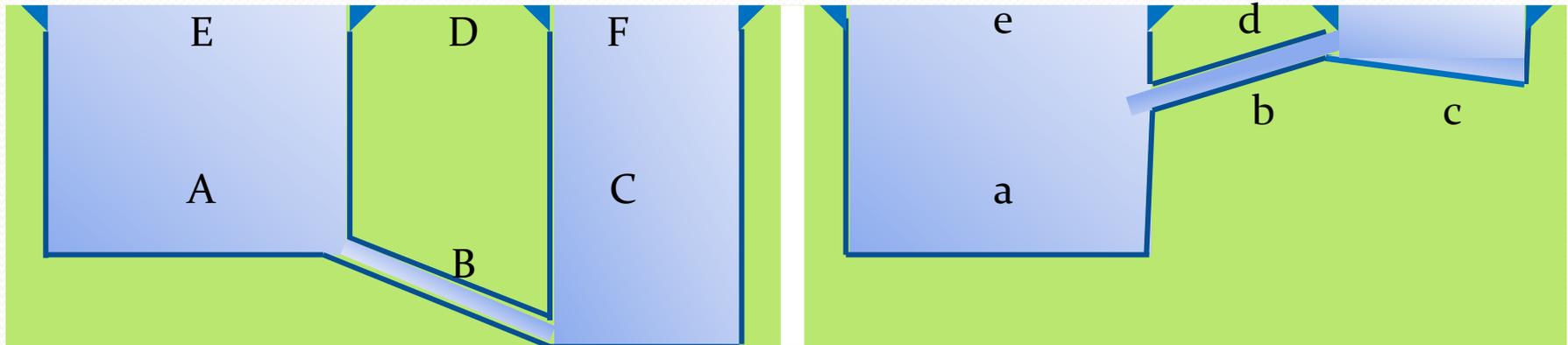
Hydraulisch **mit** dem Vorfluter vernetzt.

**Klassisches System:**  
= **Wasserableitung**

**Ausführung:**

Drainagegraben, Tümpel.

Hydraulisch **nicht** mit dem Vorfluter vernetzt.



### Erläuterung der Symbole

A, a : Vorfluter

B: Grabenspeicher, offen:  
= **Wasserspeicherung**

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

# Gewässer-System: Niedrigwasser

## Anwendung des physikalischen Gesetzes verbundener Kubaturen

**Ökologisches System:**  
= Wasserspeicherung

**Ausführung:**

Grabenspeicher, Grabenteich.

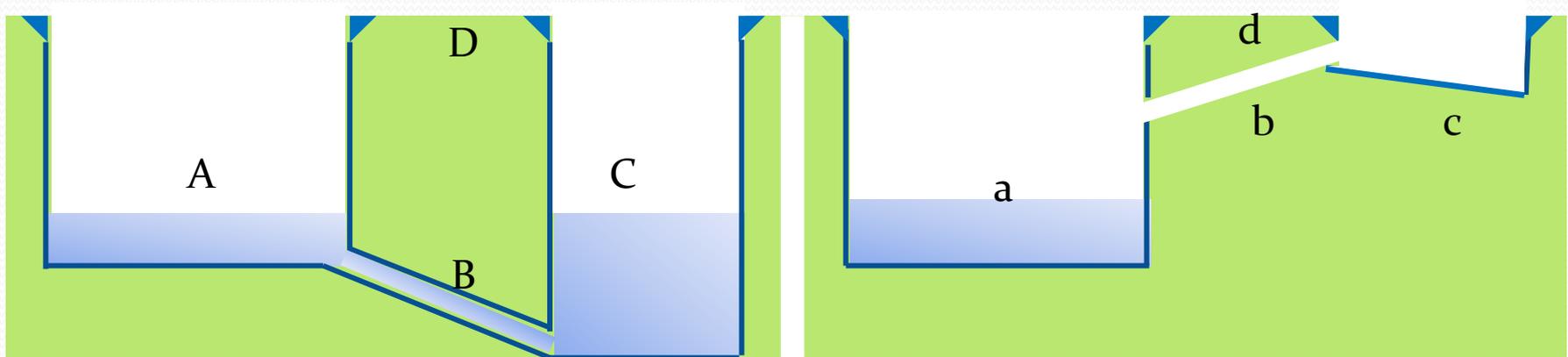
Hydraulisch **mit** dem Vorfluter vernetzt.

**Klassisches System:**  
= Wasserableitung

**Ausführung:**

Drainagegraben, Tümpel.

Hydraulisch **nicht** mit dem Vorfluter vernetzt.



### Erläuterung der Symbole

A, a : Vorfluter, Wasser fallend

B: Grabenspeicher, offen:  
= **Wasserzuführung**

b: Drainagegraben :  
= **Wasserableitung**

C: Grabenteich  
= **permanente Wasserspeicherung.**  
**Wasserableitung zum**  
**Fließgewässer (Vorfluter)**

c: Tümpel:  
= **ausgetrocknet**

D, d: Uferkante und Flur

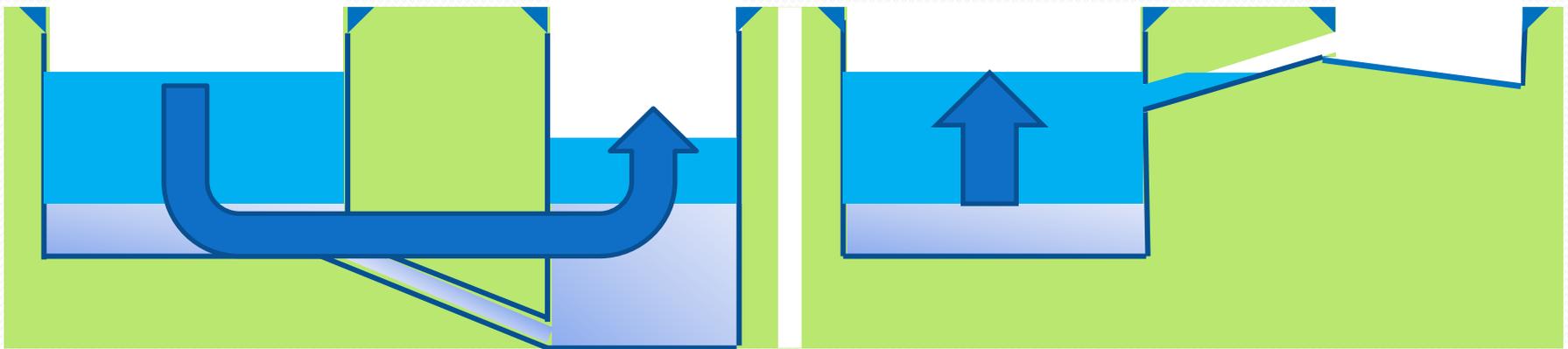
# Verhalten einer Hochwasserwelle (schematisch)

**Ökologisches System:**  
= Wasserspeicherung

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

**Klassisches System:**  
= Aufbau einer Hochwasserwelle

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



Hochwasserwelle **bricht zusammen**.  
Die Spitze der Hochwasserwelle wird zur Seite in die Grabenspeicher und Grabenteiche abgeleitet.

Hochwasserwelle **fließt ungebremst**  
zu den Unteranliegern weiter.  
→ **Hochwasserkatastrophe** bahnt sich an.

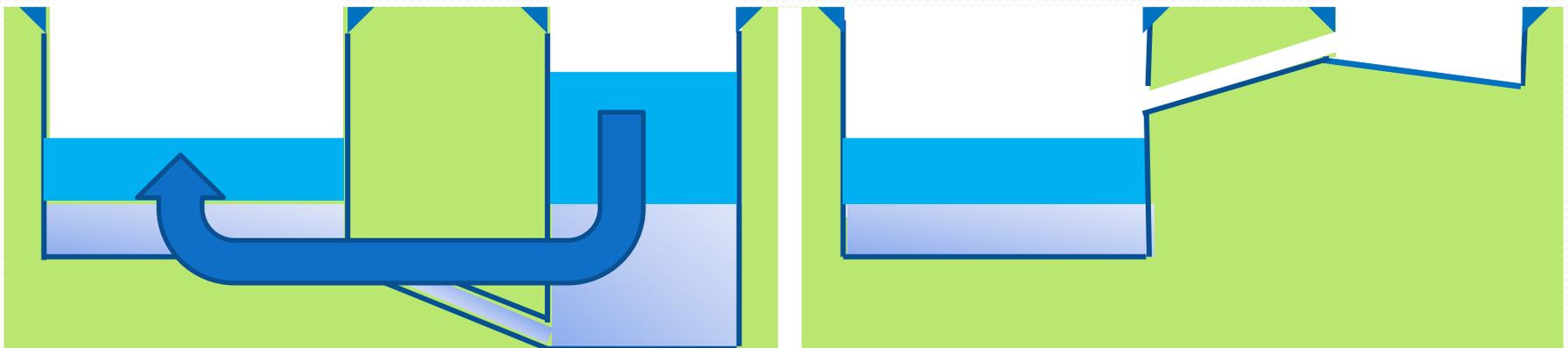
# Verhalten nach Hochwasser (schematisch)

**Ökologisches System:**  
= verzögerter Wasserabfluss

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

**Klassisches System:**  
= schneller Wasserabfluss

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

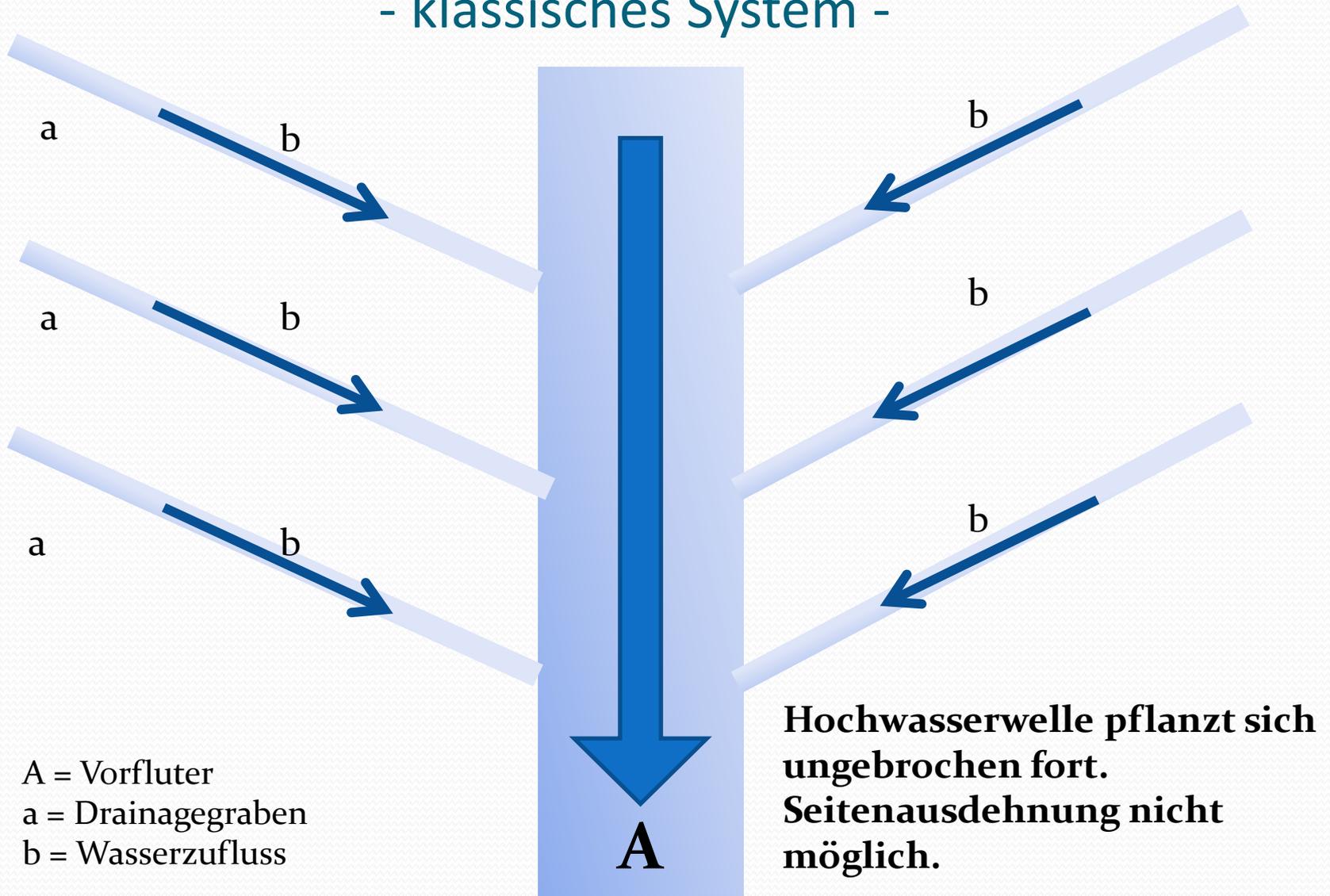


Wasser wird aus Grabenspeicher und Grabenteich zeitlich verzögert in den Vorfluter abgeleitet.

Schneller Wasserabfluss an die Unteranlieger aufgrund fehlender Retention.

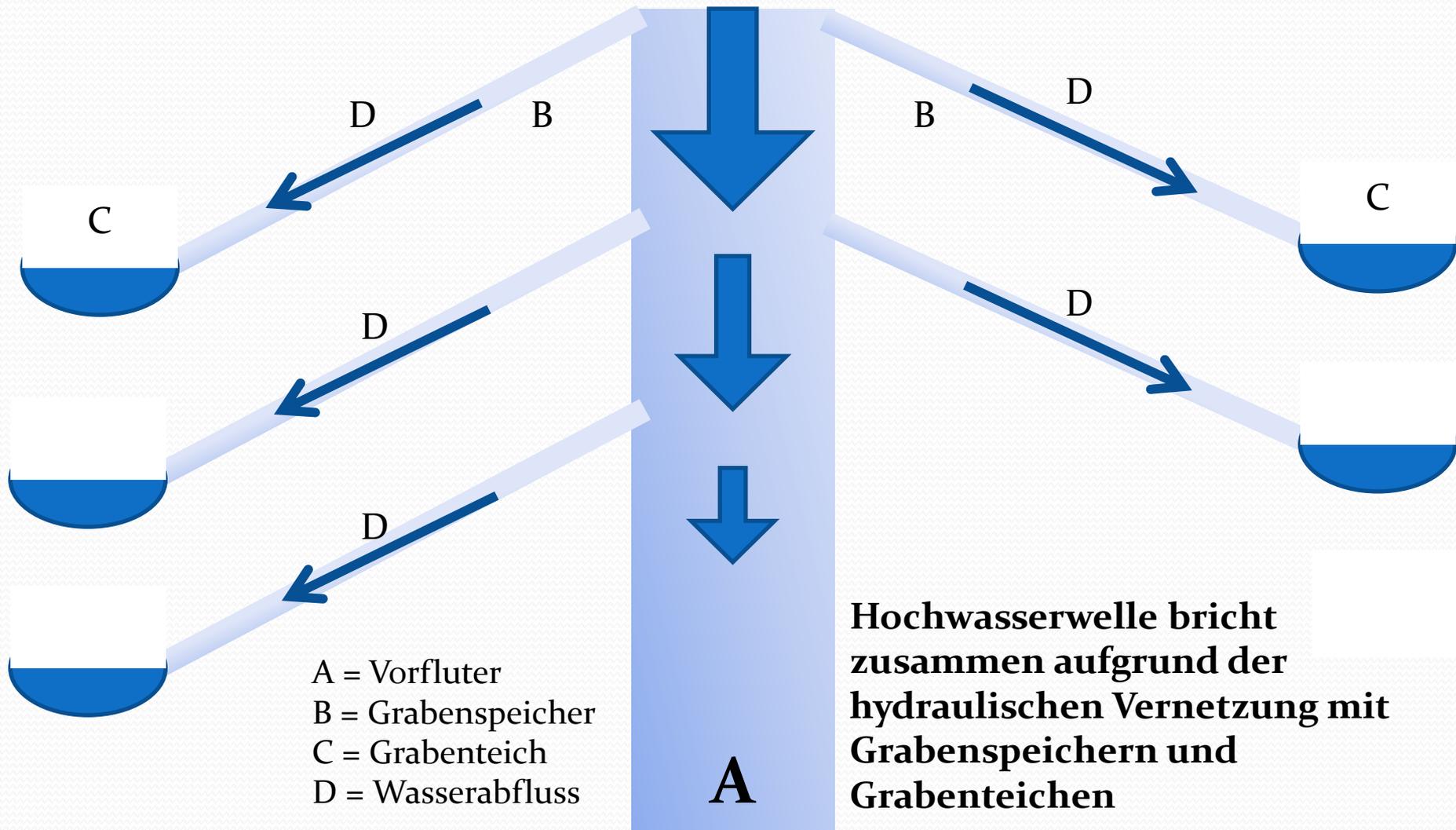
# Verhalten einer Hochwasserwelle (schematisch)

- klassisches System -



# Verhalten einer Hochwasserwelle (schematisch)

- ökologisches System -



# Drossel: Einbau von Buhnen

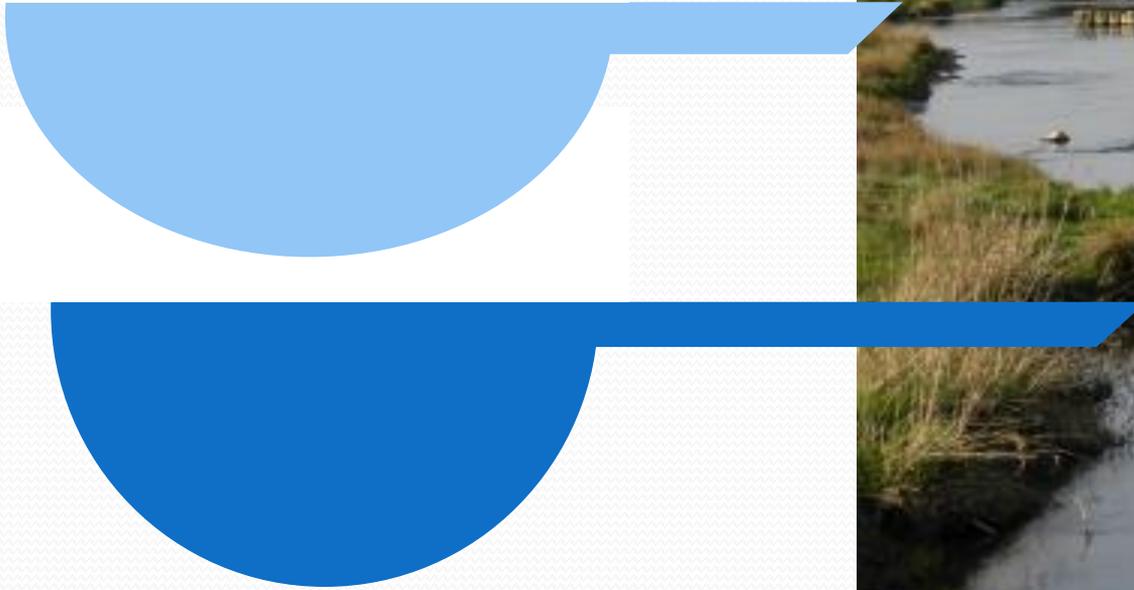
Eine einfache Methode, aber wirkungsvoll



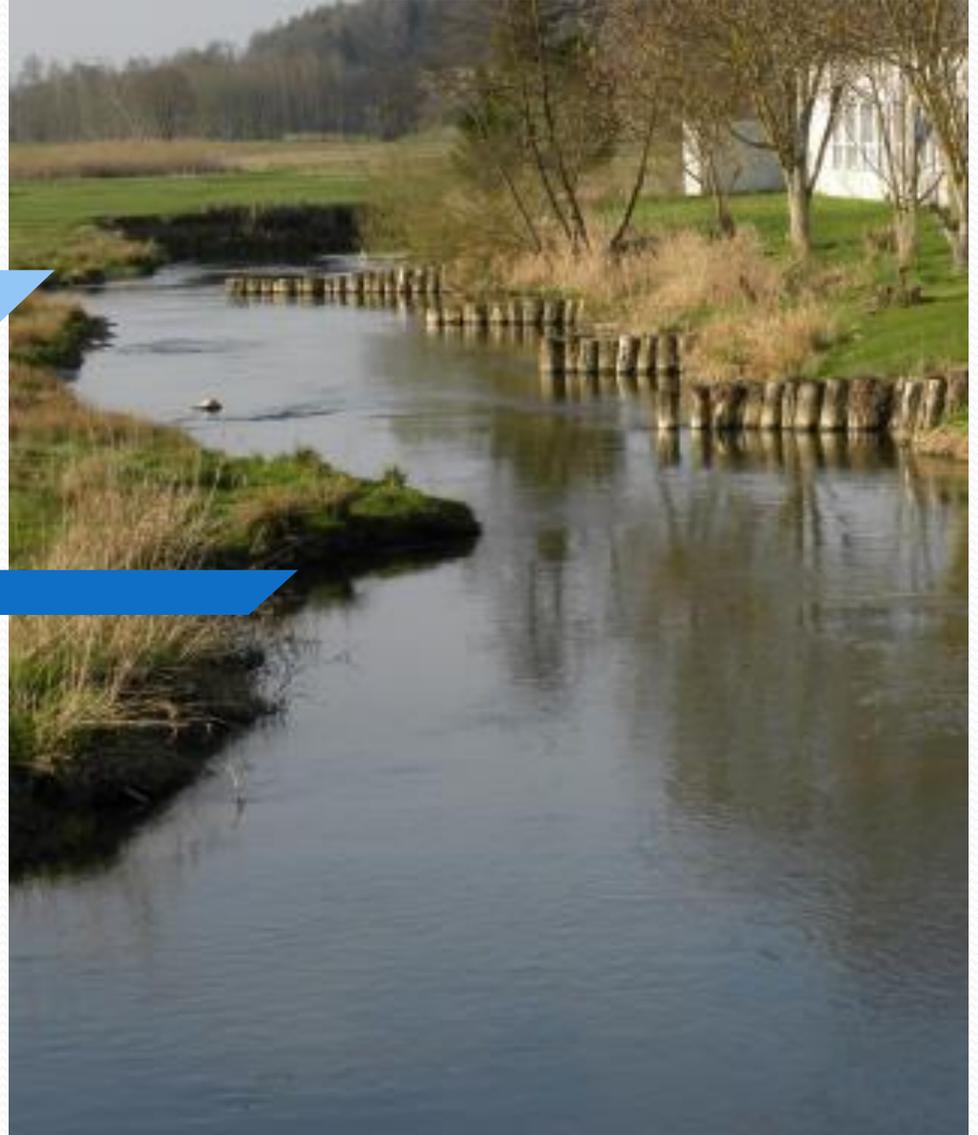
Zusam in Wörleschwang – April 2010 – Foto Zech

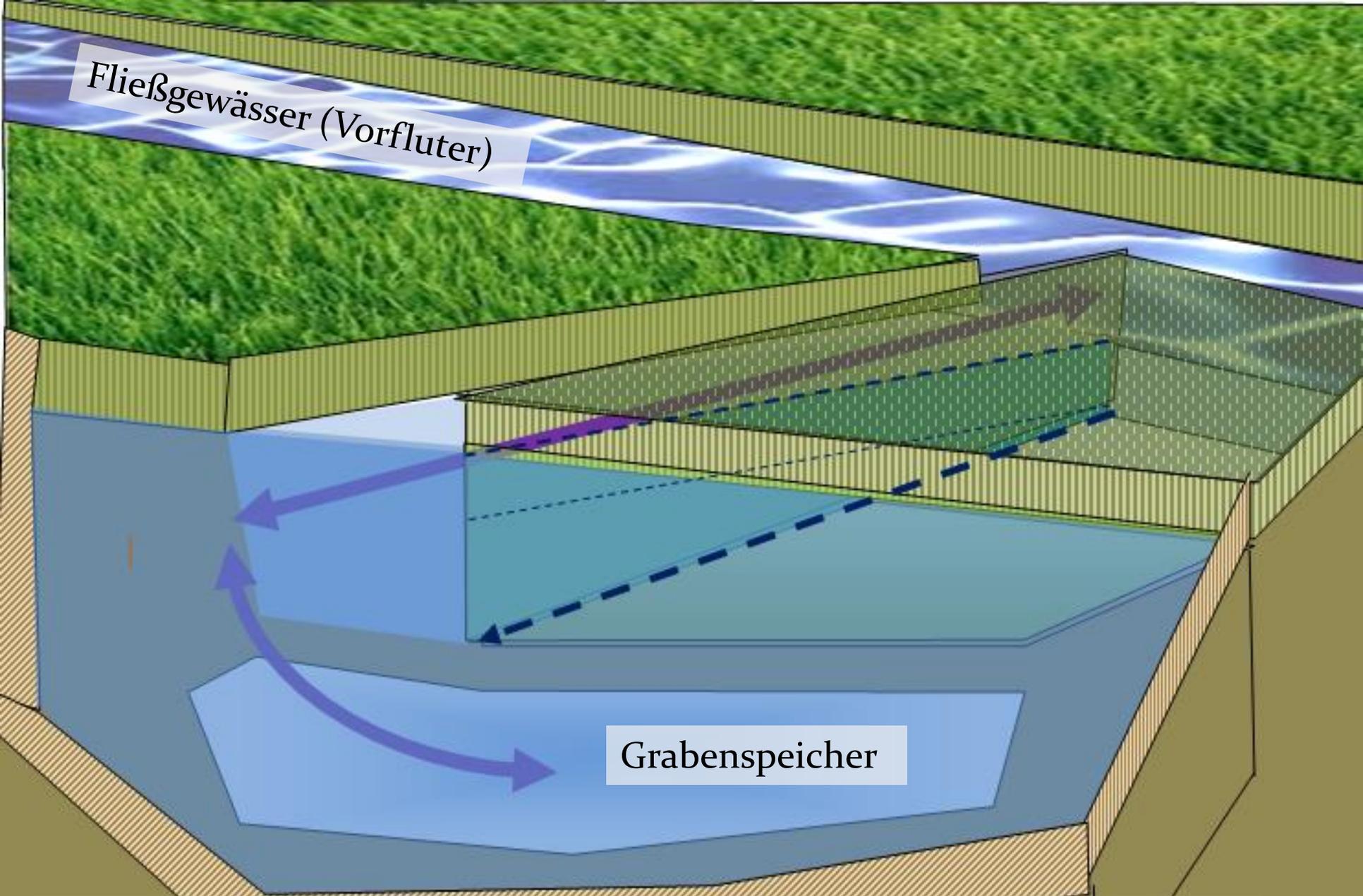
# Buhnen leiten Hochwasser in Muldenspeicher

(Collage)



Muldenpeicher





Grabenspeicher

Übergang Fließgewässer (Vorfluter) zum Grabenspeicher (schematisch)

# Grabenspeicher versus Drainagegraben bei Hochwasser

(schematisch)

**Ökologisches System:**  
= Wasserspeicherung

**Klassisches System:**  
= Wasserableitung

Bei Hochwasser sind beide Grabensysteme voll gefüllt.



Beim Grabenspeicher läuft das Wasser des Fließgewässers zurück zum tiefer liegenden Grabenteich.  
→ **Wasserrückhalt**

Bei zunehmendem Hochwasserstand muss das Wasser gegen die Steigung des Drainagegrabens anlaufen.  
→ **Kein Wasserrückhalt**

# Entwässerung nach Niederschlag

Normalwasser (schematisch)

**Ökologisches System:**  
= Wasserspeicherung

**Klassisches System:**  
= Wasserableitung



Hydraulisch vernetzt:  
Wasser wird in der Fläche durch  
Geländehohlräume (Kubaturen)  
nutzbringend zurückgehalten.

Hydraulisch **nicht** vernetzt:  
Wasser fließt ungenutzt aus der  
Fläche ab.

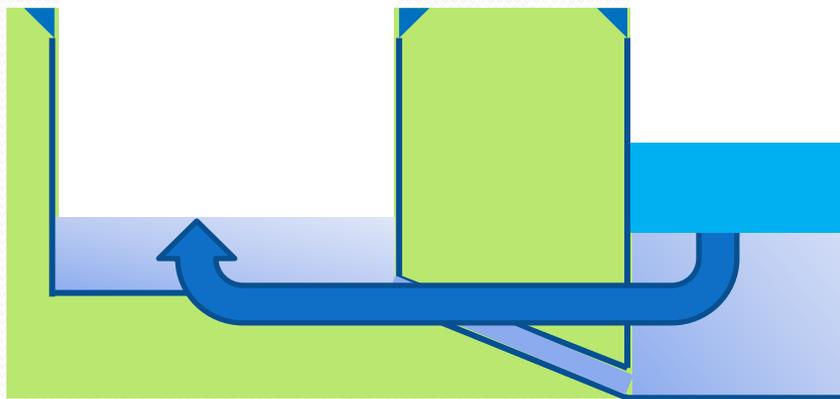
# Kubaturen als Wasserspender in Trockenzeiten (schematisch)

**Ökologisches System:  
= Wasserspender**

**Ausführung:**

Grabenspeicher, Grabenteich.

Hydraulisch **mit** dem Vorfluter vernetzt.



Wasser wird aus Grabenspeicher und Grabenteich (Kubaturen) in das Fließgewässer (Bach) gespendet. Wasserspeicherung in der Fläche.

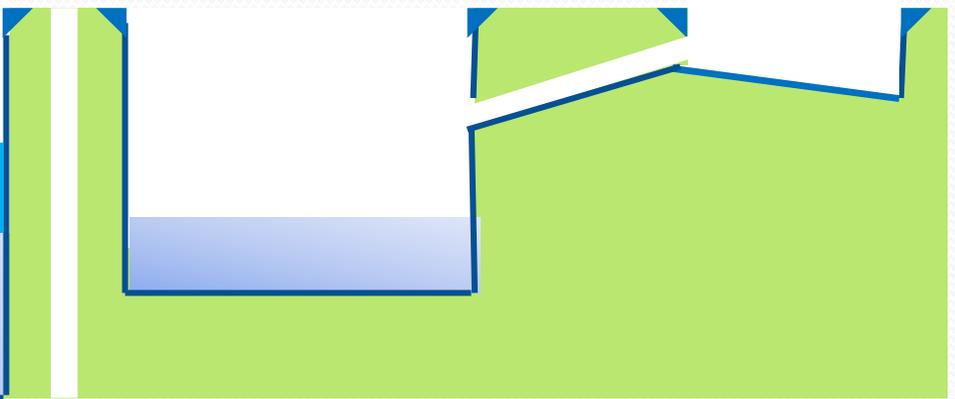
**Klassisches System:  
= Wasserabfluss**

**Ausführung:**

Drainagegraben, Tümpel.

Hydraulisch **nicht** mit dem Vorfluter vernetzt.

Folge: **Austrocknung**



Uneingeschränkter Abfluss. Keine Wasserspeicherung in der Fläche. Folge: Austrocknung des Fließgewässers.

# Grabenspeicher versus Drainagegraben

Niedrigwasser  
(schematisch)

**Ökologisches System:**  
= Wasserspender

**Klassisches System:**  
= Austrocknung



Das Retentionsnetz dient als Wasserspeicher. Gespeichertes Wasser fließt zum Vorfluter (Bach).

Im klassischen System erfolgt keine Wasserspeicherung. Die Folge ist eine allgemeine Austrocknung in der Fläche.

# Klassischer Drainagegraben bei Niedrigwasser (schematisch)

**Klassisches System:  
= Austrocknung**



Im klassischen System erfolgt keine Wasserspeicherung.  
Die Folge ist eine allgemeine Austrocknung in der Fläche und des Fließgewässers,  
und dies in der Regel in den Sommermonaten zur Hauptvegetationszeit.

# Ausgetrocknetes Fließgewässer

A photograph showing a dry, rocky stream bed. A small pool of water is visible in the center, reflecting the sky. The surrounding area is lush with green trees and grass. The stream bed is composed of many grey and brown stones of various sizes. The water is dark and still, with some ripples near the rocks. The background shows a dense line of trees under a bright sky.

*Folgen einer illegalen Wasserentnahme aus der Vils im Landkreis  
Dingolfing-Landau im August 2015*

Foto: Otto Feldmeier.

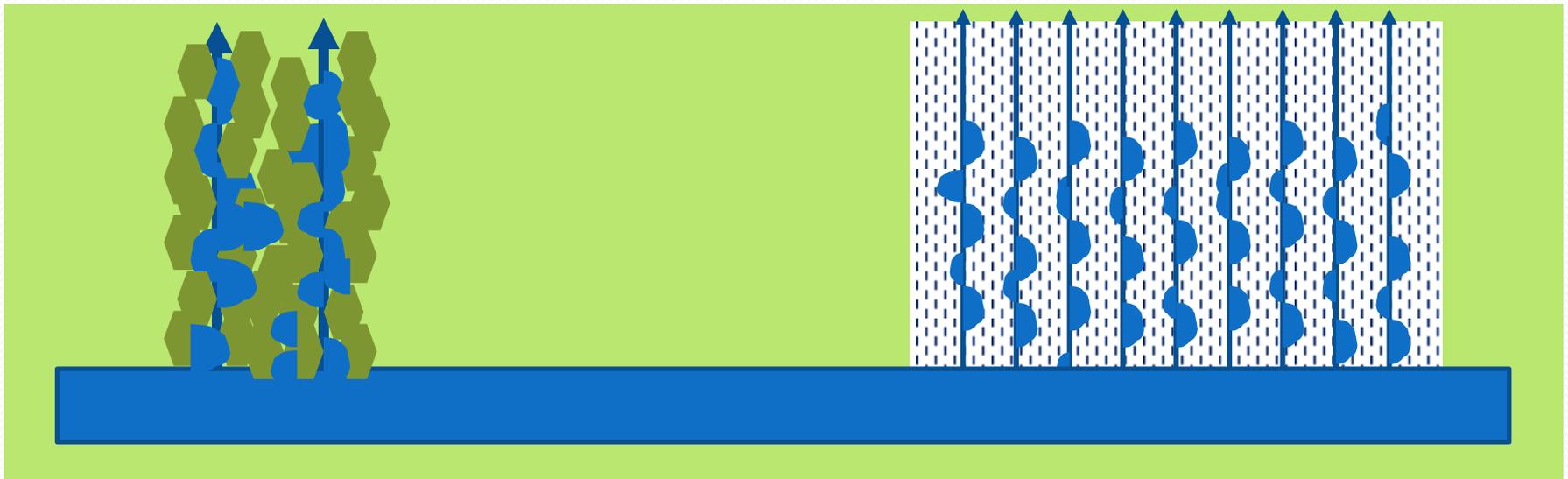
# Kapillarität - Kapillarkräfte

Wird Boden von Wasser völlig benetzt, so überziehen sich die Bodenteilchen mit einer dünnen Wasserschicht, genannt Kapillarwasser.

- Kapillarwasser ist aufsteigendes Grundwasser.
- Das Kapillarwasser wird in den Kapillaren des Bodens durch Kohäsion und Adhäsion festgehalten.
- Die Kohäsion entspricht der Saugspannung des Wassers, die Adhäsion ist die Anhangskraft zwischen Bodenteilchen und Wasser.
- Kohäsion und Adhäsion zusammen bewirken die Kapillarkraft, sodass das Wasser entgegen der Schwerkraft von selbst im Boden hochsteigt bis es zu einem statischen Gleichgewicht kommt.

# Kapillarität - Kapillarkräfte

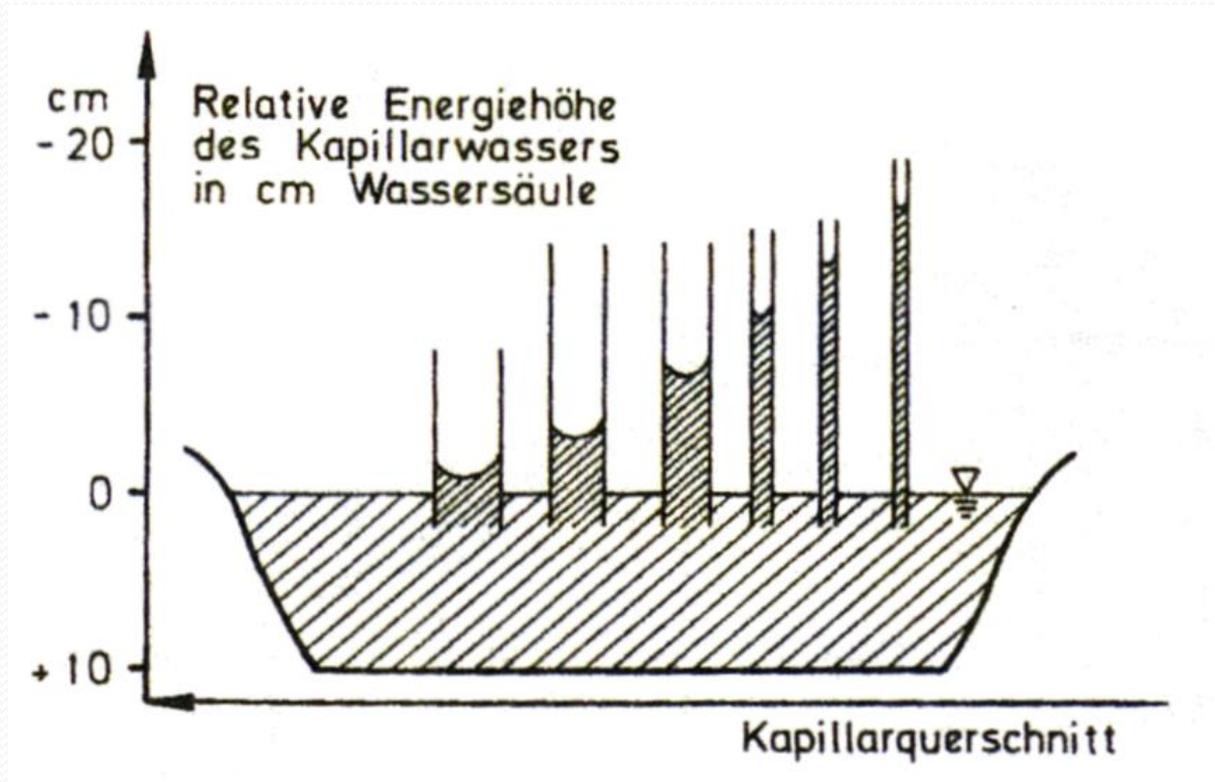
Kapillarwasser ist aufsteigendes Grundwasser



Die Kohäsion entspricht der Saugspannung des Wassers, die Adhäsion ist die Anhangskraft zwischen Bodenteilchen und Wasser.

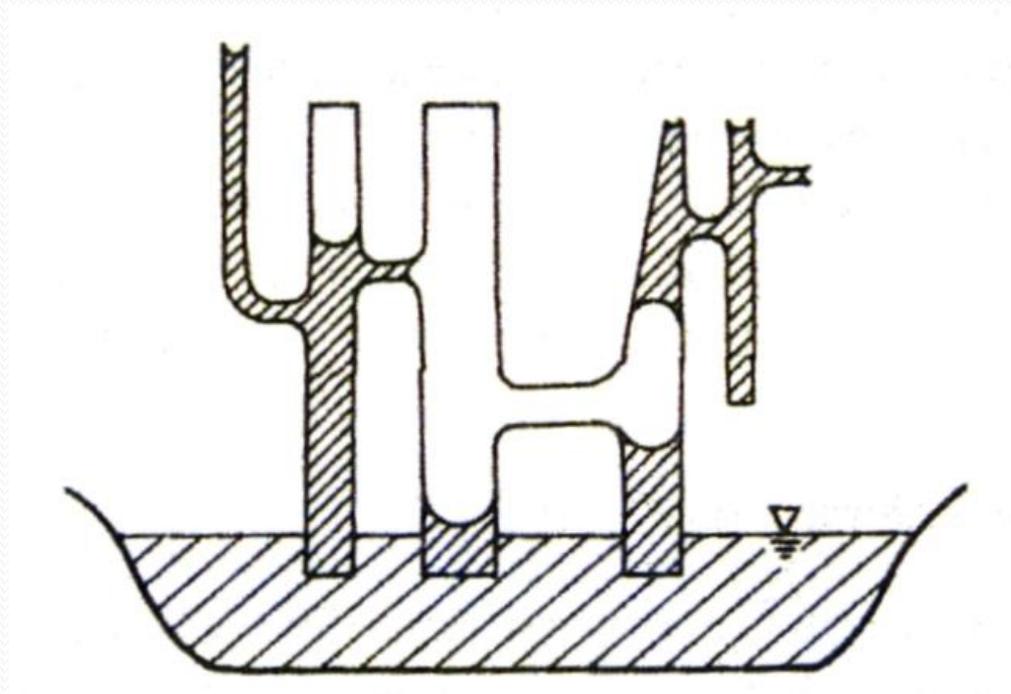
Kohäsion und Adhäsion zusammen bewirken die Kapillarkraft, sodass das Wasser entgegen der Schwerkraft von selbst im Boden hochsteigt bis es zu einem statischen Gleichgewicht kommt.

# Kapillar gebundenes Wasser: Energiestatus



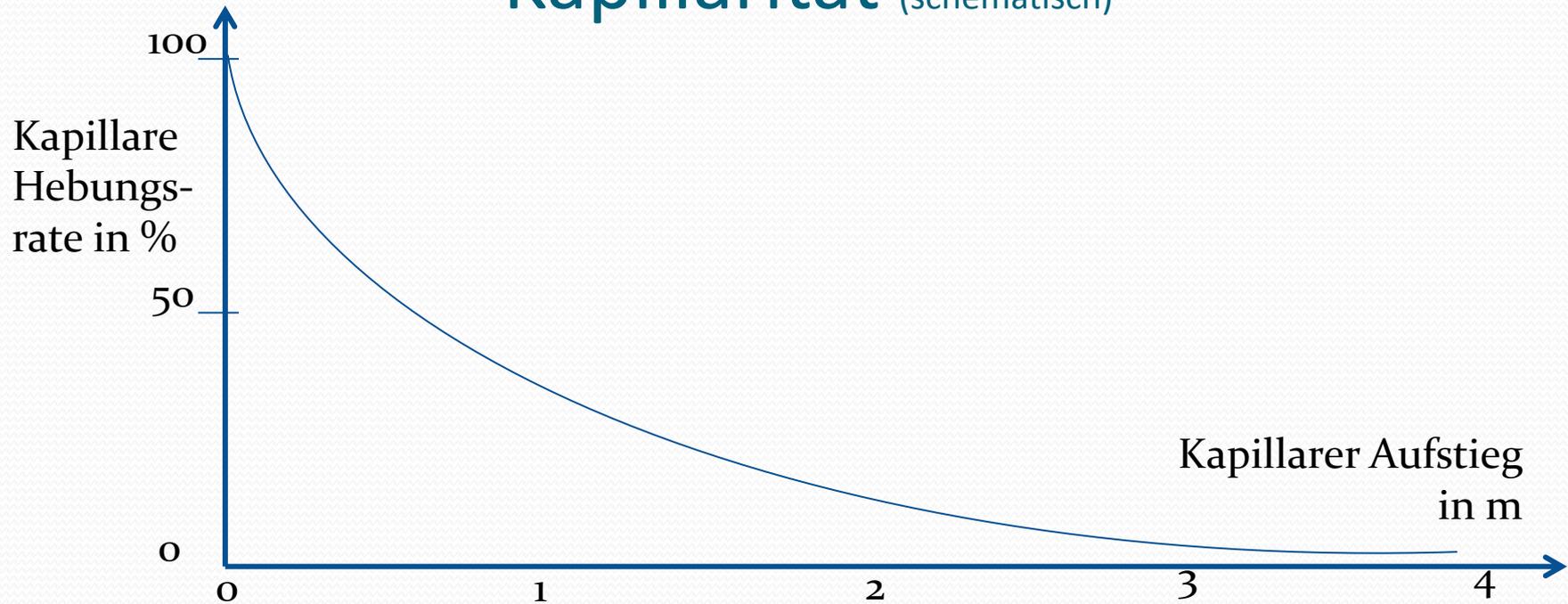
Energiestatus von Kapillarwasser (schematisch)

# Kapillar gebundenes Wasser: Wasserverteilung



Wasserverteilung in einem Netz vermaschter Kapillarröhren  
im Gleichgewichtszustand (stark idealisiert)

# Aufwärtsbewegung des Wassers im Boden: Kapillarität (schematisch)



- Effekte:
- Kapillare Hysterese in Niedermoorgebieten
  - Pedogenetische Veränderungen (Vermulmung und Vermurschung)
  - Nutzbare Feldkapazität (nFK) nimmt mit dem Grad der Vermurschung ab.
  - Bildung von präferenziellen Fließwegen
  - Lithologisches Einzugsgebiet

## Berechnung der Wasserbewegung im wasserungesättigten Boden ( $k_u$ ), kapillarer Wasseraufstieg (nach Koch 2008)

$$L_b = f_b \cdot k_u \cdot \exp(-h) - L_o$$

**L** : Breite für den kapillaren Aufstieg in m

**f<sub>b</sub>** : Proportionalfaktor in d/m

**k<sub>u</sub>** : Wasserdurchlässigkeit im wasserungesättigten Boden in m/d

**h** : Absenkungstiefe in m

**L<sub>o</sub>** : Konstante für  $h = 0$ , in m

**b** : Index für Bewässerung

## Begründung der Wasserbewegung im wasserungesättigten Boden ( $k_u$ ), kapillarer Wasseraufstieg (nach Koch 2008)

### **Geometrische Darstellung:**

Breitenverteilung des kapillaren Aufstiegs aus dem Bewässerungsgraben in Abhängigkeit von der Absenkungstiefe bei verschiedenen  $k_u$  – Werten im wasserungesättigten Boden. Es ergibt sich dabei eine Kurvenschar für die einzelnen  $k_u$  – Werte.

### **Mathematische Begründung:**

Viele Naturvorgänge, wie z. B. das Wachstum von Pflanzenzellen, Bakterien oder Waldkulturen vollziehen sich in guter Annäherung nach dem Prinzip einer konvergenten Zahlenreihe.

# Kapillarität: Grabenspeicher versus Drainagegraben

## Normalwasser, Trockenheit (schematisch)

**Ernteertragssteigerung:**  
Grabenspeicher, Grabenteich.  
Hohe Kapillarität durch perennierendes  
Gewässer .

**Ernteverlust:**  
Drainagegraben, .  
Keine Kapillarität wegen Wassermangels.



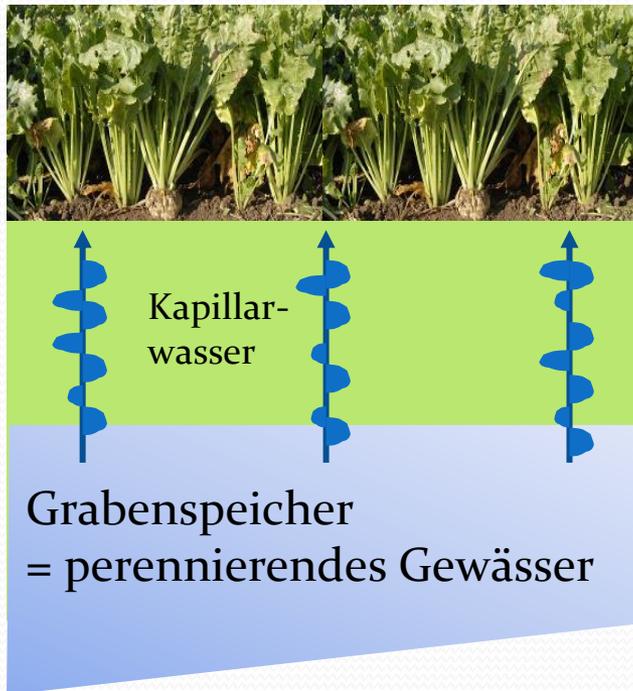
Der Wasserverbrauch wird unterhalb der grünen Linie durch die Kapillarität ausgeglichen. Das Pflanzenwachstum wird gefördert, der Ernteertrag gesteigert.

Kein Wasser im Drainagegraben vorhanden. Die Kapillarwirkung bricht zusammen. Die Bodenkrume trocknet aus. Vegetationsdepression bis hin zur Dürre.

# Kapillarer Wasseraufstieg

*Trockenheit (schematisch)*

**Grabenspeicher**  
(ökologisch)



- Grabenspeicher ganzjährig Wasser führend.
- Kapillarer Wasseraufstieg zur Vegetation (Wurzelbereich).
- Ernteertragsteigerung

**Drainagegraben**  
(klassisch)



- Drainagegraben ausgetrocknet.
- Kein kapillarer Wasseraufstieg zur Vegetation möglich.
- Wurzelbereich „verdurstet“.
- Ernteverlust

# Grabenspeicher konservieren kultivierte Moore und leisten einen Beitrag zum Klima- und Gewässerschutz

**Grabenspeicher** (ökologisch)  
= perennierendes Gewässer  
= ganzjährig Wasser führend

**Drainagegraben** (klassisch)  
= temporäres Gewässer  
= periodisches, längeres  
Trockenfallen



Flächige Durchnässung des  
Torfkörpers  
(Moorkonservierung).

Periodisches, längeres  
Trockenfallen des Torfkörpers  
(Moorzerstörung).

## Grabenspeicher konservieren kultivierte Moore und leisten einen Beitrag zum Klima- und Gewässerschutz

Ganzjähriger kapillarer Wasseraufstieg im Grabenspeicher bewirkt:

- Flächige Durchnässung des Torfkörpers (Moorkonservierung).
- Sicherung des im Moor vorhandenen Kohlenstoff- und Stickstoffvorrats.

Konsequenz: wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

Periodisches, längeres Trockenfallen im Drainagegraben verhindert den kapillaren Wasseraufstieg.

Dies bewirkt:

- Luftzutritt in den oberen Torfschichten bewirkt mikrobielle Aufzehrung bzw. Mineralisation der Torfe.
- Infolge der Torfzersetzung werden die darin gebundenen Stoffe wie Kohlenstoff und Stickstoff an Grund- und Oberflächengewässer sowie an die Atmosphäre abgegeben.

Konsequenz: Eine ehemalige Stoffsenke wird zur klima- und gewässerschädigenden Stoffquelle.

## Grabenspeicher reduzieren die Nährstoffauswaschung (schematisch)

**Grabenspeicher** (ökologisch)  
= perennierendes Gewässer,  
ganzjährig Wasser führend.

**Drainagegraben** (klassisch)  
= temporäres Gewässer,  
ausgetrocknet in Sommermonaten



Ganzjähriger kapillarer  
Wasseraufstieg

Kein kapillarer Wasseraufstieg.  
Schrumpfungen und  
präferenzielle Fließwege.

# Grabenspeicher reduzieren die Nährstoffauswaschung

Ganzjähriger kapillarer Wasseraufstieg.

- Reduzierte Wasserpermeabilität im Bodenkörper (= Abfluss verzögernd)
- keine Schrumpfungsvorgänge im Bodenkörper
- keine Bildung präferenzieller Fließwege.

Konsequenz: Minderung der Nährstoffauswaschung, z.B. Nitrat und Phosphat.

Drainagegraben ausgetrocknet.  
Dies bedeutet:

- Kein kapillarer Wasseraufstieg
- Schrumpfungsvorgänge im Bodenkörper
- Bildung präferenzieller Fließwege
- erhöhte Abflüsse

Konsequenz: erhöhte Nährstoffauswaschung, z.B. Nitrat und Phosphat.  
Belastungsfaktoren für die Gewässerqualität und das Grundwasser.

# Grabenspeicher filtern und reinigen das Sickerwasser

Grabenspeicher (ökologisch):  
Pufferfunktion für sorbierbare Schadstoffe



Entwässerungsgeschwindigkeit: ca. 1 m/h.  
Speicherung der Nährsalze und biologische Fixierung der Nährsalze durch Wasserorganismen, Protozoen und Wasserpflanzen.  
→ Reinigung des Wassers

Drainagegraben (klassisch):  
Keine Pufferfunktion für Schadstoffe



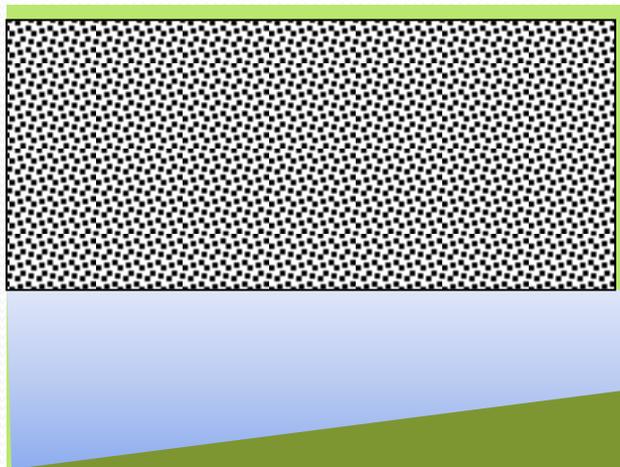
Entwässerungsgeschwindigkeit: bis 4.000 m/h.  
Schneller Abfluss von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln in kanalisiert Rinnen in die Fließgewässer.  
→ Eutrophierung und Kontamination

# Melioration – verbesserte Bodendurchlüftung

## Grabenspeicher versus Drainagegraben (schematisch)

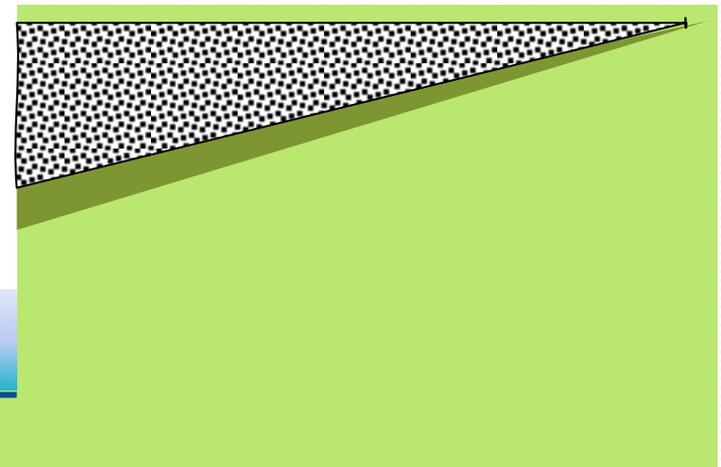
**Ertragssteigerung bei gleichbleibender Produktionsleistung**

**Grabenspeicher** (ökologisch)  
Mehr als doppelte Fläche für die Luftdiffusion.



Bodenverbesserung durch verbesserte seitliche Durchlüftung.  
Ertragssteigerung bei der Pflanzenproduktion.

**Drainagegraben** (klassisch)  
Einfache Fläche für die Luftdiffusion.



Verdichteter Boden.  
Schwache seitliche Belüftung.  
Keine Ertragssteigerung bei der Pflanzenproduktion.

# Melioration – verbessertes Wasserregime

## Grabenspeicher versus Drainagegraben (schematisch)

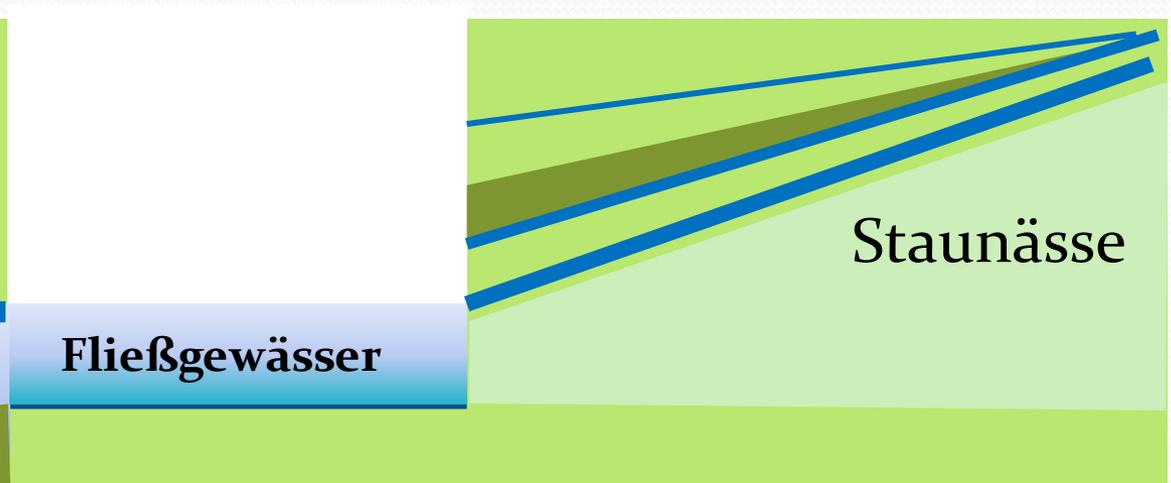
Feuchtigkeitsverteilung oberhalb des Grundwasserspiegels

**Grabenspeicher**  
(ökologisch)



**Gleichmäßige Durchfeuchtung** des Bodenkörpers oberhalb des Grundwasserspiegels über die Gesamtlänge des Grabenspeichers.

**Drainagegraben**  
(klassisch)



**Ungleichmäßige Durchfeuchtung** des Bodenkörpers oberhalb des Grundwasserspiegels. Deutlich ansteigender Grundwasserspiegel mit Staunässe.

# Melioration – verbesserte Bodenstruktur

## Grabenspeicher versus Drainagegraben (schematisch)

Ertragssteigerung bei gleichbleibender Produktionsleistung

**Grabenspeicher**  
(ökologisch)



Fließgewässer

**Drainagegraben**  
(klassisch)



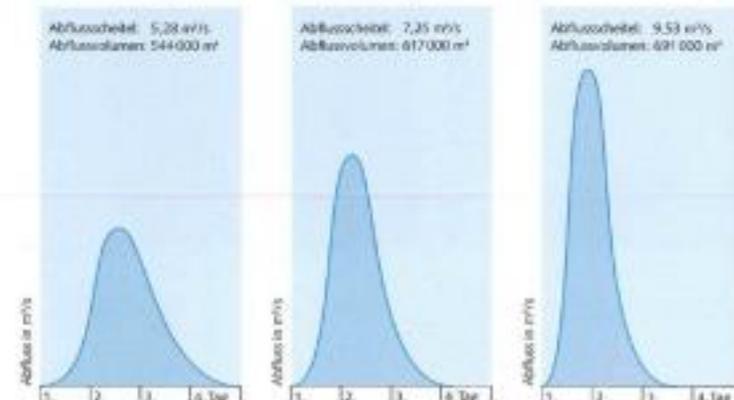
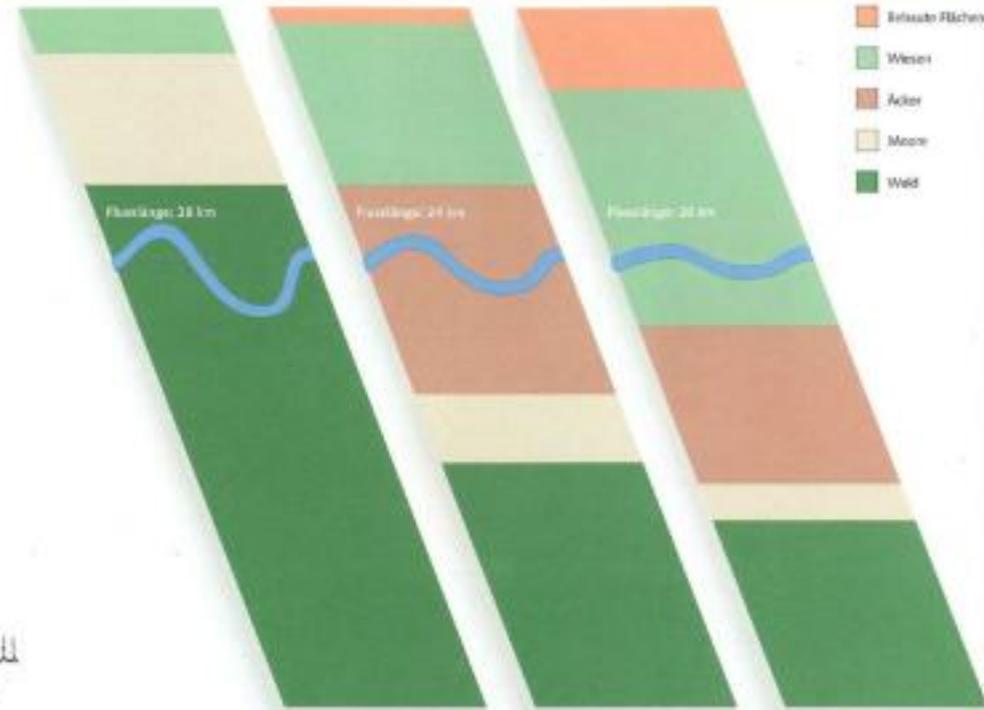
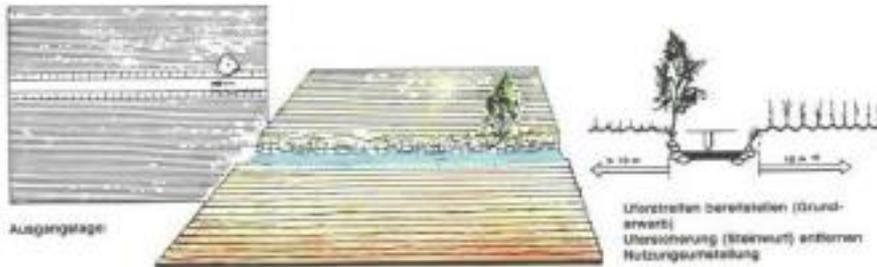
Konstanter Grundwasserspiegel über die gesamte Länge des Grabenspeichers.  
Verbesserte Bodenstruktur und Bodenbelüftung.  
Höhere Aktivität der Bodenbiologie.

Kontinuierlich ansteigender Grundwasserspiegel mit zunehmender Länge des Drainagegrabens.  
Staunässe mindert die Bodendurchlüftung.  
→ Nasser Boden, anaerobe Bodenmatrix, verkümmertes Bodenleben.

## Prozesse

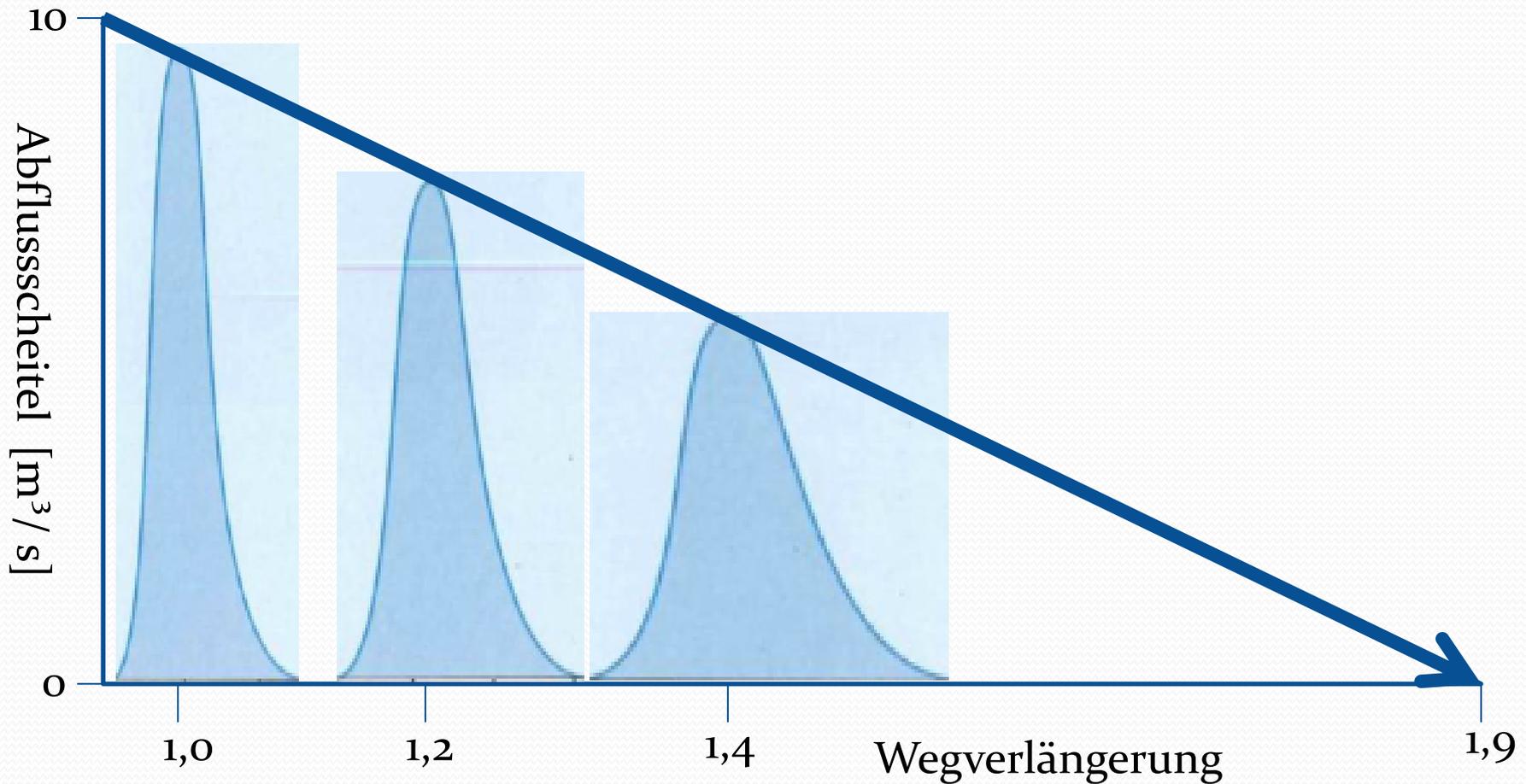
### Retention und Wellenablauf:

- Speicherung im Gewässerbett (Lauflänge, Rauheit)
- Ausuferung (Profilform)
- Speicherung in der Aue (Landnutzung, Rauheit)

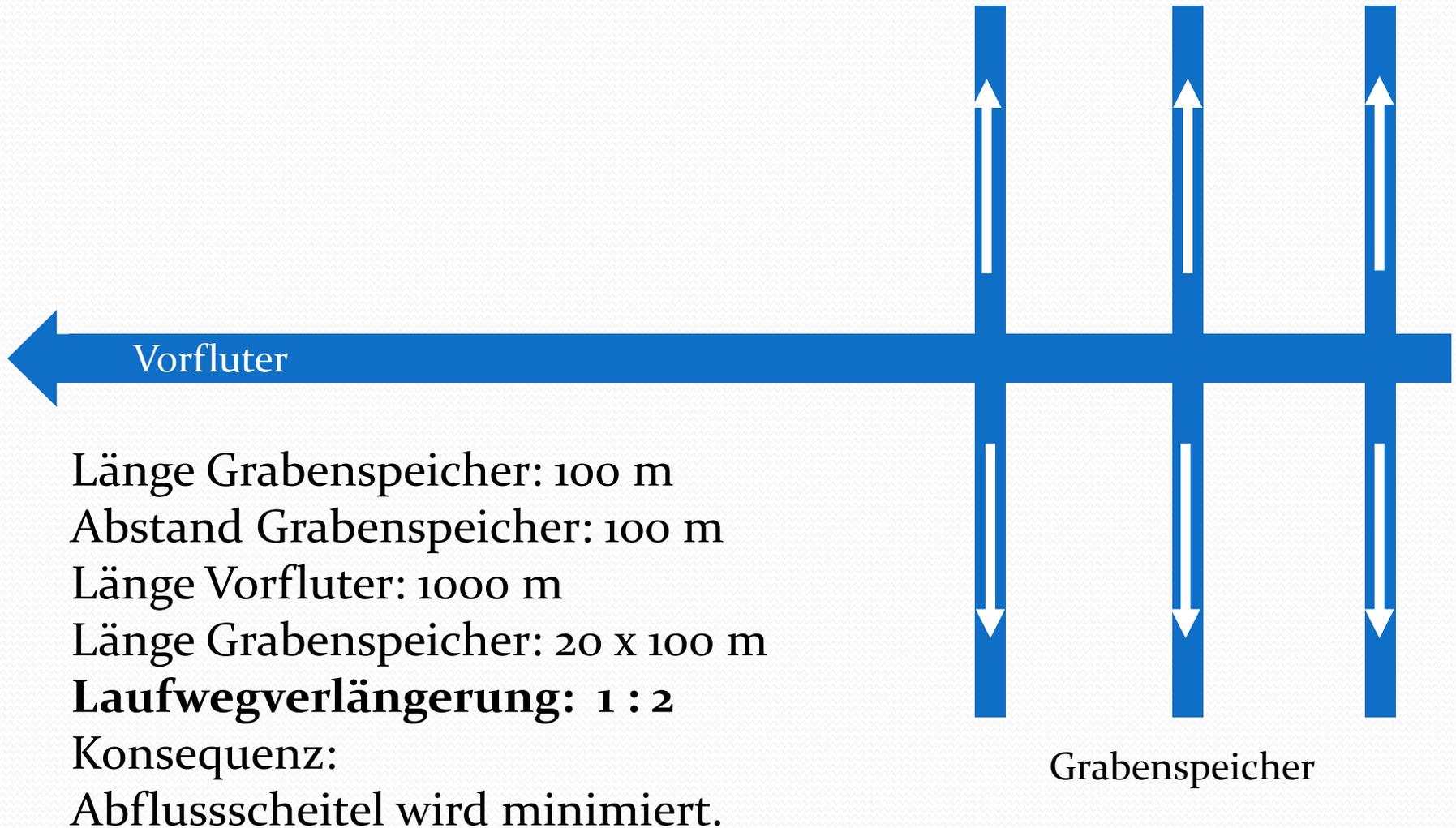


# Retention und Wellenablauf

Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt

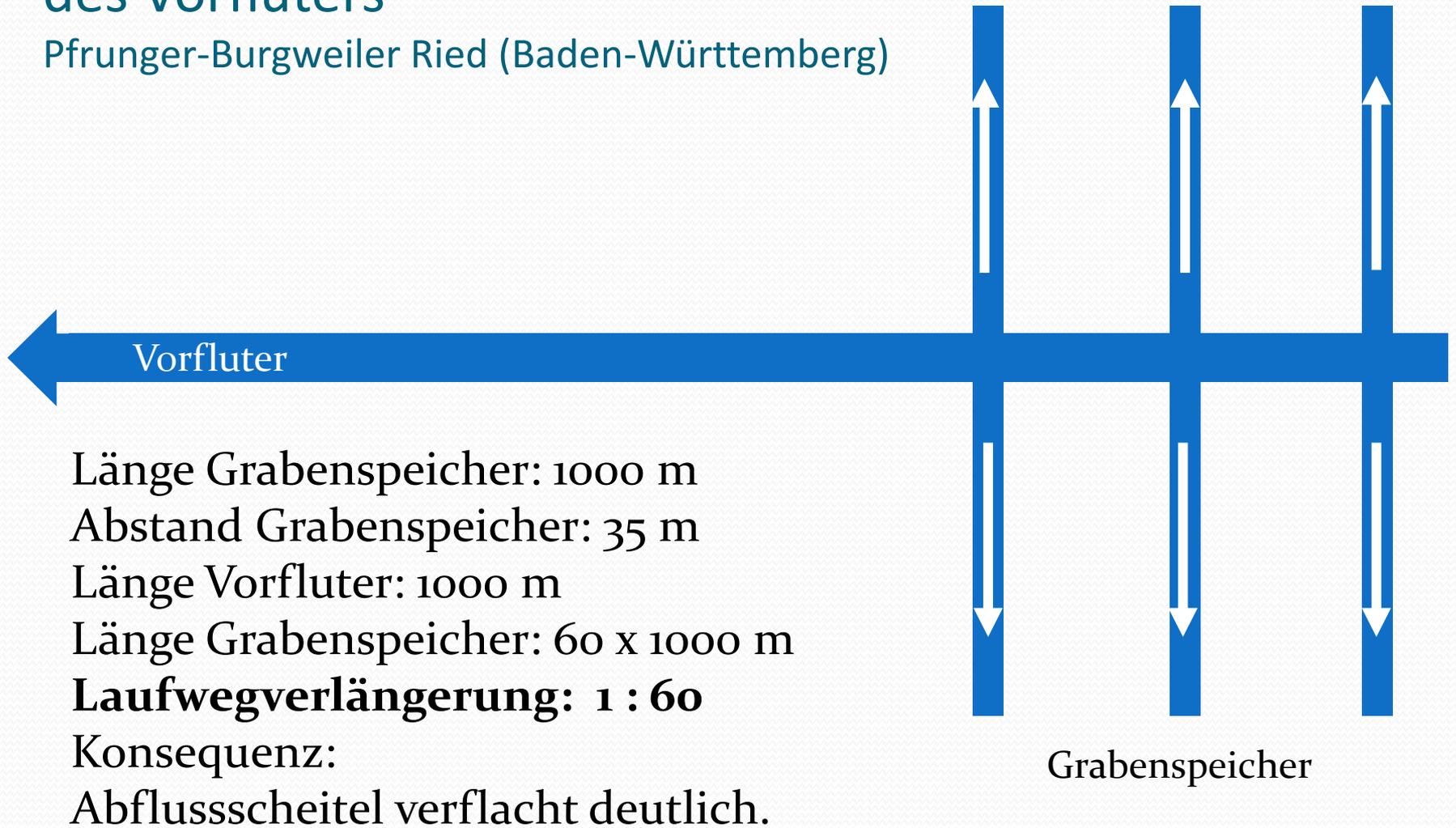


# Symptomatisches Beispiel einer Laufwegverlängerung



# Konkretes Beispiel für eine extreme Laufwegverlängerung des Vorfluters

Pfrunger-Burgweiler Ried (Baden-Württemberg)



Länge Grabenspeicher: 1000 m

Abstand Grabenspeicher: 35 m

Länge Vorfluter: 1000 m

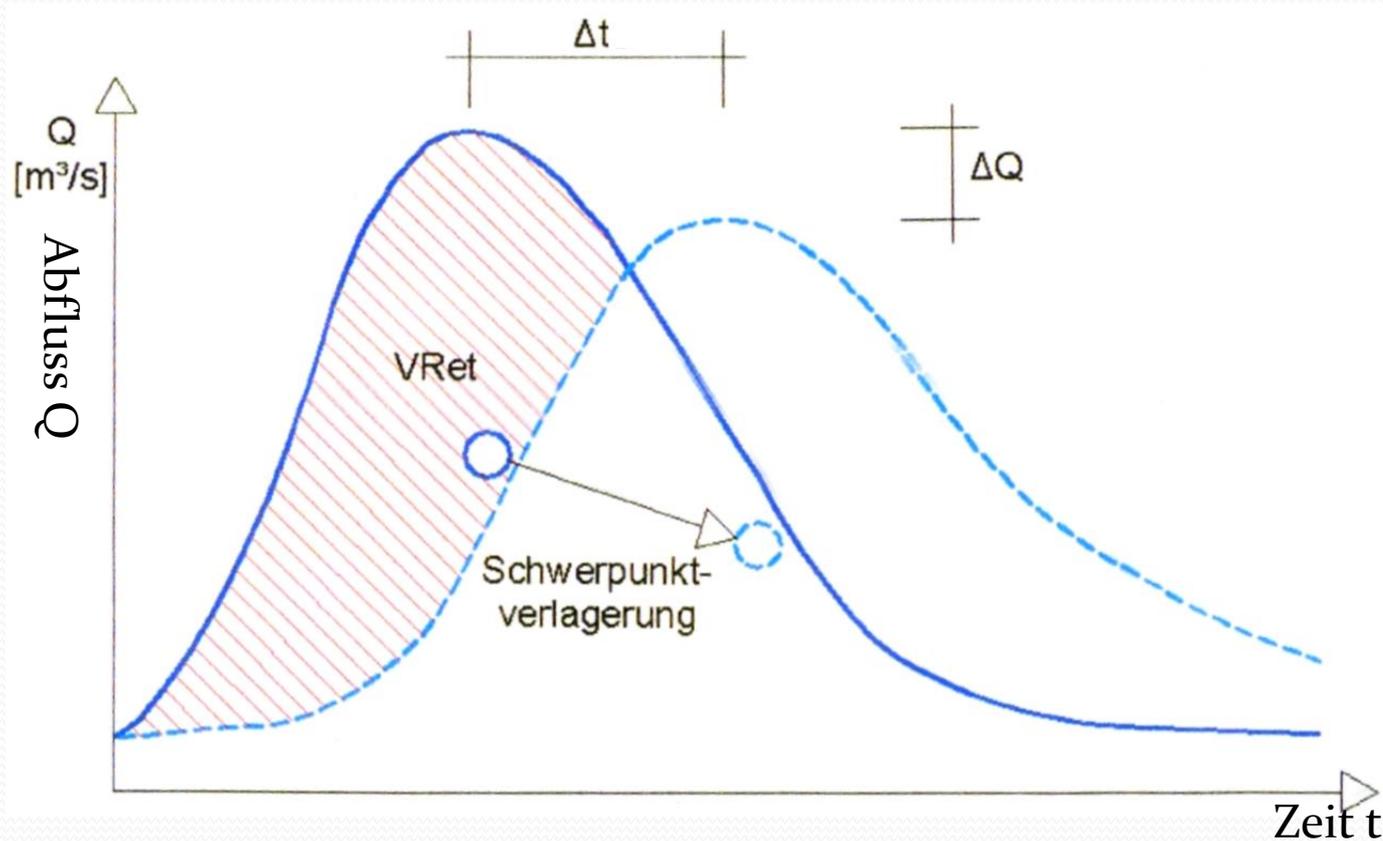
Länge Grabenspeicher: 60 x 1000 m

**Laufwegverlängerung: 1 : 60**

Konsequenz:

Abflussscheitel verflacht deutlich.

# Retentionswirkung auf Hochwasserwelle



$\Delta t$ : Wellenverzögerung infolge Translation

$\Delta Q$ : Scheitelabminderung infolge Retention

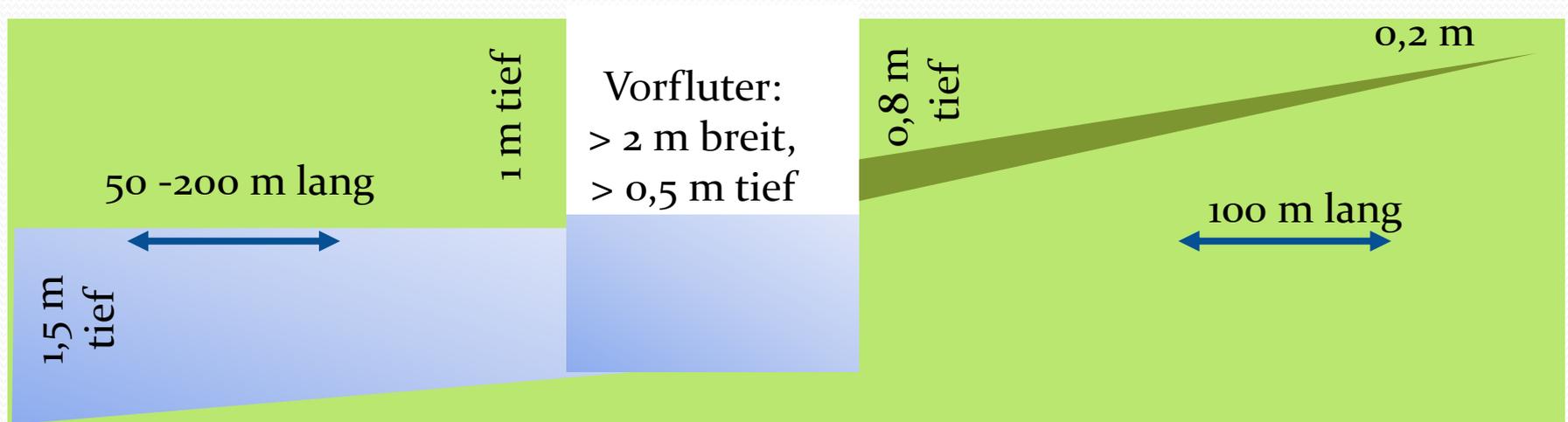
$V_{\text{Ret}}$ : Retentionsvolumen

# Maßangaben Grabenspeicher versus Drainagegraben

## Normalwasser (schematisch)

Grabenspeicher (ökologisch)

Drainagegraben (konventionell)



Beim Grabenspeicher ist der Wasserspiegel identisch mit dem des Vorfluters. Die Sohle des Grabenspeichers ist kontinuierlich fallend gegenüber der Sohle des Fließgewässers ( $> 0,2 \%$ , falls möglich  $> 1 \%$ ).

Der Drainagegraben beginnt oberhalb der Wasserhöhe des Fließgewässers und endet an der Fluroberkante. Die Sohle des Drainagegrabens ist kontinuierlich ansteigend (ca.  $1 - 2 \%$ ).

# Warum wir aus Drainagegräben Wasserspeicher schaffen müssen

Die Bedeutung der Grabenspeicher geht weit über den dezentralen Hochwasserschutz hinaus.

## Grabenspeicher

- speichern ganzjährig Wasser
- filtern und reinigen das Wasser
- stützen Gewässer bei Niedrigwasser durch Sommerabfluss
- gleichen Grundwasserschwankungen aus
- konservieren kultivierte Moore
- sind Meliorationsmaßnahmen für die Land- und Forstwirtschaft
- bewirken eine Ertragssteigerung in der Land- und Forstwirtschaft

## Grabenspeicher

- kühlen das Kleinklima und sorgen für Frischluft
- haben eine frostmildernde Wirkung, Spätfrostschäden werden gemildert
- leisten einen Beitrag zum Klimaschutz
- prägen die Landschaft
- als perennierendes Gewässer beherbergen eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt.

# Konvenienz für das Kubaturen-Modell

- ❖ **kostengünstig**, da keine bautechnischen Maßnahmen erforderlich
- ❖ **geringer Flächenverbrauch** durch eine kubisch angelegte Maßnahme („*Raum statt Fläche!*“)
- ❖ **minimaler Planungsaufwand**
- ❖ **Einfachheit**, weil naturnah und ohne menschliche oder technische Steuerung
- ❖ **ökologisch wertvoll** (Biodiversität, Biotop-Vernetzung u.a.)
- ❖ **ökologische Durchgängigkeit** zum Fließgewässer für die Aquafauna
- ❖ **dauerhafte aquatische Lebensgemeinschaft** (perennierendes Gewässer)
- ❖ **naturnah** in die Landschaft integriert
- ❖ **Synergien** für Mensch, Natur und Umwelt durch Verbesserung der Strukturgüte und des Landschaftsbildes
- ❖ **Ertragssteigerungen** in der Land- und Forstwirtschaft durch Verbesserung der Bodenstruktur.

# Naturnahe Wasserrückhaltung: Übersicht und Konsequenzen

*Begriffe: „Kubaturen-Modell“, „Wasserschaukel“, dezentraler Hochwasserschutz.*

- 1. Präventiver Hochwasserschutz:** Vermeiden oder vermindern immenser materieller Werte durch Vernetzen natürlicher Geländehohlformen und Anlegen von Kleinrückhaltespeicher (z. B. „Kubaturen-Modell“) sowie weitere Einzelmaßnahmen aus einem Bündel an weiteren dezentralen Möglichkeiten.
- 2. Feld-, Torf- und Waldbrände beherrschbar machen: Feuerprävention**  
Naturnahe Wasserdepots und Löschteiche in der Landschaft anlegen.
- 3. Gefahr von Dürren und Hitzewellen mindern:**  
Wasserrückhaltung in der Fläche und Ausgleich in Trockenzeiten.
- 4. Verbesserung des Landschaftwasserhaushaltes:**  
Infiltration, Wasserspeicherung und Qualitätsverbesserung.
- 5. Minimierung der Eutrophierung von Fließ- und Stillgewässer:**  
Biologische Fixierung wasserlöslicher Nährsalze.

6. **Klimaschutz:** CO<sub>2</sub>-Vermeidung und CO<sub>2</sub>-Absorption.
7. **Natur- und Landschaftschutz:** Biotop-Vernetzung.
8. **Biotop-Neuschaffung:** Biodiversität vermehren.
9. **Bodenverbesserung, Ernteertragsteigerung:** Melioration.
10. **Flutmulden für Land- und Forstwirtschaft:**  
Geeignete Alternative zu großen Rückhaltebecken.
11. **Soziale Verantwortung:**  
Abkehr vom *Hydrologischen Sankt-Florians-Prinzip*, dafür soziale Verantwortung hinsichtlich Hochwasserschäden gegenüber Anwohnern flussabwärts und Gründung eines „*Nationalen Bachprogramms*“ sowie eine Grenzen überschreitende „*Hochwasserschutz-Ökoallianz*“.
12. **Moral:** Schadenshochwasser zu vermeiden gebietet die Menschlichkeit.



**Für Ihre Aufmerksamkeit bedanken wir uns.**