

Modul 42-2-09

Grundlagen Landnutzung und Wasserbewirtschaftung

VL Einführung in das Wasserwesen

Teil Hydromelioration

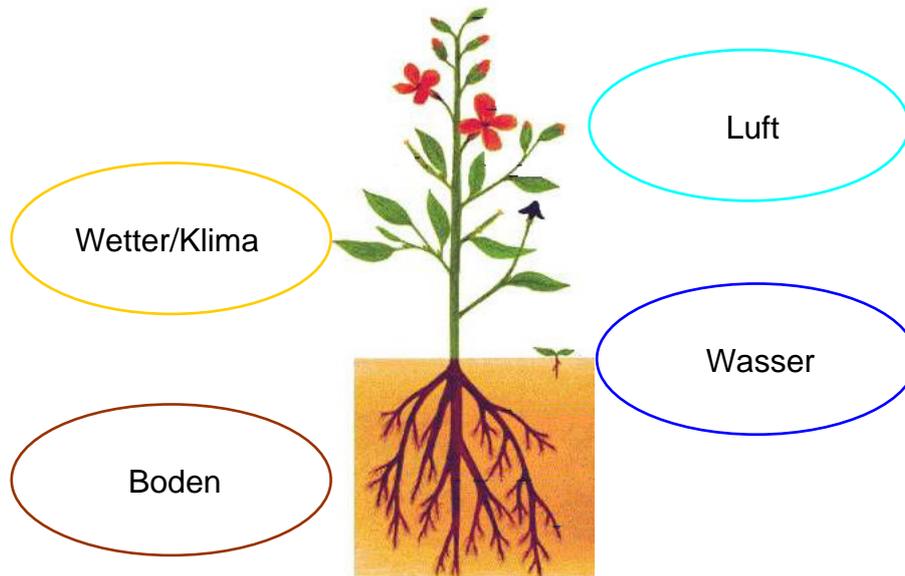


## Einführung

meliorare = verbessern

- eine der ältesten technischen Wissenschaften
- umfasst Entwurf, Bau, Betrieb und Unterhaltung von Anlagen, die der Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit dienen
- wasserbaulich-technische Maßnahmen, die den Ertrag und die Ertragsicherheit nachhaltig erhöhen, den Bestand der Landschaft sichern, eine dauernde Erleichterung bei der Bewirtschaftung bringen

## Einführung

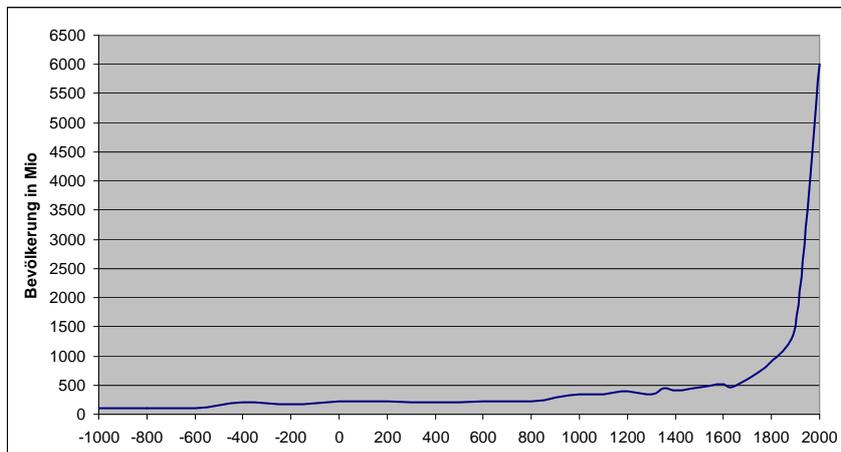


## Einführung - Wasserbedarf

in Mitteleuropa benötigt ein Mensch pro Jahr:

- ca. 1m<sup>3</sup> Wasser zum Trinken  
(muss zur Verfügung stehen)
- ca. 20 bis 60m<sup>3</sup> Wasser für Reinigung und Hygiene  
(sollte zur Verfügung stehen)
- ca. 200m<sup>3</sup> Wasser für industrielle Nutzung  
(stark variabel und technisch beeinflussbar)
- > 1000m<sup>3</sup> Wasser für landwirtschaftliche Nahrungsproduktion
- > 2000m<sup>3</sup> Wasser für Nahrungsproduktion in Industriestaaten

## Entwicklung der Weltbevölkerung



## Entwicklung der Weltbevölkerung

- Vervierfachung der Weltbevölkerung von 1900 bis 2000
- **niedrige Variante:** Verfünffachung der Weltbevölkerung von 1900 bis 2050
- **mittlere Variante:** Versechsfachung der Weltbevölkerung von 1900 bis 2050
- **hohe Variante:** Versiebenfachung der Weltbevölkerung von 1900 bis 2050

1900: 1,5 Mrd.

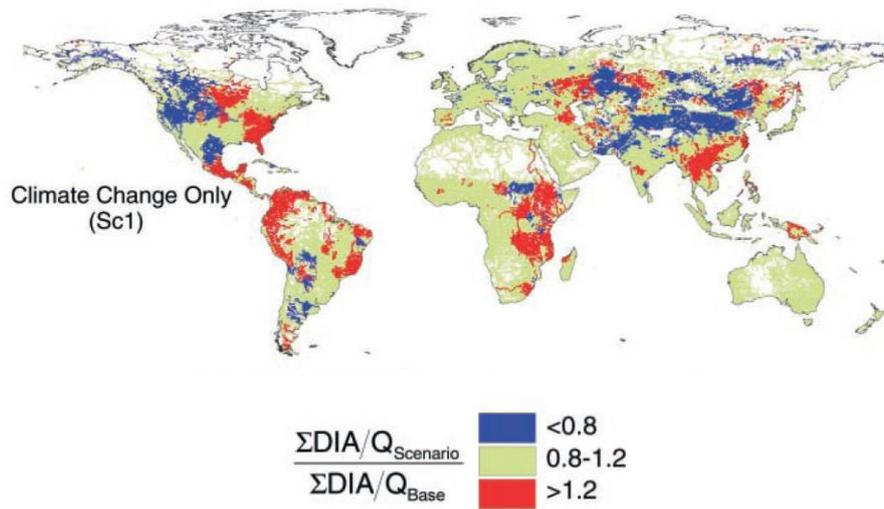


2050: niedrig 7,7 Mrd.  
 mittel 8,9 Mrd.  
 hoch 11,2 Mrd.



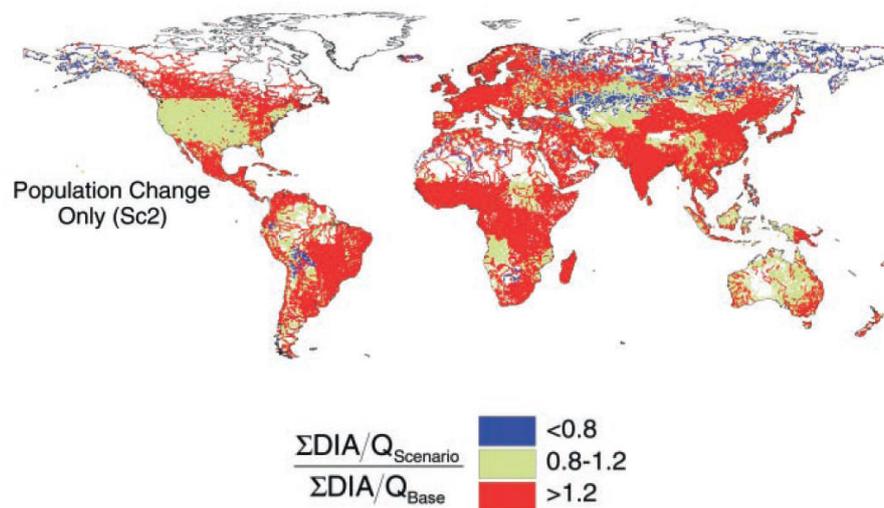
Quelle: Deutsche Stiftung Weltbevölkerung

## erwartete Entwicklung des Wasserstress bis 2050



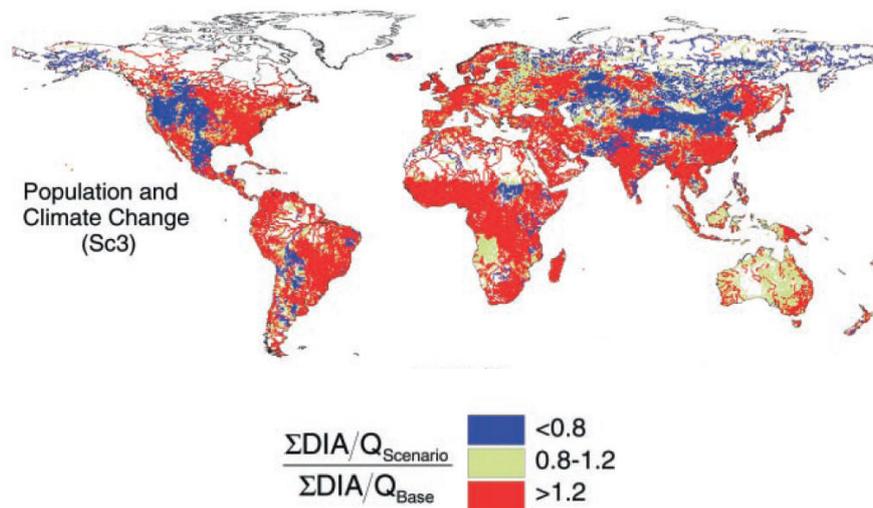
Quelle: Vörösmarty et al. (2000): Science, Vol.289. no. 5477, pp. 284-288.

## erwartete Entwicklung des Wasserstress bis 2050



Quelle: Vörösmarty et al. (2000): Science, Vol.289. no. 5477, pp. 284-288.

## erwartete Entwicklung des Wasserstress bis 2050



Quelle: Vörösmarty et al. (2000): Science, Vol.289. no. 5477, pp. 284-288.

## Wasserverbrauch in der Landwirtschaft

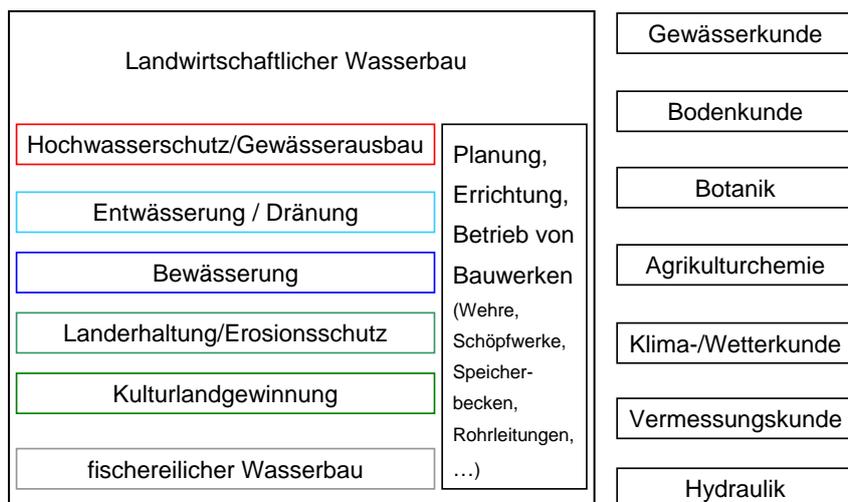
- zwei Drittel des weltweit verfügbaren Wassers wird in der Landwirtschaft verbraucht
- 60 % davon gehen durch ineffiziente Bewässerung verloren
- 30 bis 40 % der weltweit produzierten Nahrungsmittel sind von künstlicher Bewässerung abhängig
- um die steigende Zahl der Menschen ernähren zu können, müssen immer mehr Abbaufächen erschlossen und bewässert werden.

## Konflikte um Wasser

Türkei	(Ilisu-Projekt)	→	Syrien, Irak
Ägypten	(Toshka-Projekt)	→	Sudan, Äthiopien
Kirgisistan, Tadschikistan	(Aralsee)	→	Usbekistan, Kasachstan
USA		→	Mexiko
Israel	(Golanhöhen)	→	Syrien



## Einführung - Teilgebiete

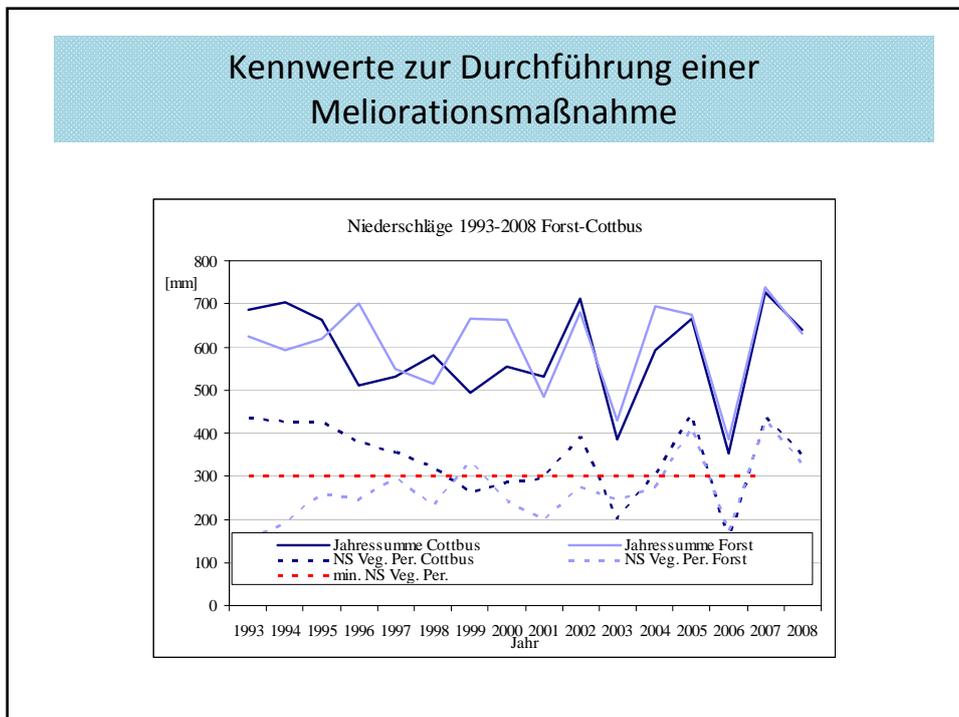
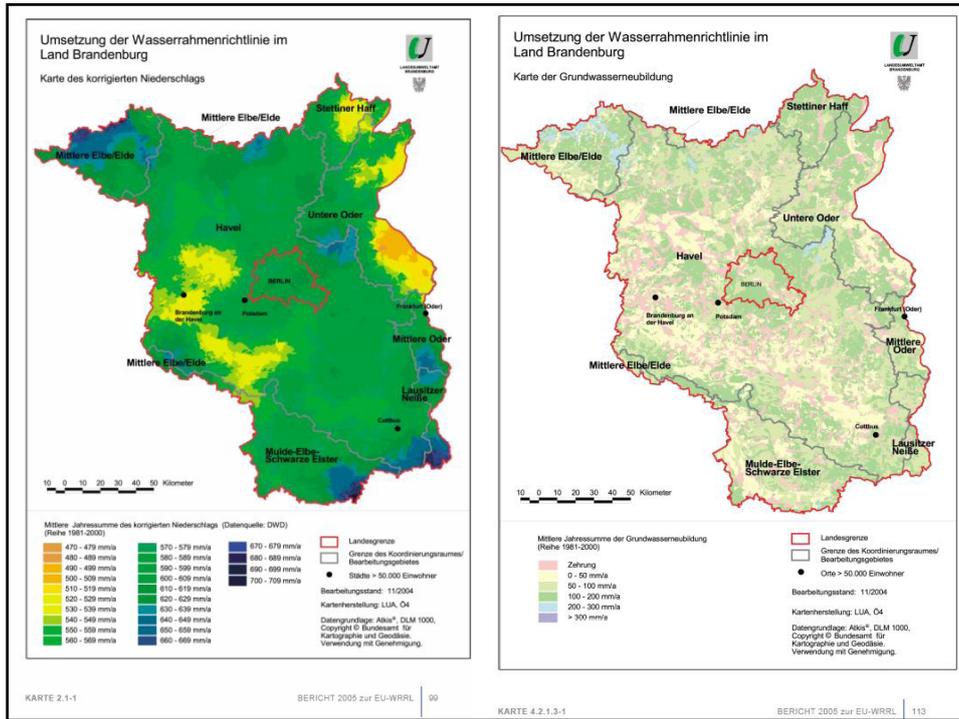


## Grundlagen

- Kennwerte zur Durchführung von Meliorationsmaßnahmen
- Charakterisierung von Böden und Bodeneigenschaften
- Bodenwasserhaushalt

## Kennwerte zur Durchführung einer Meliorationsmaßnahme

- Klimatische Kennwerte  
Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte, Verdunstung, Häufigkeit extremer Jahre und Jahresabschnitte
- Hydrologische Kennwerte  
Wasserstände- und schwankungen bei Oberflächen- und Grundwässern, Zu- und Abfluß, Fremdwasserzufluß, Größe der ober- und unterirdischen Einzugsgebiete, Rückstau bei Hochwasser



## Kennwerte zur Durchführung einer Meliorationsmaßnahme

- **Bodenkennwerte (physikalische, chemische und biologische Kennwerte)**
  - u. a. Körnungsart, Korngrößenverteilung, Substanz- und Porenvolumen, Porengrößenverteilung, Dichte, Plastizität, pH-Wert, Humusgehalt, Horizontaufbau, Sorptionsvermögen
  
- **Geländekennwerte**
  - u. a. Hangneigung, Mesorelief, Gefälleverhältnisse, Höhenlage, Bodenbedeckung, nutzbare Flächengrößen und -formen

## Bodeneinteilung: Bodentypen



Bodenbestandteile:

- mineralische und organische Substanzen (Humus)
- Wasser mit gelösten Stoffen
- Luft

**Böden sind Wasser- und  
Nährstoffspeicher!**

Bodentypen Mitteleuropas

anhydromorph

(nicht durch Wasserüberschuss geprägt):

z. B.: Schwarzerde, Braunerde, Podsol

hydromorph

(durch Wasserüberschuss geprägt):

z.B.: Staugley, Grundgley

## Bodenhorizonte

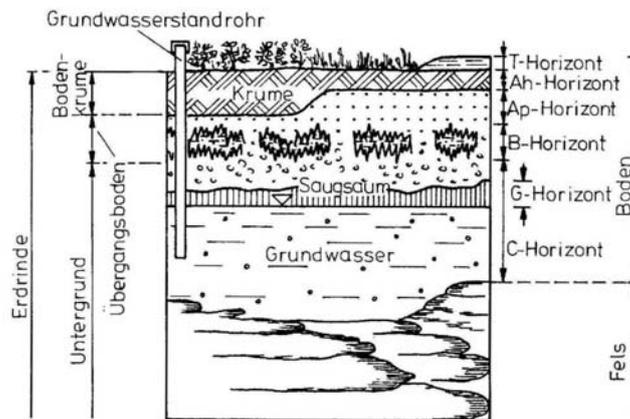
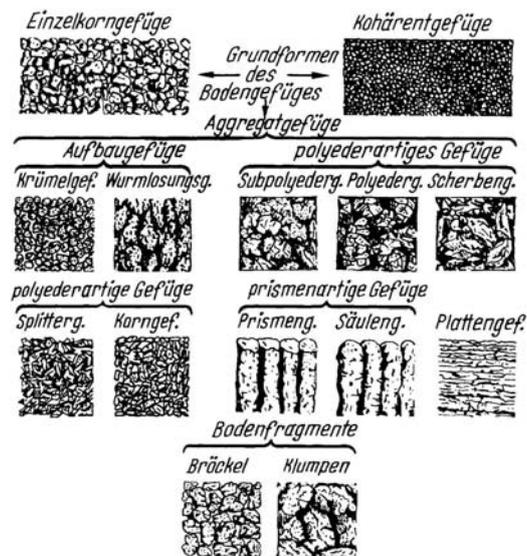


Abb.: K. Wiegleb Verkehrs- und Tiefbau  
1. Auflage; Seite 679

## Bodeneinteilung: Bodengefüge



Bodengefüge nach DIN 19 682 T 10

Abb.: W. Muth Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 13

## Bodeneinteilung: Bodengefüge

Wurzelbild	(A) C	A C	A (B) C	Ah Ae Bhs C	Ah Sw/Ga Sd/Gr	Ah Bt Bv C
Boden- typ	Rohböden	Schwarzerde Rendzinen	Braunerde	Podsole	Pseudogley Gley, Marschen	Parabraunerde Knickmarschen
Gefügestrom (Horizont)	Einzelkorn (A)	Krümml (A)	Krümml-, Sub- polyedergefüge (A) Hüllengefüge (B)	Einzelkorngefü- ge (Ah, Ae) Hüllengefüge (Bhs)	Platten, Polyeder (Ah) Prismen (geschlossen bis halboffen) (Sw)	Subpolyeder (Ah) Säulen, Prismen (Bt) Polyeder (Bv) (geschl. b. offen)

Wurzelbilder in Abhängigkeit von Bodenprofil und Bodengefüge

Abb.: W. Muth Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage: Seite 56

## Bodeneinteilung: Bodenart

### Kornverteilungskurve

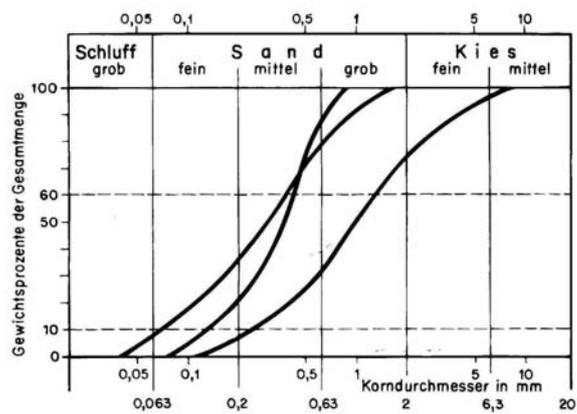
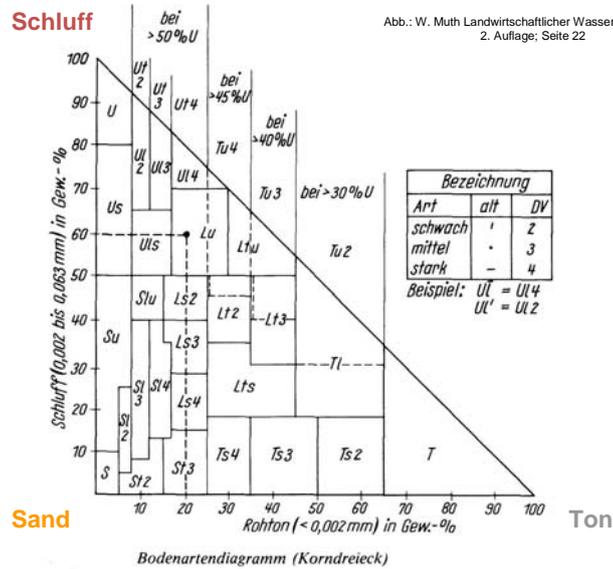


Abb.: Bernward Hölting; Hydrogeologie  
5. Auflage; Seite 83

# Bodeneinteilung: Bodenart

## Korndreieck



# Bodenbildende Einflüsse

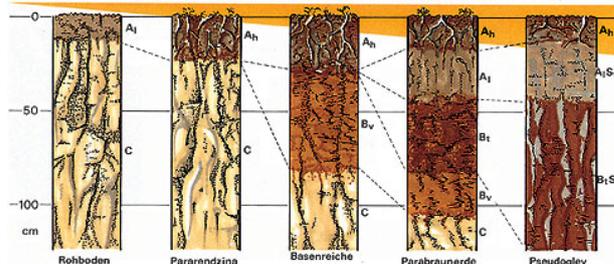


aus kulturtechnischer Sicht Einteilung in:

- Böden mit geregeltm Wasserhaushalt
- entwässerungsbedürftige Böden
- bewässerungsbedürftige Böden

Abb. <http://www.geo.ljv-berlin.de/fo/learning/pg-net/themenbereiche/bodengeographie/bodenbildung/bodenbildungs-faktoren/index.html>

Abb. [http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=infotek\\_artikel&extra=FUNDAMENTE-Online&artikel\\_id=104564&inhalt=ss\\_klett\\_dev01.c.118862.de](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=infotek_artikel&extra=FUNDAMENTE-Online&artikel_id=104564&inhalt=ss_klett_dev01.c.118862.de)



## Wasser

- Grundlage für Lebensvorgänge innerhalb der Pflanze
- Lösungsmittel für mineralische Nährstoffe
- Transportmittel für Nährsalze
- Voraussetzung für die chemische Umsetzung innerhalb der Pflanze (Kohlenstoffassimilation)
- Aufbau des Pflanzenkörpers
- Zelldruck (Turgor)

Wasserbedarf der Pflanze wird aus dem Niederschlagswasser und dem unterirdischen Wasser gedeckt



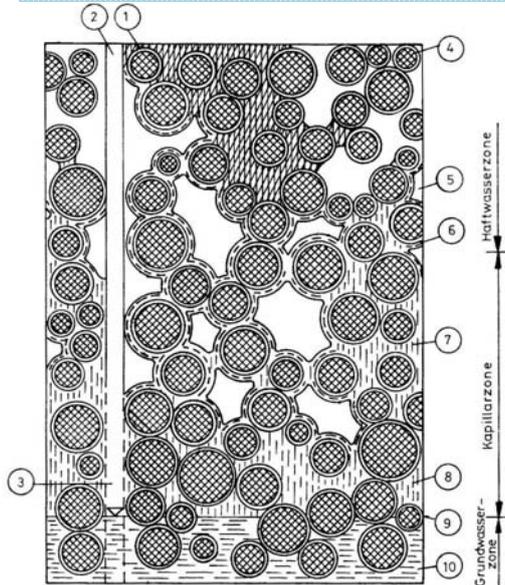
Abb.: <http://www.agrar-net.at/partner/index.php?id=2500%2C1435945%2C%2C>

## Erscheinungsformen unterirdischen Wassers

Bezeichnung	Merkmale
1. Gravitationswasser	durch natürliche oder künstliche Infiltration in den Untergrund eingedrungen; bewegt sich vorwiegend infolge Schwer- und Kapillarkraftwirkung abwärts
2. Hygroskopisches Wasser	besonders fest an das Bodenkorn angelagert; definiert als Wassermenge, die bei einer festgelegten Dampfspannung von den Bodenkörnern adsorbiert wird
3. Haftwasser	Besteht aus Häutchenwasser, Porenwinkelwasser, hängendem und aufsitzendem Haftwasser; Schwerkraft und Kapillarkraft stehen im Gleichgewicht; Poren nur teilweise wassergesättigt. Druck in Porenwasser ist gleich dem Atmosphärendruck; Bodenluft ist beweglich.
4. Kapillarwasser	Steht in Verbindung mit dem Grundwasser; durch kapillare Saugkräfte über den Grundwasserspiegel angehoben; Porenwasserdruck ist geringer als der Atmosphärendruck; bei Sättigung aller Poren mit Wasser spricht man von geschlossenem, sonst von offenem Kapillarwasser oder Kapillarsaugsaum; die teilweise luftgefüllten Poren im offenen Kapillarwasser weisen Unterdruck auf.
5. Grundwasser	füllt Poren vollständig und zusammenhängend aus; Porenwasserdruck ist größer oder gleich dem Atmosphärendruck; unterliegt vorwiegend der Schwer-, der Druck- und Reibungskraft

Abb.: K. Wiegleb Verkehrs- und Tiefbau  
1. Auflage; Seite 680

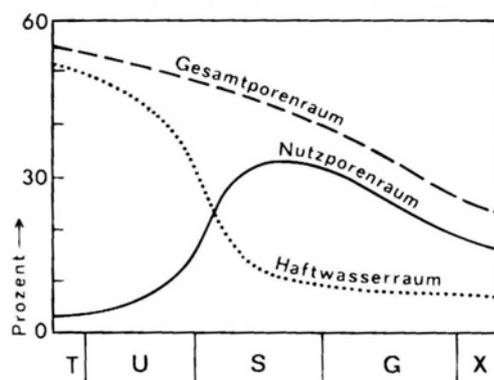
## Erscheinungsformen unterirdischen Wassers



- 1 Sickerwasser
- 2 Beobachtungsrohr
- 3 Grundwasserspiegel
- 4 Bodenteilchen
- 5 Bodenluft mit Wasserdampf
- 6 Haftwasser
- 7 offenes Kapillarwasser
- 8 geschlossenes Kapillarwasser
- 9 Grundwasseroberfläche
- 10 Grundwasser

Abb.: K. Wieglieb Verkehrs- und Tiefbau  
1. Auflage, Seite 681

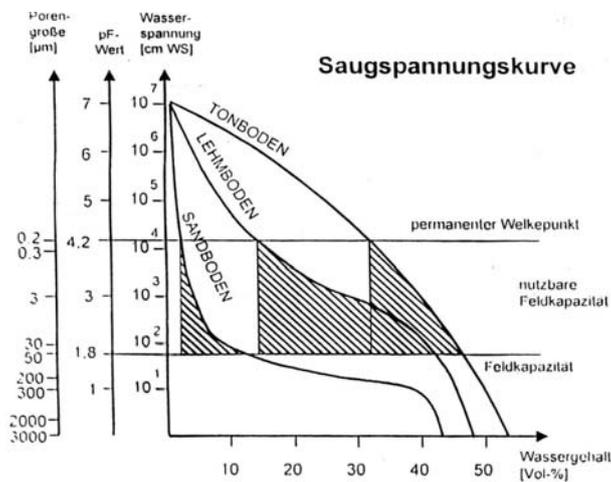
## Effektive Porosität



**Abb. 34** Beziehungen zwischen Gesamtporen-, Nutzporen- und Haftwasserraum in Abhängigkeit von der Korngröße klastischer Sedimente. (aus DAVIS & DE WIEST, 1966).  
T = Ton;  
U = Schluff;  
S = Sand;  
G = Kies;  
X = Steine.

Abb.: Bernard Hötting; Hydrogeologie  
5. Auflage; Seite 86

## Saugspannungskurve



## Bodenfeuchtebestimmung

DV	Ansprache	pF-Bereich	Zustand	
			bindige Proben Tongehalt > 17 Gew.-%	nichtbindige Proben Tongehalt < 17 Gew.-%
VI	trocken	über 4,0	Bodenfarbe stark veränderlich	
			fest, hart (spröde)	u. U. staubig
V	schwach feucht	unter 4,0 bis 3,0	Bodenfarbe noch veränderlich	
			steif (frisch)	frisch
IV	feucht	unter 3,0 bis 2,2	Bodenfarbe kaum veränderlich	
			plastisch	Finger werden etwas feucht, kein Wasseraustritt
III	sehr feucht	unter 2,2 bis 1,4	Finger werden deutlich feucht	
			weich	wahrnehmbarer Wasseraustritt
II	naß	unter 1,4	deutlicher Wasseraustritt	
			breiig	zerfließt



Bestimmung des Wassergehaltes  
im Boden zur Ermittlung der Bodenfruchtbarkeit  
Quelle: www.bodenwasser.de

## Durchwurzelungsbereich

Tiefe der durchwurzelten Bodenschicht in cm

Baumwolle	60 – 80	Luzerne	60 – 80
Bohne	30 – 50	Mais	40 – 60
Erbse	40 – 60	Melone	50 – 70
Erdbeere	20 – 30	Obstbäume	50 – 70
Erdnuß	30 – 50	Rübe	50 – 70
Getreide	30 – 50	Salat	20 – 30
Grünland	40 – 60	Sojabohne	30 – 50
Gurke	30 – 50	Spargel	50 – 70
Flachs	30 – 50	Spinat	20 – 30
Karotte	40 – 60	Tabak	50 – 70
Kartoffel	40 – 60	Tomate	30 – 50
Klee gras	40 – 60	Weinrebe	60 – 80
Kohl	30 – 50	Zwiebel	20 – 40

Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 58

Hauptdurchwurzelungsbereich  
zwischen 50 cm und 100cm

## Optimaler Flurabstand

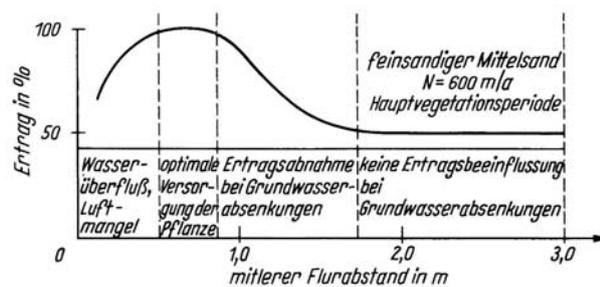


Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 59

Grundwasserstand und Ertrag

Optimaler Flurabstand in cm

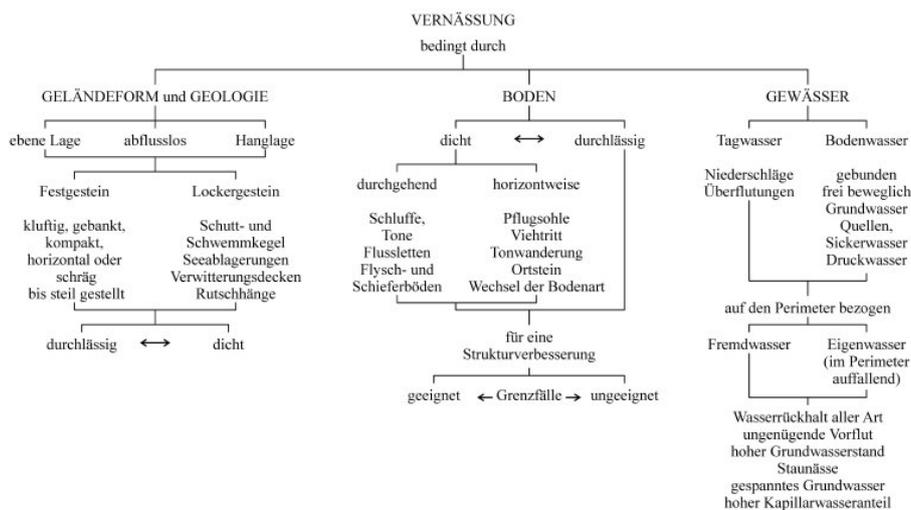
Durchlässigkeit	Wiese	Weide	Acker	Garten
mäßig	40 – 70	70 – 90	90 – 110	110 – 125
schlecht	60 – 80	80 – 100	100 – 120	120 – 140

## Agronomische Maßnahmen zur BW-Regulierung

Maßnahmen	Wirkungen
qualitätsgerechte Bodenbearbeitung, gute Versorgung des Bodens mit organischer Substanz gute Bestandsstruktur	Erreichen einer abflußgeminderten Boden- rauigkeit und einer guten Speicherfähig- keit der Krume Wasserrückhalt (Interzeption) und Min- derung von Oberflächenabfluß und Erosion Erosionshemmung
Gestaltung der Schlaggrenzen an Geländebrechpunkten; alternierende Fruchtfolgen von Getreide und Hackfrüchten Bodenbearbeitung quer zum Hang; Pflügen gegen den Hang Vermeiden/Beseitigen von Zufluß- hindernissen zu offenen Entwässerungszügen Oberflächenauflockerung von Naßstellen nach Abtrocknung Anbau von Tiefwurzlern	Erosionshemmung ungehinderter Oberflächenwasser- abfluß in Gräben, Vorflutern Minderung nachfolgender Vernässungen Verbesserung der vertikalen Durchlässigkeit und des Wasserspeichervermögens der Böden Entwässerungseffekt durch Verdunstung
Anbau „wasserpumpender“ Pflanzen (z. B. Pappeln)	Entwässerungseffekt durch Verdunstung

Abb.: K. Wiegleb Verkehrs- und Tiefbau  
1. Auflage; Seite 684

## Ursachen Bodennässe



Quelle: HUNKELER, GRUBINGER und TANNER, 1970

Modul 42-2-09

Grundlagen Landnutzung und Wasserbewirtschaftung

VL Einführung in das Wasserwesen

Teil Hydromelioration



### Vorflutbeschaffung

- Vorflutgräben
- Vorflutrohrleitungen
- Deiche
- Polder
- Schöpfwerke
  
- Beispiel

## Vorflut

- **Vorflut** = Abführung des anfallenden Wassers mit natürlichem oder künstlichem Gefälle, so dass GW-Stand auf einer für Pflanzen günstigen Höhe gehalten wird
- **Vorfluter** = ein der Vorflut dienendes Gewässer
- Regelung der Wasserläufe als:
  - Mittelwasserregelung im Interesse der Vorflut
  - Hochwasserregelung als Schutz der LN vor Überschwemmung
  - Niedrigwasserregelung im Interesse der LN, der fischereilichen Belange, u.a.

## Vorflut

Ursachen für fehlende Vorflut:

- Verkrautung
- Uferabbrüche durch fehlende oder mangelnde Uferbefestigung
- Zufluss von stark mit Sinkstoffen beladenem Oberflächenwasser
- falsche Trassierung
- zu kleine Abflussquerschnitte
- Zunahme des Hochwassers
- Verminderung der Fließgeschwindigkeit durch Einwuchs von Sträuchern und Baumwurzeln

Maßnahmen gegen Verkrautung:

- mechanisch, manuell oder maschinell
- [chemisch (Herbizide)]
- [biologisch (Graskarpfen)]

## Schaffung geordneter Vorflut

- Maßnahmen zur Verhinderung schädlicher Bodennässe:
  - Hochwasserschutz
  - Gewässerausbau
  - Gewässerunterhaltung

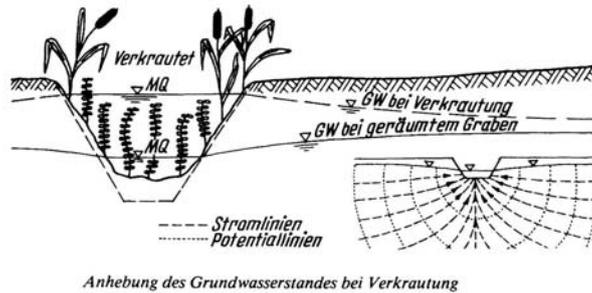


Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 105

## Hochwasserschutz

Ziel: schadloses Ableiten von Hochwässern

bauliche Maßnahmen:

- Ausbau des Gewässers
  - Deichbau
  - Hochwasserrückhaltebecken
- Ausbau richtet sich nach dem Wert der zu schützenden Fläche:
    1. Grünland  $HQ_5 - HQ_{10}$
    2. Ackerland  $HQ_{10}$
    3. mehrjährige Sonderkulturen  $HQ_{20}$
    4. Siedlungen mindestens  $HQ_{50}$

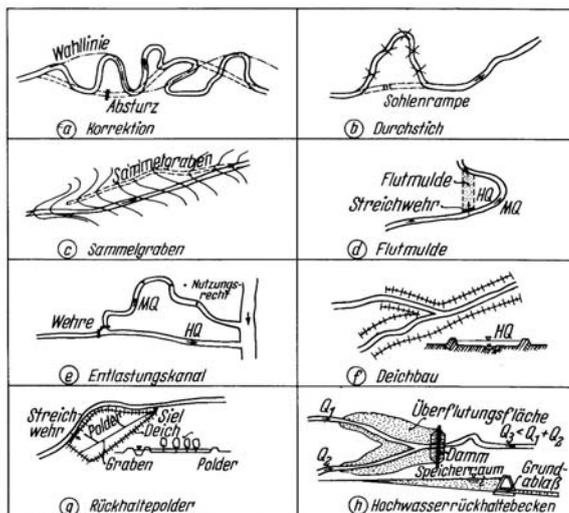


Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 105

## Gewässerausbau

- Ausbau nicht allein nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten
- Berücksichtigung ökologischer Belange
- Beachtung und Erhaltung der Lebensräume für Tiere und Pflanzen im Wasser- und Uferbereich

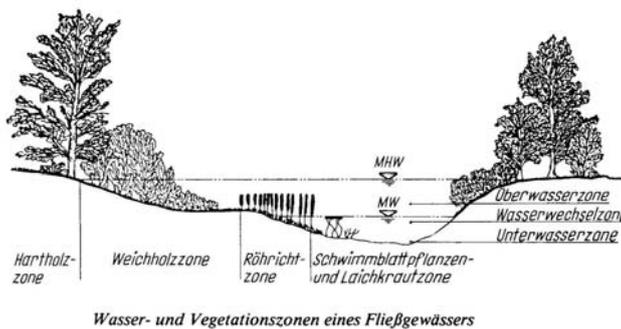


Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 109

## Gewässerausbau

- Ausbau nicht allein nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten
- Berücksichtigung ökologischer Belange
- Beachtung und Erhaltung der Lebensräume für Tiere und Pflanzen im Wasser- und Uferbereich

Zielstellung früherer Jahre:

- Hochwasser schneller ableiten
- Überflutungen reduzieren
- Landwirtschaftliche Nutzfläche gewinnen
- Schiffbarkeit



Abb.: [http://www.wwa-an.bayern.de/projekte\\_und\\_programme/pic/altm\\_korr04.jpg](http://www.wwa-an.bayern.de/projekte_und_programme/pic/altm_korr04.jpg)

- Gewässerausbau im Regelprofil
- strukturarmes Gerinne lässt keine natürliche Gewässerentwicklung zu
- landwirtschaftliche Nutzung bis unmittelbar an das Gewässer

## Gewässerausbau

- Grundsätze des Gewässerausbaus:
  - Erhaltung des Ökosystems „Gewässer“
  - Schaffung neuer Biotope bei Gewässerumgestaltung
  - Erhaltung der Selbstreinigungskraft des Wassers
  - weitgehende Erhaltung des bestehenden Gewässerbettes
  - nur schonende Querschnittsveränderungen naturnaher Ufer- und Sohlenschutz

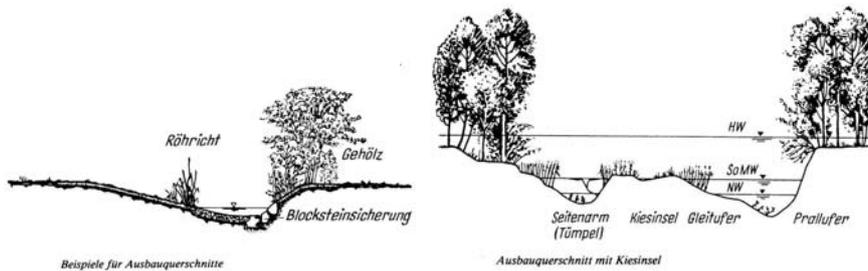
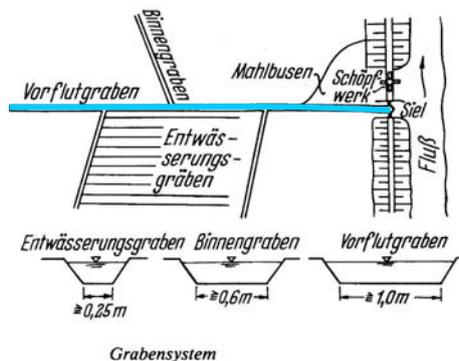


Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 114/115

## Vorflutgräben

- Grabengefälle dem Gelände anpassen (0,1 bis 0,3‰)
- Geschwindigkeit von Bodenart abhängig (> 0,3m/s)
- gleichbleibende Grabenbreiten wegen maschineller Gewässerunterhaltung



- Vorflutgräben den Erfordernissen entsprechend dimensionieren
- Tiefenlage von angestrebter Entwässerungstiefe abhängig

Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 121

## Bemessungsgrundlagen

- Gräben meist geradlinig, auf längeren Strecken keine völlig gerade Linienführung
- Baumbestand schonen
- Vorflutgräben meist trapezförmiger Querschnitt
- Bemessungshochwasser kann randvoll abgeführt werden



Abb.: Wilfried Muth: Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 129

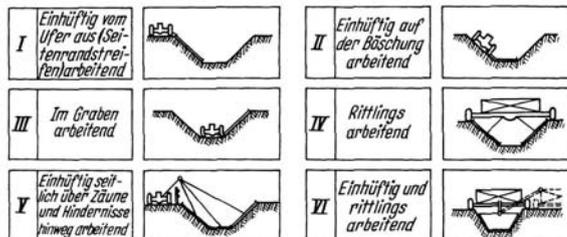
## Bemessungsgrundlagen

- Gräben zur Bodenwasserregulierung (nach DIN 4047)
- Böschungsneigungen nach Tafel 5.4
- Randstreifen zur maschinellen Räumung vorsehen

Tafel 5.4 Zulässige Böschungsneigungen bei kleinen Wasserläufen und Gräben

Bodenart	Mit Grasnarbe über Wasser		Ohne Grasnarbe unter Wasser	
	Nordlage	Südlage	ohne Grundwasserzutritt	mit Grundwasserzutritt in der unbefestigten Böschung
Schluffig	1:2,5	1:3	1:3 ..	
Mittlerer bis feiner Sand	1:2	1:2,5	1:2 ..	
Grober Sand, lehmiger Sand	1:1,5	1:2	1:2	
Sandiger Lehm	1:1	1:1	1:1,5	
Moor	1:0,2	1:0,2	1:0,5	
Moor, stark zersetzt	bis 1:2	bis 1:2	(1:2)	

Abb.: K. Wiegand Verkehrs- und Tiefbau  
1. Auflage; Seite 686



Einsatzmöglichkeiten von Unterhaltungsgeräten

Abb.: Wilfried Muth: Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 120

## Bemessung: Abflusspende

mittlere Abflusspende  $M_{qf}$ :

$$M_{qf} = \frac{7}{6} P_m - ET \quad \text{in l/s} \cdot \text{km}^2$$

$P_m$  mittlerer Jahresniederschlag in mm

ET jährliche Verdunstungshöhe in mm  
(Evapotranspiration)

## Bemessung: Fließgeschwindigkeiten

Tafel 5.9 Abhängigkeit der zulässigen mittleren Fließgeschwindigkeit von Bodenart und Befestigungsmaterial

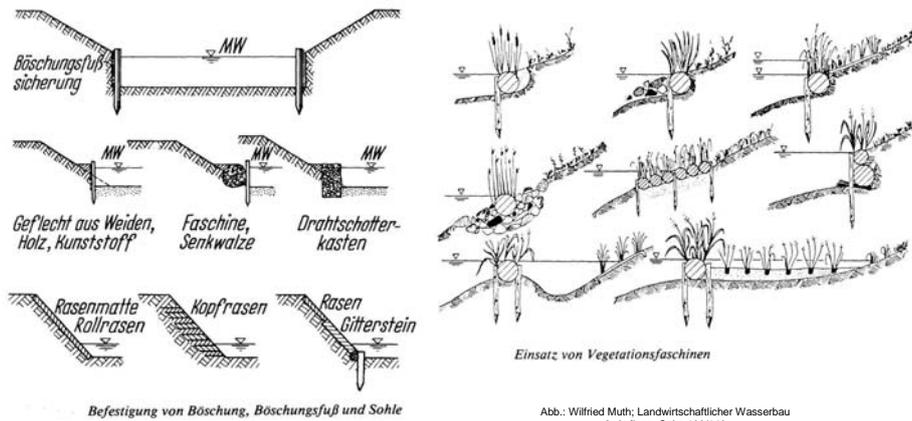
Bodenart	Zulässige Fließgeschwindigkeit in $\text{m s}^{-1}$
Gewöhnlicher Lehm	0,6 ... 0,9
Mittelkies	1,0 ... 1,7
Grobsand	0,4 ... 0,6
Feinsand	0,2 ... 0,4
Wenig zersetzter Torf	0,8
<b>Befestigungsmaterial</b>	
Rasensoden	0,6 ... 1,8 <sup>1)</sup>
Steinschüttung	1,7 ... 4,2 <sup>2)</sup>
Steinpackung	2,3 ... 4,1 <sup>2)</sup>
Steinpflaster	2,3 ... 4,5 <sup>2)</sup>
Betongitterplatten	3,5
Betongrabenschalen	3,5
Wabenbetonsteine	3,5
Filterbetonelement	1,5

<sup>1)</sup> je nach Wassertiefe

<sup>2)</sup> je nach Wassertiefe und Material

## Sicherung des Gewässerbettes

Befestigung von Böschung, Böschungsfuß und Sohle nach den Grundsätzen des naturnahen Wasserbaus



## Bauwerke bei Vorflutgräben

- Durchlässe
- Düker
- Stauanlagen zur Regelung des Wasserabflusses
- Brücken

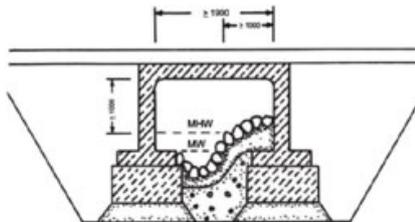


Abb.: <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=34671>

## Bauwerke bei Vorflutgräben

- Durchlässe
- Düker
- Stauanlagen zur Regelung des Wasserabflusses
- Brücken



## Bauwerke bei Vorflutgräben

- Durchlässe
- Düker
- Stauanlagen zur Regelung des Wasserabflusses
- Brücken

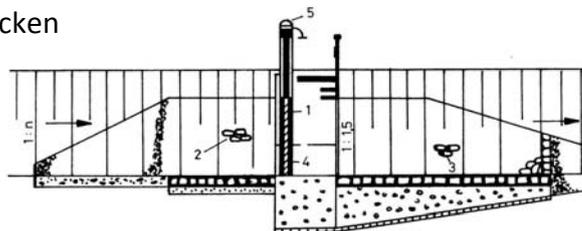


Bild 5.6 Stauanlage  
Typenreihe:  
Durchflußbreite: 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2 m  
Stautafelhöhe: bis 1,2 m  
Befestigungslänge Oberwasser: bis 5 m  
Befestigungslänge Unterwasser: bis 8 m  
1 Staukörper; 2 Oberwasserbefestigung; 3 Unterwasserbefestigung; 4 Schütztafel; 5 Aufzugs-  
vorrichtung

## Bauwerke bei Vorflutgräben

- Durchlässe
- Düker
- Stauanlagen zur Regelung des Wasserabflusses
- Brücken



Abb.: <http://www.wbv-fehrbellin.de/aktuell.html>

## Vorflutrohrleitungen

örtlich begrenzter Sonderfall

### Vorteile:

- kein Verlust an Kulturland
- unabhängig von Morphologie, Grundstücksgrenzen, ...
- kein Hindernis bei Feldarbeit
- geringer Unterhaltungsaufwand
- erleichterte Flurbereinigung

### Nachteile:

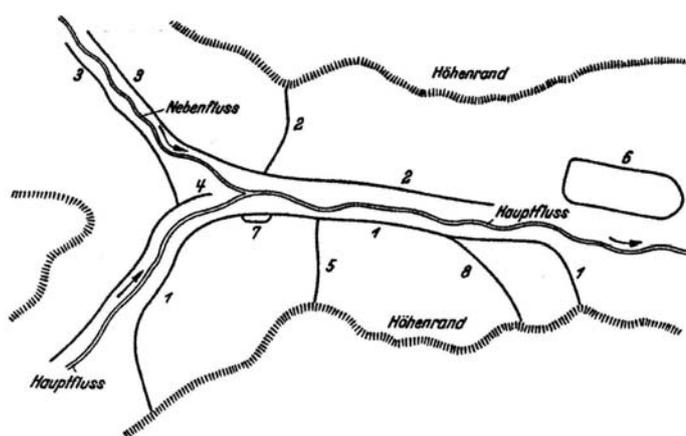
- höhere Baukosten
- höhere Anforderungen an die hydraulische Bemessung
- größeres Gefälle erforderlich
- keine nachträglichen Änderungen möglich
- ökologische Veränderung der Landschaft

## Deiche

- sind Dämme aus Erdbaustoff zum Schutz von Landflächen und Siedlungen vor Überschwemmungen durch Hochwasser
- es gibt: Fluss-, Meeres-, See- und Boddendeiche
- Flussdeiche sorgen für eine geregelte Hochwasserführung und einen ungefährlichen Eisgang
- im Deichschutz liegende Flächen bezeichnet man als Binnenland



## Unterscheidung der Deiche nach ihrer Funktion



Deicharten [SCHROEDER, 1968]

1. geschlossener Deich (reicht beidseitig ans Gelände)
2. offener Deich (wird nur flussaufwärts hochwasserfrei ans Gelände angeschlossen)
3. Rückdeich
4. Flügel- Leitdeich (Richtung der Hochwasserströmung)
5. Binnendeich (unterteilt Polder in Entwässerungsgebiete)
6. Ringdeich (umgibt Flächen, Gehöfte, Ortschaften)
7. Schloss- oder Kuverdeich (sichert Strecken ab, die durch Quellbildung gefährdet sind)
8. Schlafdeich

## Deichquerschnitt und Dichtungen

In neuerer Zeit wird bei großen und wichtigen Deichen ein gegliederter Querschnittaufbau ähnlich dem von Staudämmen im Talsperrenbau mit einer Dichtungsschicht gewählt (siehe rechte Seite der Abbildung 3-9).

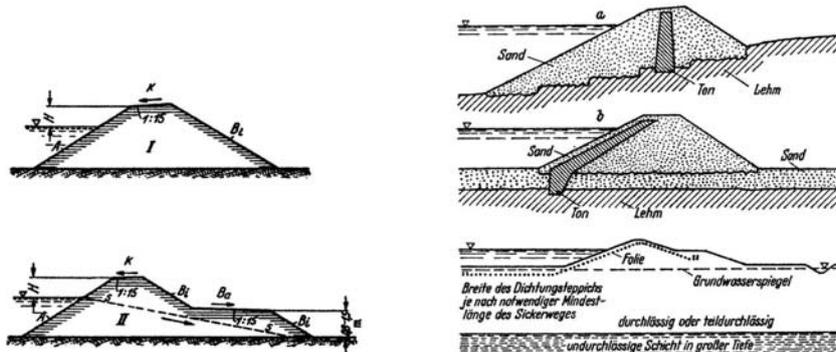
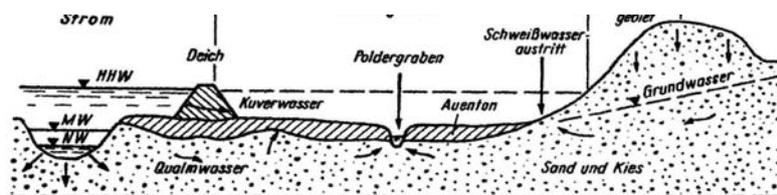


Abbildung 3-9: Deichquerschnitte (links) und Deichdichtungen [SCHROEDER, 1968]

## Polder

- durch Eindeichung gegen anstehendes Außenwasser geschütztes Gebiet
- Polder haben keine permanente natürliche Vorflut
- in Polder fließt auch Fremdwasser (Eigenwasser: z.B. Niederschlag) aus höher gelegenen Flächen zu, sowie aus unterirdischen Zuflüssen



Wasserherkunft in Poldergebieten [PRESS, 1959]

## Entwässerungssystem eines Polders

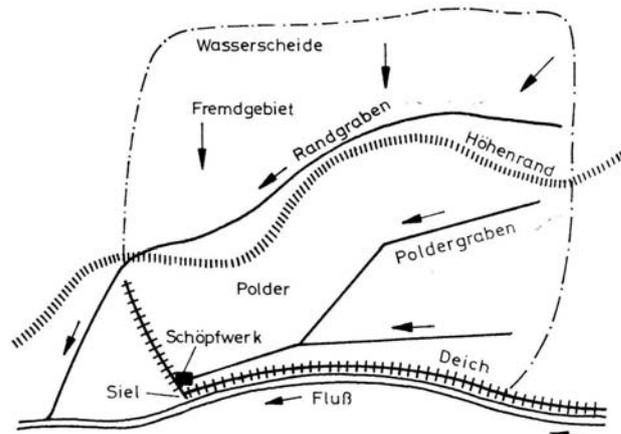


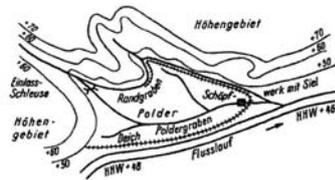
Bild 5.7 Schöpfwerk im Polder mit Randgraben für Entwässerung des Fremdgebietes

Abb.: K. Wiegleb Verkehrs- und Tiefbau  
1. Auflage; Seite 690

## Entwässerungssystem eines Polders

- Sammelgräben (flächenhafte Entwässerung)
- Hauptgräben und Nebengräben (übernehmen Transport des gesammelten Wassers)
- Deichgräben (parallel zu den Deichen) führen Kuperwasser/Qualmwasser ab
- Randgräben (Eigen- und Fremdwasser)
- Mahlbusen (Speicher, wenn Grabensystem für einen sinnvollen Intervallbetrieb des Schöpfwerkes nicht ausreicht)
- Deiche
- Siel (Verschlussorgan im Deich)
- Schöpfwerk

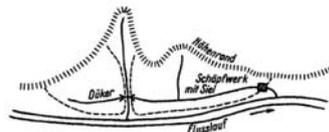
## Entwässerungssystem Polder



breiter Polder mit Randgraben

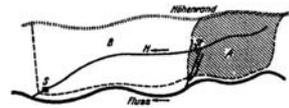


Schöpfwerke gießen in Fluss

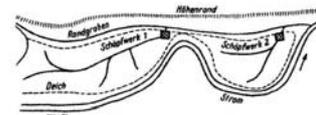


Rückdeichlösung bei schmalen langen Poldern

Abbildung 3-6: Polder mit unterschiedlicher Anordnung der Einheiten des Entwässerungssystems [PRESS, 1959]



Poldergebiet mit teilweiser Entwässerung durch Nebensiel



Schöpfwerke gießen in Randgraben, Flussgefälle ist größer als Grabengefälle



Schöpfwerk mit Stichgraben

## Schöpfwerke

- sind Pumpwerke und dienen der Schaffung eines optimalen Bodenwasserhaushaltes
- bestehen meist aus Einlaufbauwerk, Pumpwerk und Auslaufbauwerk

- Bemessungsabfluß:

$$V_B = HV_n + V_D + V_{UF} \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

$n$  Wiederkehrintervall

$V_D$  Drängewasser

$V_{UF}$  Fremdwasser

$HV_n$  oberirdischer Hochwasserabfluss aus Polder

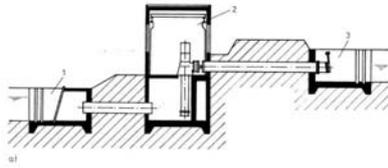
} unterirdische Zuflüsse

- Gesamtförderstrom  $V_P$  des Schöpfwerkes:

$$V_P = (V_B \cdot 24) / T_P \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

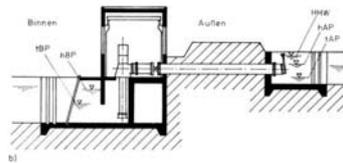
$T_P$  tägliche Pumpzeit

## Schöpfwerke



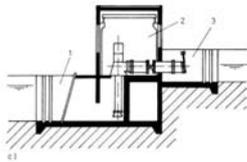
a) aufgelöste Bauweise

- 1 Einlaufbauwerk
- 2 Pumpwerk
- 3 Auslaufbauwerk



b) halbaufgelöste Bauweise

- tBP tiefster Binnenpeil
- hBP höchster Binnenpeil
- tAP tiefster Außenpeil
- hAP höchster Außenpeil
- HHW höchster Hochwasserstand



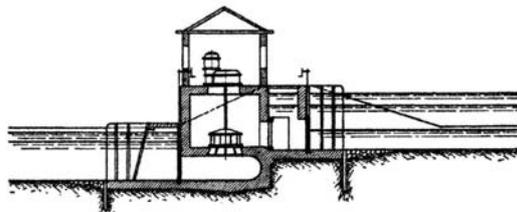
c) Blockbauweise

## Schöpfwerkspumpen

- Kreiselpumpen
  - Tauch- oder Heberanordnung



Aufgelöste Bauweise mit Heberanordnung



Blockbauweise mit Tauchanordnung

Abb.: Gerhard Kammerer, LVA Nr. 815303  
Regelung des Bodenhaushaltes S.71

## Schöpfwerkspumpen

- Schneckenpumpen  
- guter Wirkungsgrad

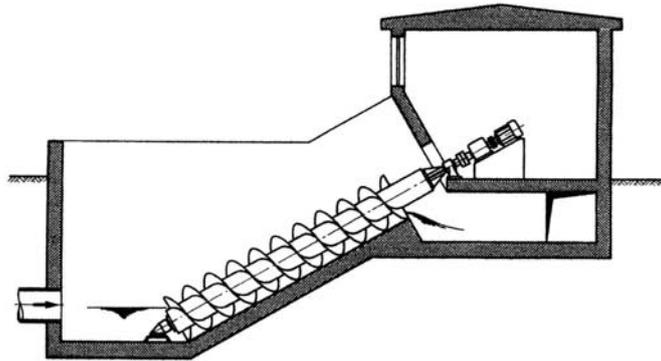


Abbildung 3-22: Schnitt durch ein Schöpfwerk mit Schneckenpumpe

Abb.: Gerhard Kammerer, LVA Nr. 815303  
Regelung des Bodenhaushaltes S.74

## Schöpfwerkspumpen

- Schneckenpumpen



## Beispiel Oberspreewald

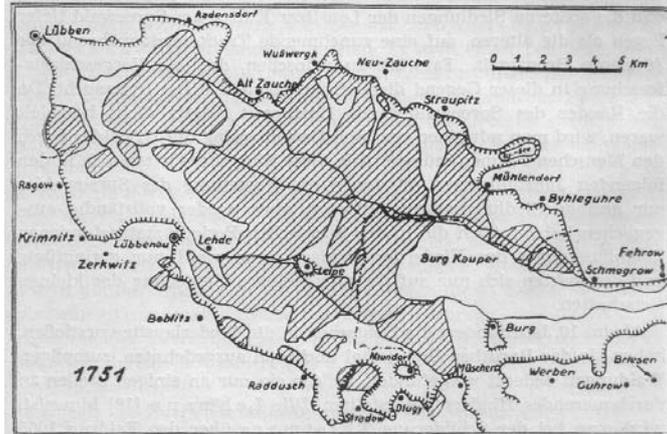


Abb. 14. Waldflächen im Oberspreewald um die Mitte des 18. Jahrhunderts (Nach der Karte von Möller 1751 im Landeshauptarchiv Potsdam). Fast der gesamte innere Spreewald ist noch völlig von Wald eingenommen. (Mdl der DDR Nr. 5339).

Abb.: H. D. Krausch: Die Pflanzenwelt des Spreewaldes, 1960, Seite 30

## Beispiel Oberspreewald

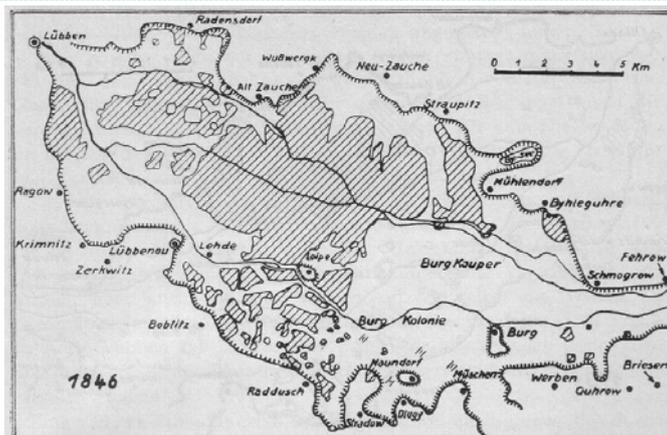


Abb. 15. Waldflächen im Oberspreewald um die Mitte des 19. Jahrhunderts (nach den Erstaufnahmen der Meßtischblätter 1846 in der Kartenabteilung der Deutschen Staatsbibliothek Berlin). Durch die Siedlungen bei Burg sind die Waldflächen in dieser Gegend stark zurückgedrängt. Vom Rande her schiebt sich das Wiesenland mehr und mehr in das Innere vor, wobei der Wald vielfach in kleine Stückchen aufgelöst wird. (Mdl der DDR Nr. 5339).

Abb.: H. D. Krausch: Die Pflanzenwelt des Spreewaldes, 1960, Seite 31

## Beispiel Oberspreewald

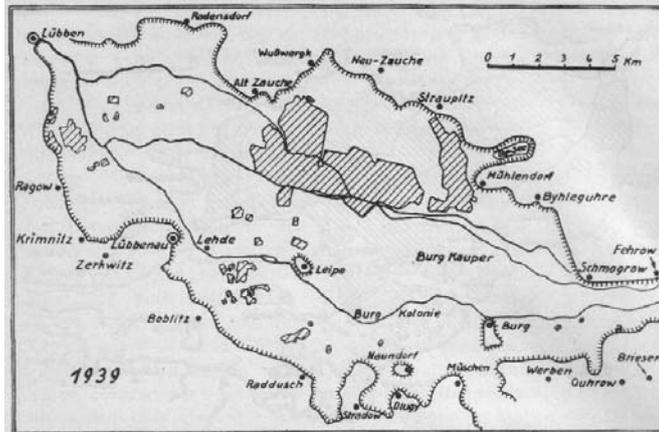


Abb. 16. Waldflächen im Oberspreewald um die Mitte des 20. Jahrhunderts (1939) (nach der Karte 1 : 100 000). Nur noch ein kleiner Teil des Oberspreewaldes zwischen Mühlenhof und Alt-Zauche weist größere zusammenhängende Waldflächen auf, in den übrigen Teilen finden sich nur stellenweise noch winzige Waldreste. (Mdl der DDR Nr. 5339).

Abb.: H. D. Krausch: Die Pflanzenwelt des Spreewaldes, 1960, Seite 32

## Beispiel Oberspreewald



Schwierige Bearbeitung des Feldes im Spreewald



Die erste  
Wehr zum  
Hochwasser  
überlastet

- 1859/60 Meliorationspläne durch Regierungs- und Baurat Philippi
- 1864 Prüfung der Pläne durch Oberpräsidenten des Landwirtschaftsministeriums
- 1866 Erarbeitung eines Projektes durch Wasserbaumeister Klehmet
- 1869 Prüfung des Projektes und Durchführung von Wassermengenmessungen gefordert
- 1871/72 Durchführung der Messungen durch Regierungsbaumeister Exner
- 1885 Erarbeitung eines Projektes durch Meliorationsbauinspektor Köhler
- 1897 Anerkennung der Dringlichkeit eines Meliorationsprojektes durch den Staat
- 1904 Spreeausbaugesetz (ab 1907 Bau von Wehren/Schleusen, 1912 Bau des Burg-Lübbener-Kanals)
- 1919 erweitertes Projekt für Ausbau eines schiffbaren Umflutkanals über Mochow-See
- 1931 Ideen für Elbe-Spree-Oder-Kanal, Staupolder bei Dissen und Laßzinswiesen, Staubecken im Spreewald oder südlich d. Schwieloch-Sees



Schönfeldt, 1933



Grundmann, 1994



Köhler, 1885

## Beispiel Oberspreewald

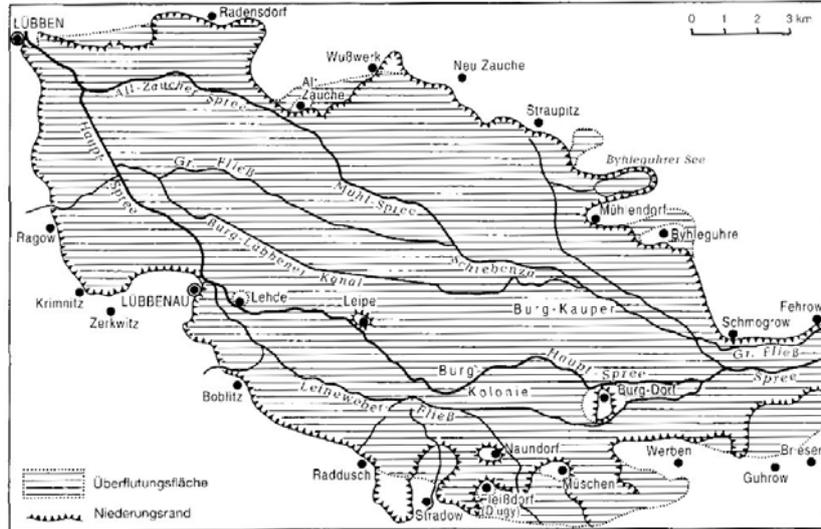


Abb. 76a. Oberspreewald, Zustand bis 1935

Abb.: L. Grundmann: Bürger und Lübbener Spreewald, 2. Aufl. 1994, Seite 198

## Beispiel Oberspreewald

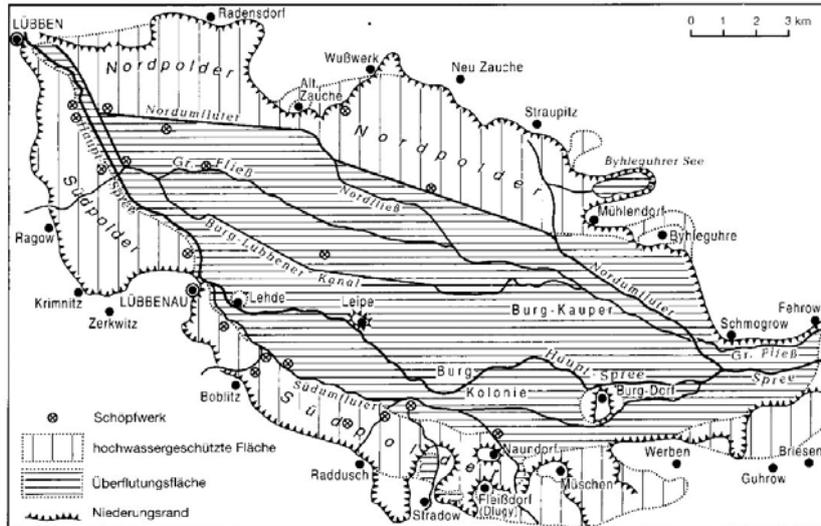


Abb. 76b. Oberspreewald, Zustand 1935-75

Abb.: L. Grundmann: Bürger und Lübbener Spreewald, 2. Aufl. 1994, Seite 199

## Beispiel Oberspreewald

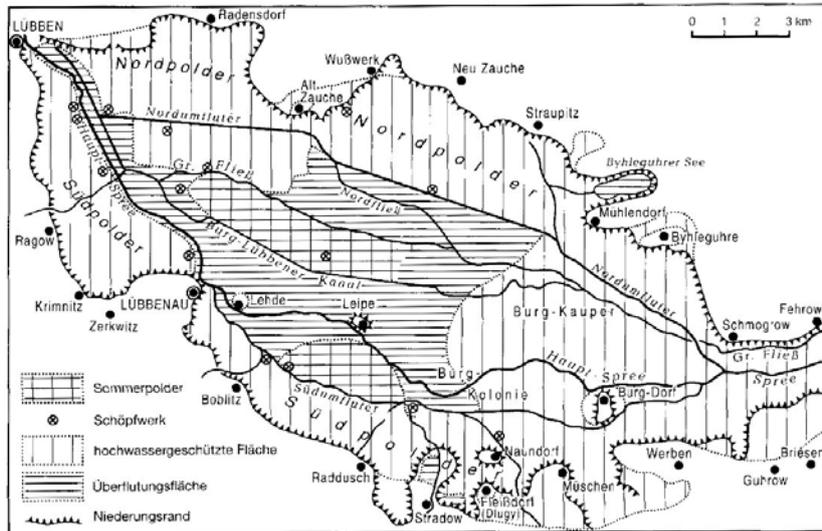


Abb.: L. Grundmann: Bürger und Lübbener Spreewald, 2. Aufl. 1994, Seite 200

## Beispiel Oberspreewald

Periode	NQ	MNQ	MQ	MHQ	HQ
1900 – 1964 (bergbaulich gering beeinflusst)	1,16	4,87	14,3	82,2	238
1965 – 1999 (bergbaulich stark beeinflusst)	5,46	9,06	18,4	46,3	127

Einzugsgebiet am  
Pegel Fehrow: 2.300km<sup>2</sup>

Bemessungshochwasser  
vor 1945: 60 m<sup>3</sup>/s  
nach 1945: 150 m<sup>3</sup>/s

Kennzahlen für den  
Pegel Sandower Brücke, Cottbus;  
aus KADEN et al. 2002

- Überflutungsfläche des Oberspreewaldes vor 1935: 24.680 ha
- 1933 ff.:
  - Nordpolder: - 3.400 ha
  - Südpolder: Lübben-Lübbenau - 1.300 ha
  - Lübbenau-Stradow - 1.100 ha
- 1940er/50er Jahre: Polder Alt Zauche 800 ha
- 1970er Jahre: Sommerpolder Nord 800 ha
- 1980er Jahre: Sommerpolder Süd, Vergrößerung des Polders Alt Zauche/ Radensdorf und Hinzufügen der Gebiete Ballonick und Kockrowsberg
- verbliebene Überflutungsfläche 5.600 ha

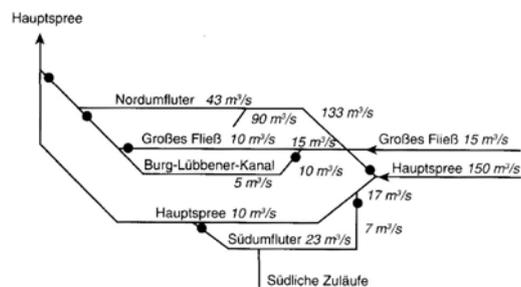


Abb. 75. Hauptwasserläufe im Oberspreewald und Verteilungsschema bei Hochwasser = HQ<sub>100</sub> (Entwurf: H.-J. KOHLASE; 1993)

Modul 42-2-09

Grundlagen Landnutzung und Wasserbewirtschaftung

VL Einführung in das Wasserwesen

Teil Hydromelioration



## Bodenwasserregulierung

- Grundlagen
- Entwässerung



Fotografieren: 400 100 100 100  
Foto: Fotostudio, Berlin (1. September 2019)

## Grundlagen

- Bodenwasserregulierung umfasst technische Maßnahmen des Ab- und Zuleitens von Wasser mittels:  
Gräben, Dräne, Rohrleitungen, Sickern, Filtern, Oberflächeneinläufen
- Verbesserung der Infiltrations-, Wasser-, und Speichereigenschaften auch durch Lockerung, Substratvermischung und Profilumschichtung
- Verfahrensauswahl und Systemgestaltung nach DIN 1185, landwirtschaftliche Entscheidungsgrundlagen nach DIN 4047

## Grundlagen

### Nachteile einer Bodenvernässung

- nasser Boden ist kalt → später schneefrei, verzögerte Frühjahrsbestellung
- mangelnde Durchlüftung → Atmung behindert, Reduktionsvorgänge (Podsolierung), gehemmte Bodenbiologie, Aufkommen von Unkräutern
- eingeschränkte Bodenbearbeitung → Verdichtung durch Befahren, Zerstörung der Oberbodenstruktur, eingeschränkte oder gar keine Befahrbarkeit



Abb.: UBA



Abb.: Sachsenforst

## Grundlagen

### Ursachen von Vernässungen

woher kommt das Wasser, wo geht es hin

- **Eigenwasser** - durch Gebietsniederschlag verursacht
- **Fremdwasser** - ober- und/oder unterirdischer Zufluss von Wasser
- Welche Wassermengen fallen an?

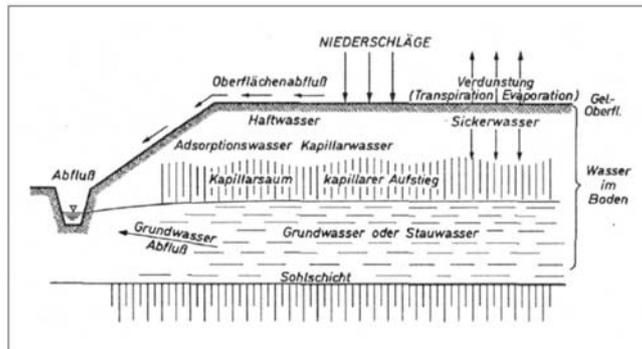


Abb.: BOKU Wien

## Grundlagen

### Entwässerungsmaßnahmen

- (Vorflutbeschaffung)
- (Hochwasserschutz)
- Oberflächenentwässerung
- unterirdische Entwässerung
- Unterbodenmelioration
- kombinierte Dränung

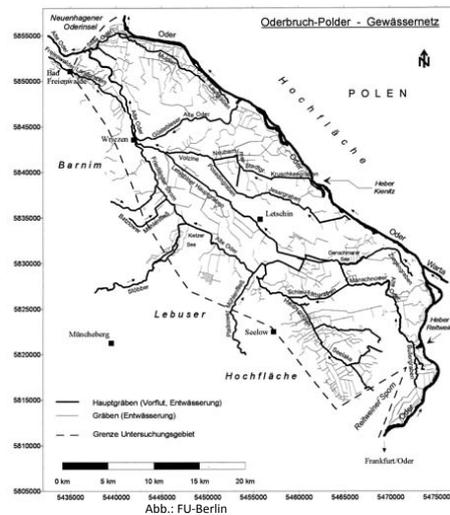


Abb.: FU-Berlin

## Oberflächenentwässerung

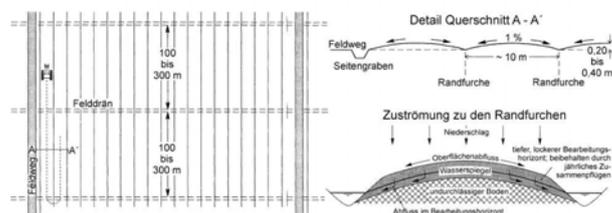
- älteste Form der Entwässerung
  - Anwendung im flachen Gelände
    - bei geringer Infiltration,
    - geringer Durchlässigkeit oder
    - undurchlässigen Schichten im Bodenprofil
- Ziel: schnelleres Ableiten der Wasser zum Vorfluter
- Umsetzung:
  - Profilierung der Geländeoberfläche
  - Herstellung von Gräben zur Ausleitung in die Vorflut
- Verfahren:
  - Beetverfahren
  - Gefälle- und Einebnungsverfahren

## Oberflächenentwässerung

### Beetverfahren



Herstellung eines Beetensystems [nach SEVENHUISEN, 1994]

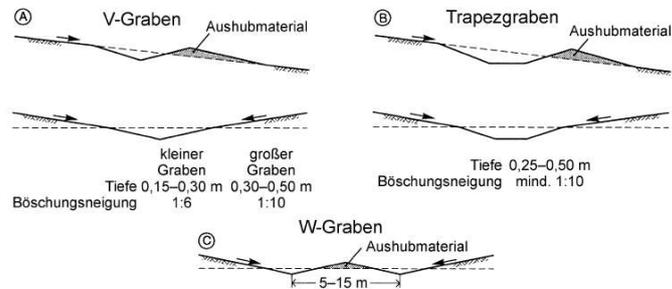


Beetensystem und Fluss in den Beeten [nach SEVENHUISEN, 1994]

- Veränderung des Geländegefälles durch Pflügen  $\Rightarrow$  Quergefälle
- Randfurchen entwässern in Längsrichtung in Felddräns
- Felddräns führen Wasser den Seitengräben bzw. der Vorflut zu

## Oberflächenentwässerung

Felddrän: befahrbarer, seichter Gräben



Typische Gräbenformen für Felddräns [nach SEVENHUIJSEN, 1994]  
A: V-Graben B: Trapezgraben C: W-Graben

Anwendung von Beetverfahren eher bei Grasland, weniger im Pflanzenbau

- Nachteile:
- in Furchennähe schlechte Entwässerung
  - beschränkte mechanische Bearbeitbarkeit
  - Pflege der Furchen

## Oberflächenentwässerung

**Gefälleverfahren:** umfangreiche Erdbewegungen zur Herstellung eines weiträumigen Gefälles

**Einebnungsverfahren:** Abtrag von Kuppen und Auffüllung von Senken ohne generelle Veränderung der Topographie

Länge des Schlages bzw. Abstand von Felddräns in Abhängigkeit der Erodierbarkeit des Bodens

erosionsgefährdeter Boden: 50 - 150 m bei 0,2 % Gefälle

ungefährdeter Boden: 200 - 300 m bei 2 % Gefälle



parallele Anordnung der Elemente einer Oberflächenentwässerung (nach SEVENHUIJSEN [1994])

## unterirdische Entwässerung

- Grabenentwässerung
- Rohrdränagen
- rohrlose Dränagen



## Grabenentwässerung

- sind künstliche Wasserläufe
- müssen Vorflut haben
- Einteilung in:
  - Vorflutgräben (Hauptgräben)
  - Binnengräben (Neben-, Seiten-, Sammelgräben)
  - Entwässerungsgräben (Beetgräben, Gruppen)

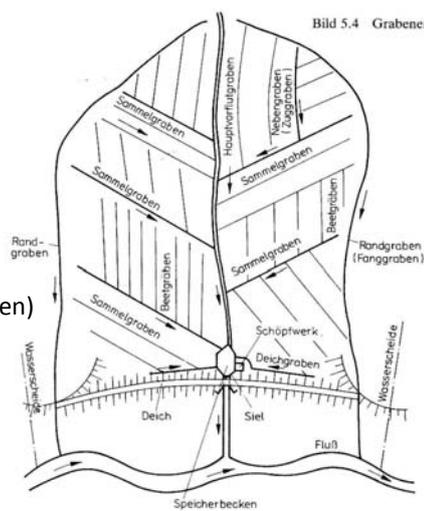


Abb.: K. Wiegler Verkehrs- und Tiefbau  
1. Auflage; Seite 686

## Grabenentwässerung

Einteilung nach dem Abflussvermögen:

- Graben I. Ordnung (Sohlbreiten von 2,5 bis etwa 6,0 m)
- Graben II. Ordnung (Sohlbreiten von 0,75 bis 2,5 m)
- Graben III. Ordnung (Sohlbreiten von 0,25 bis 0,75 m)

- Grabengefälle dem Geländegefälle anpassen (0,1 bis 0,3 ‰)
- Fließgeschwindigkeit von Bodenart abhängig (> 0,3 m/s)
- gleich bleibende Grabenbreite wegen Unterhaltung

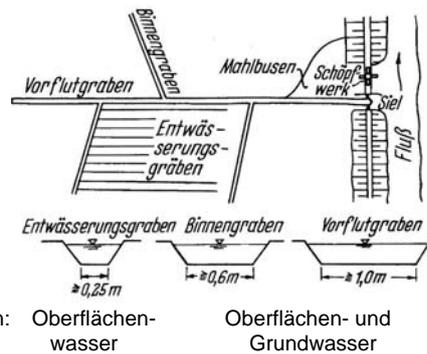


Abb.: Wilfried Muth; Landwirtschaftlicher Wasserbau  
2. Auflage; Seite 121

## Grabenentwässerung

- Grabentiefe hängt von der gewünschten Entwässerungstiefe, Bodenart, Kulturart, Grabenabstand usw. ab  
(Grabensohle 0,1 bis 0,2 m unter optimalem GW-Stand, bei Grünland 0,6 bis 0,9 m tief, bei Ackerland 0,9 bis 1,2 m tief)
- Sohlbreite: mindestens 0,3 m, in Niederungsböden min. 0,5 m (Frostgefahr, erhöhter Krautbewuchs)
- Gefälle: ausschlaggebend für Abflussvermögen, kann ermittelt werden durch hydraulische Berechnungen, Beobachtungen oder Messungen
- Grabenabstand: Entwässerungsgräben 30 bis 60 m, Binnengräben 150 bis 300 m, Vorflutgräben nach Erfordernis
- Querschnittsbemessung: abhängig von abzuführender Wassermenge, Entwässerungstiefe, Sohlgefälle, zulässiger Böschungsneigung

## Grabenentwässerung

### Vorteile:

- unmittelbares und schnelles Abführen von Oberflächenwasser
- großes Wasseraufnahme- und ableitungsvermögen
- geringes Mindestgefälle
- keine „Frosttiefe“ erforderlich
- leichtes Erkennen und Beseitigen von Störungen
- nachträgliche Veränderungen sind möglich
- leichte Einrichtung, Bedienung, Unterhaltung von Staueinrichtungen
- Entwässerungsmöglichkeit auch bei schlechten Bodenverhältnissen
- geringe Herstellungskosten

### Nachteile:

- Verlust an Kulturland (bis zu 15 %)
- Behinderung der Bewirtschaftung
- Errichtung von Bauwerken (Durchlässe, Brücken, Düker, ...)
- Unterhaltungsarbeiten notwendig
- ungleichmäßige Entwässerung der Fläche

## Dränung

- Dräne sind künstliche unterirdische Abzüge

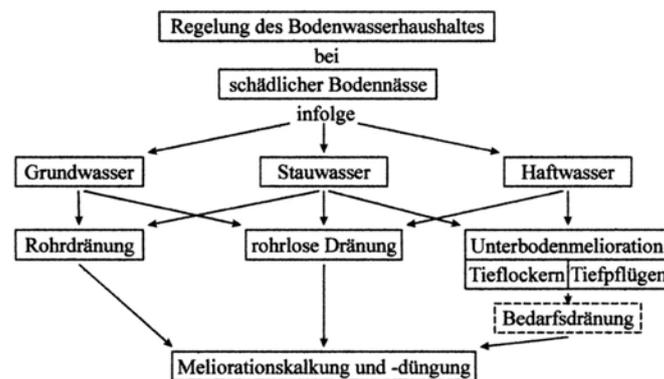


Abbildung 3-36: Moderne Dränmethoden in Abhängigkeit von der Ursache der Bodenvernässung [EGGELSMANN, 1981]

## Dränung - Grundlagen

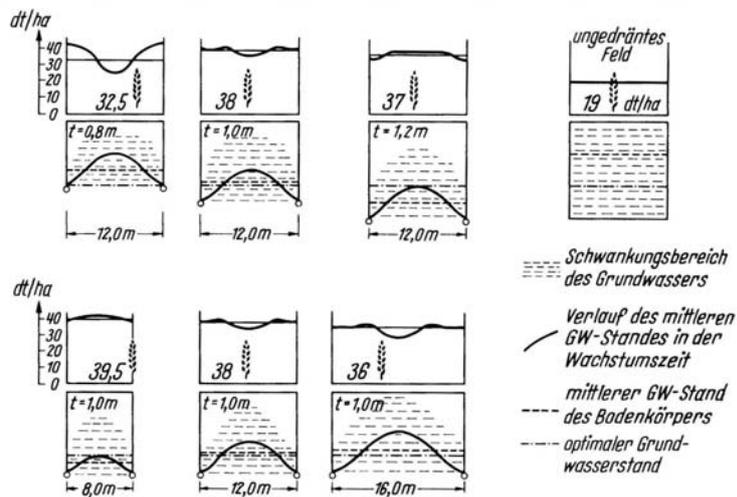


Abb. 3.13 Beziehungen zwischen Dränabstand, Dräntiefe und Ertrag

Quelle: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau

## Dränung - Grundlagen

- für optimale Wirkung der Dränung folgende Punkte prüfen
  - Dränbedürfnis (Ursache der Vernässung)
  - Dränfähigkeit (Bodeneigenschaften)
  - Dränwürdigkeit (wirtschaftliche Kriterien)
- Entwässerung der Dränleitungen in ein System offener oder geschlossener Vorfluter
- für technisch und wasserwirtschaftlich beste Lösung Zusammenschluss aller Grundbesitzer und Vorteilhabenden nötig

## Dränung - Grundlagen

- erste Berichte über Dränungen von Babyloniern (ca.1900 v.Chr.)
- 1857 erste Dränanweisung in Preußen herausgegeben
- seit 1950 DIN 1185 Dränanweisung



Dränausmündung an einem Feld  
Quelle: www.umwelt.schleswig-holstein.de

## Rohrdränung

### Dränabteilung

- besteht aus Saugern, Sammlern und Dränausmündungen

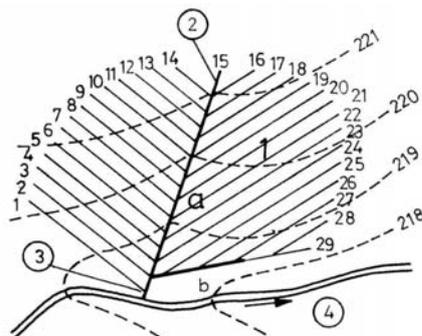
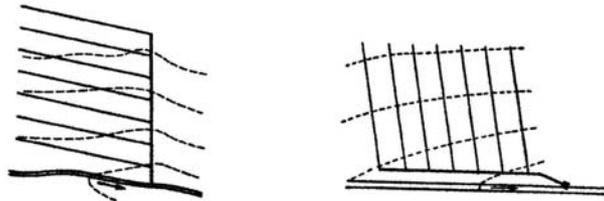


Bild 5.9 Dränabteilung mit Dränausmündung  
/ 1 bis 29 Sauger; 2 Sammler; 3 Dränausmündung; 4 Vorfluter

## Quer-, Längsdränung

- Rohrdränung vorzugsweise als Querdränung
- bei kleinem natürlichem Geländegefälle Übergang in die Längsdränung



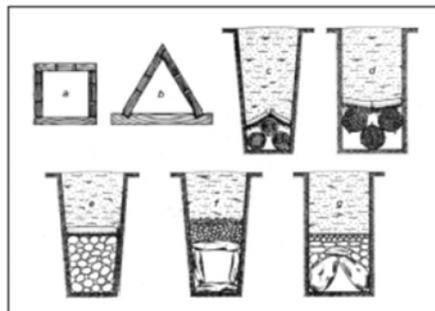
Quer- (links) und Längsdränung (rechts) [SCHROEDER, 1968]



Seitenstrang mit natürlichem (links) und künstlichem Gefälle (rechts) [PRESS, 1959]

## Rohrdränung

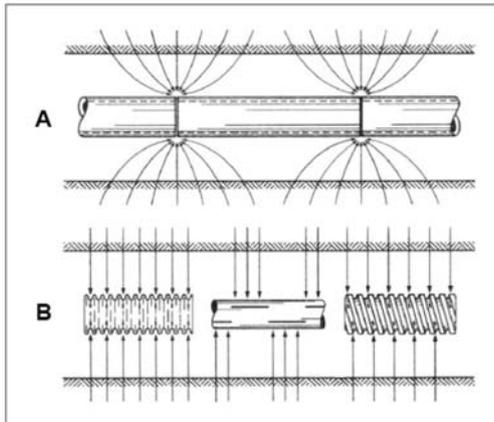
- a+b Holzkastendrän
- c Stangendrän
- d Faschindrän
- c+d mit Rasensoden abgedeckt
- e-g Steindräne



## Rohrdränung

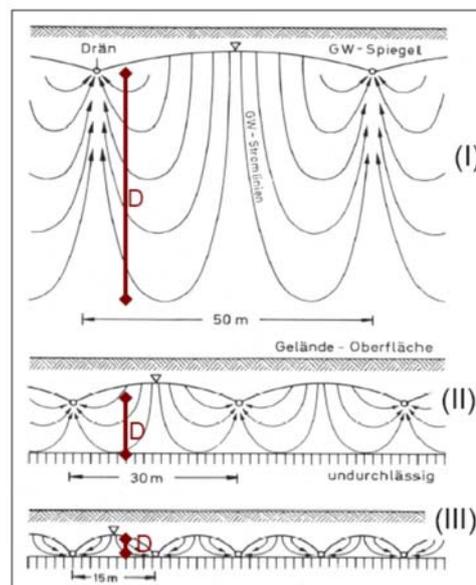
- bei Saugern aus keramischen Rohrdränen erfolgt die Wasseraufnahme durch Stoßfugen, bei Plaströhrn durch Perforation

### Wassereintritt in Tonrohr (A) und PVC-Dränrohr (B)



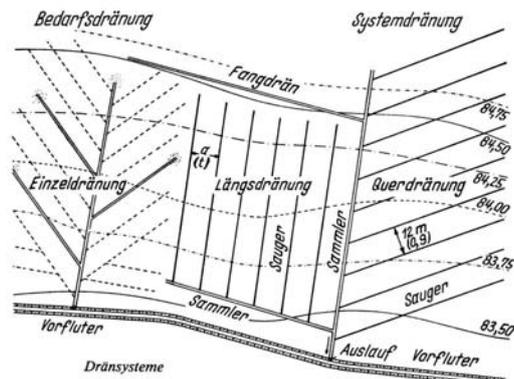
## Rohrdränung

Strömung des Wassers zum Dränrohr in Abhängigkeit der Tiefenlage einer undurchlässigen Schicht  
 (I) > (II) > (III)



## Ableitung von Druck- und Drängewasser

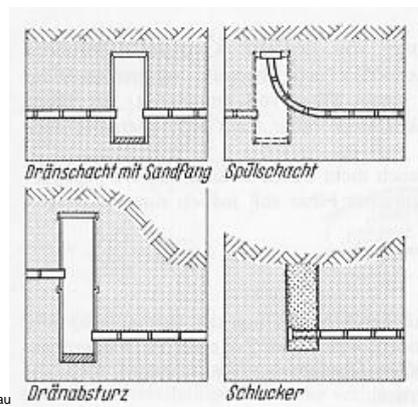
- der Ableitung von Fremdwasser (Druck- oder Drängewasser) dienen Fanggräben oder Fangdräne
- sie sind quer zur Strömungsrichtung des Fremdwasser angeordnet



Quelle: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau

## Baulemente der Dränung

- **Dränschächte** (Einbindung von Rohren)
- **Dränabstürze** (Einhaltung Fließgeschwindigkeiten)
- **Dränausmündungen** (gewährleisten ungehinderten Abfluß)
- **Dränformstücke** (funktionssichere Verbindungen zwischen den Leitungen)
- **Dränstau** (ermöglichen Sperrung des Dränabflusses)



Bauwerke bei Dränanlagen:  
Quelle: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau

## Verockerung

- Verockerung wird durch im Grundwasser enthaltenes zweiwertiges Eisen hervorgerufen
- dieses oxidiert zu dreiwertigen Eisen und wird als Ocker ausgefällt
- es handelt sich um Eisenverbindungen, die im Boden enthalten sind oder mit dem Grundwasser aus der Tiefe herangeführt werden:

Hydrogenkarbonat, Sulfid, Sulfat und Phosphat



## Maßnahmen gegen Verockerung

- Anordnung kleiner, übersichtlicher Dränsysteme
- Vermeidung von Richtungsänderung und Gefällebrechpunkte
- seitlicher Anschluss der Sauger an den Sammler
- vorzugsweise Verwendung von Plastränrohren  $\geq$  NG 63/56 mm mit Eintrittsöffnungen von 1,0 bis 2,0 mm
- Vorsehen von Möglichkeiten einer Dränspülung

## Dräntechnik



## Dräntechnik



Modul 42-2-09

Grundlagen Landnutzung und Wasserbewirtschaftung

VL Einführung in das Wasserwesen

Teil Hydromelioration



## Bewässerung

- Einführung
- Arten der Bewässerung:
  - Überflur-/Unterflurbewässerung
  - Stauverfahren
  - Rieselfverfahren
  - Beregnung
  - Mikrobewässerung

## Einführung

- Zuführung von Wasser auf landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen zur Sicherung und Steigerung von Ertrag und Qualität
- Bewässerung in humiden Gebieten zur Überbrückung kurzfristigen Wassermangels und in ariden Gebieten, um überhaupt ein Pflanzenwachstum zu ermöglichen

Fruchtart	Mehrertrag durch Bewässerung [dt/ha]
Winterweizen	8 - 14
Sommerweizen	6 - 12
Kartoffeln	40 - 80
Zuckerrüben	100 - 150
Silomais	15 - 20
Rotkohl	60 - 100
Blumenkohl	80 - 120
Kopfsalat	80
Möhre	70



Bewässerung mittels Kreisflächenregner

## Einleitung

- Prüfung dreier Faktoren:
  - Bewässerungsbedürftigkeit
  - Bewässerungsfähigkeit
  - Bewässerungswürdigkeit



<http://www.neue-erde.org/katastrophen1.1.html>



[http://www.nzz.ch/nachrichten/wirtschaft/aktuell/preise\\_lebensmittel\\_coop\\_europa\\_eu\\_1.543532.html](http://www.nzz.ch/nachrichten/wirtschaft/aktuell/preise_lebensmittel_coop_europa_eu_1.543532.html)

## Einleitung

- **Bewässerungsbedürftigkeit:**  
ist gegeben, wenn die Hälfte der nutzbaren Feldkapazität das nutzungsspezifische Defizit der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit unterschreitet
- ist gegeben, wenn der Pflanzenwasserbedarf größer ist als das verfügbare Wasser (Niederschlag, Kapillaraufstieg, pflanzenverfügbares Bodenwasser)

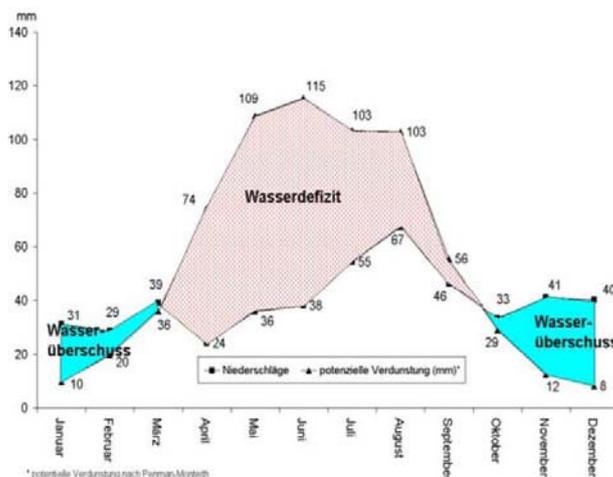
Auswirkungen nutzbarer Feldkapazitäten auf das Pflanzenwachstum

nFK [%]	Pflanzenentwicklung
< 30	Trockenstress, Ertragseinbußen
30 - 50	Wasserangebot ausreichend
50 – 80	Wasserangebot optimal
80 - 100	beginnende Überversorgung ( → Sauerstoffzehrung)
> 100	Überversorgung, Sauerstoffmangel

MLUV: Leitfaden zur Berechnung landwirtschaftlicher Kulturen;  
Schriftenreihe des LVLF, Bd. 6, Reihe Landwirtschaft, Heft VII, 2005

## Einleitung

Klimabilanz für Südbrandenburg (Mittelwerte 2000 – 2004)



MLUV: Leitfaden zur Berechnung landwirtschaftlicher Kulturen;  
Schriftenreihe des LVLF, Bd. 6, Reihe Landwirtschaft, Heft VII, 2005

## Einleitung

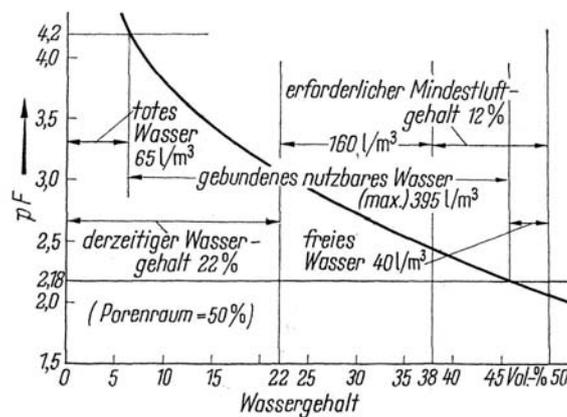
- erforderliche Niederschlagshöhen in mm

	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.
Winter-Roggen	40	70	70	40-50		
Winter-Weizen	40	70	80	60		
Winter-Gerste	40	70	70	40		
Sommer-Roggen	50	80	80	60		
Sommer-Weizen	50	80	80-90	70		
Sommer-Gerste	50	70-80	70	50		
Hafer	50	70	70-80	60		
Lupinen	40-50	70	70	60		
Kartoffeln (mittelspät)	40	60	70	80-90	80-90	60
Rüben	50	50	70	80-90	90	70
Klee	60	90	80-90	90	80	
Wiese	60	90-120	90-100	100-120	80-90	
Weide	60	90-100	90-120	90-120	90-120	70-80
Dürremonat	<50	<60			<50	

Schroeder: Landwirtschaftlicher Wasserbau, 1968

## Einleitung

- Einzelgabe (mm) in Abhängigkeit der pF-Kurve



bei 60 cm Wurzeltiefe  $160 \text{ l/m}^3 * 0,60 \text{ m} = 96 \text{ l/m}^2 = 96 \text{ mm}$

Schroeder: Landwirtschaftlicher Wasserbau, 1968

## Einleitung

- **Bewässerungsfähigkeit:**

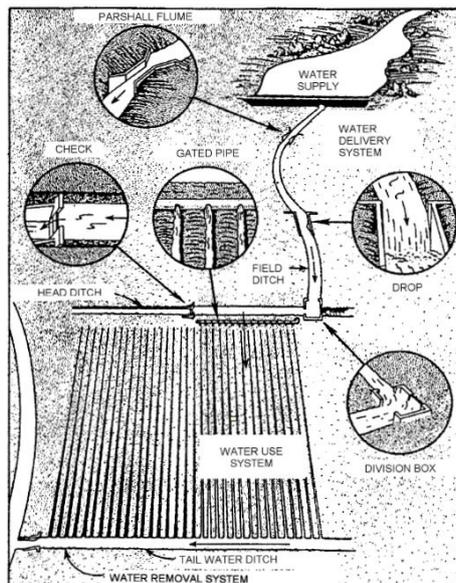
Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, Neigung des Geländes, Vorhandensein von Bewässerungswasser, ...

Tabelle 9.1: Beurteilung der Böden für Bewässerung

Durchlässigkeitsbeiwert $k$ in m/d	Bewässerungsfähigkeit
$k \leq 0,01$	nicht zu bewässern (undurchlässig)
$0,01 < k < 0,1$	mit Vorsicht zu bewässern
$0,1 < k < 0,5$	zur Bewässerung geeignet
$k \geq 0,5$	bei klassischer Bewässerung entstehen große Verluste wegen Tiefsickerung; für Beregnung geeignet.

Abb.:Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.208

## Komponenten einer Bewässerungsanlage

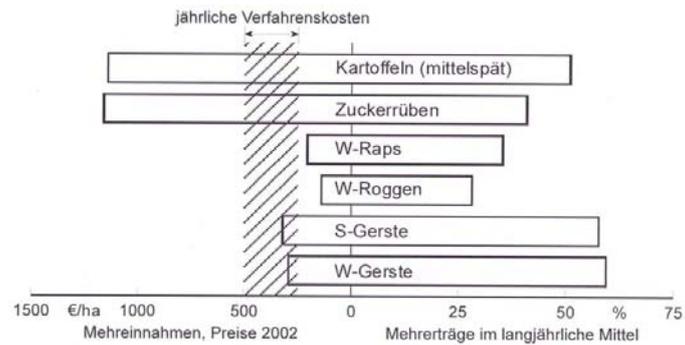


- Wasserentnahme
- Wasserförderung
- Wasserzuleitung
- Wasserverteilung (linear, flächig)
- Ableitung von Überschusswasser

## Einleitung

- **Bewässerungswürdigkeit:**

Bewässerungsmaßnahmen nur, wenn wirtschaftlich lohnend



Thörmann, H.-H., Sourell, H.: Kostenvergleich verschiedener Beregnungsverfahren; FAL Institut für Betriebstechnik und Bauforschung.

## Einleitung

- Bewässerungsmenge so wählen, dass sich zwischen Betriebskosten und Ertrag ein Maximum ergibt  
→ optimale Wassermenge

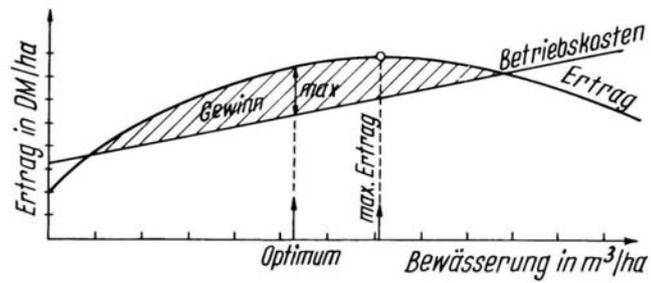


Abb. 9.1 Optimierung bei Bewässerung

Abb.: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.209

## Überflur- und Unterflurbewässerung

Tafel 5.16 Bewässerungsverfahren und Verfahrensvarianten

Verfahren	Varianten	Besonders geeignet für	
<b>Überflurbewässerung</b>			
- „Oberflächenbewässerung“			
• Überstauverfahren	Überstau	A D R <sub>b</sub> R <sub>w</sub> J EA	
	Stau- und Streifen- berieselung	A D R <sub>b</sub> R <sub>w</sub> J EA	
• Rieselfverfahren	Furchenbewässerung	A D R <sub>w</sub> EA	
	Hangberieselung	A D R <sub>w</sub> EA	
	Rohr- und Schlauch- berieselung	A D R <sub>w</sub> EA	
- Beregnung	Varianten siehe Tafel 5.17	A D E R <sub>w</sub> J	
- Mikrobewässerung	Tropfbewässerung	A	EA
	Punktbewässerung	A	EA
	Mikrodüsenberegnung	A	EA
<b>Unterflurbewässerung<sup>2)</sup></b>			
- Grundwasserregulierung (bei grundwasser- beeinflussten Böden)			
• Grabenstau	Grabenanstau	A	J EA
	Grabeneinstau	A	J EA
• Dränstau	Dränanstau	A	J EA
	Dräneinstau	A	J EA
- Kapillarbewässerung (bei grundwasserfernen Böden)	Varianten mit und ohne Sperrschichten unterhalb der Bewässerungsrohre	A	EA

Besonders geeignet für:

A = anfeuchtende Bewässerung

D = düngende Bewässerung

E = erwärmende Bewässerung (Frostschutz)

R = reinigende Bewässerung

(R<sub>w</sub> = wasserreinigend, R<sub>b</sub> = bodenreinigend)

J = für industriemäßige Pflanzenproduktion  
besonders geeignet

EA = geringer Energieaufwand

<sup>2)</sup> s. a. Abschn. 5.3. „Bodenwasserregulierung“

## Oberflächenbewässerung

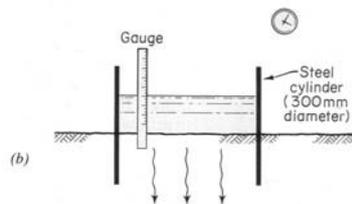
- viele dieser Verfahren werden seit Jahrtausenden praktiziert
- kostengünstig und ohne aufwendige technische Anlagen
- zur Oberflächenbewässerung zählen Stau- und Rieselfverfahren
- Problem: hohe Verluste an Wasser durch Versickerung und Verdunstung
- es wird angestrebt die Wurzelzone einheitlich und gleichmäßig zu durchfeuchten, wobei zuviel vermieden werden muss



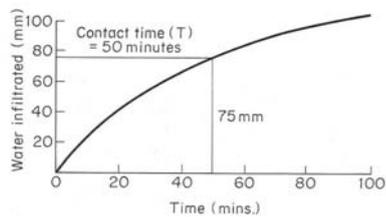
künstliche Bewässerung eines Feldes Ogotcho, Äthiopien

## Oberflächenbewässerung

- Infiltrationsrate ist von Bodenfaktoren abhängig



Bodentyp	Infiltrationsrate [mm/h]
Sand	30
Lehmiger Sand	20 - 30
Sandiger Lehm	10 - 20
Toniger Lehm	5 - 10
Ton	1 - 5



Water (mm)	Time (mins.)
15	5
25	10
40	20
52	30
74	55
90	70
103	100

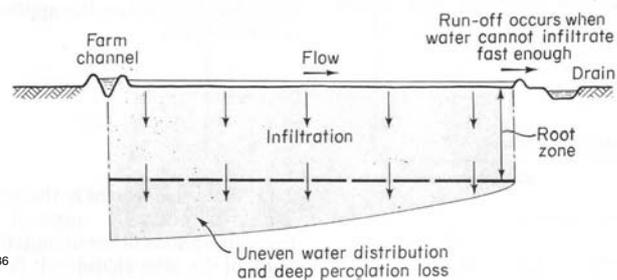
Typical results

Quelle: Kay: Surface Irrigation, 1986

## Oberflächenbewässerung

- die befeuchtete Tiefe wird durch hydraulische Faktoren beeinflusst:

- Ablauf
- Geländegefälle
- Oberflächenrauigkeit
- Form der „Feldgerinne“
- Bodenfaktoren



Quelle: Kay: Surface Irrigation, 1986

## Stau- und Rieselverfahren

- einfachste Form der Bewässerung
- keine Geräte nötig, wartungsarm, von ungelerten Hilfskräften ausführbar
- in ariden Gebieten für Ackerland und Weide verwendet



<http://www.bildarchiv-boden.de/subtro/e1.htm>



<http://de.academic.ru/dic.nsl/dewiki/346247>

## Stauverfahren

### *Flächenüberstau/Beckenbewässerung:*

- die gesamte Fläche, die von Erddämmen umgeben ist, wird überstaut
- für Dammhöhe und Feldgröße sind Höhe und Menge des Bewässerungswassers maßgebend, die sich nach Kulturart und Bodenart richten
- Beschickung der Stauflächen durch Überstauung der Verteilerrinne
- Zufluss min.  $15 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$
- Stauhöhe max. 20 – 30 cm
- Voraussetzung :  
ebene Flächen



<http://www.arizonas-world.de/html/reisanbau.html>

## Stauverfahren

*Flächenüberstau/Beckenbewässerung:*



<http://www.chinareisedienst.de>

## Stauverfahren

*Flächenüberstau/Beckenbewässerung:*

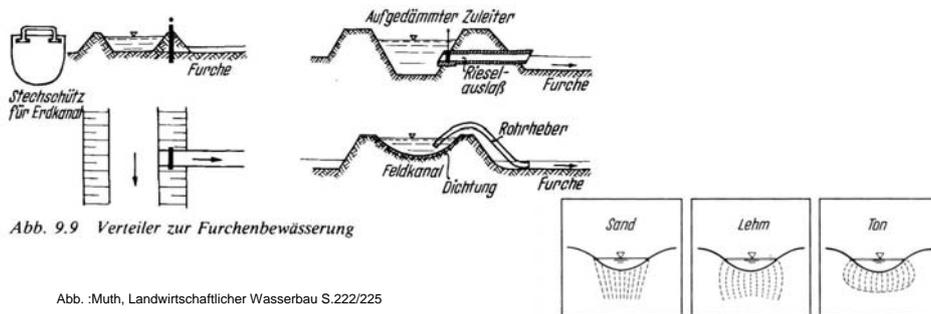


<http://www.de.academic.ru>

## Stauverfahren

### *Furcheneinstau:*

- Verfahren, bei dem Wasser aus einem Zuleiter in annähernd horizontale Furchen geleitet wird
- Beschickung über Stechschütze, Rohrheber o. ä.
- Breite der Beete zwischen den Furchen hängt von der Bodendurchlässigkeit und der Kulturart ab



## Stau- und Rieselfverfahren

### *Staurieselfverfahren:*

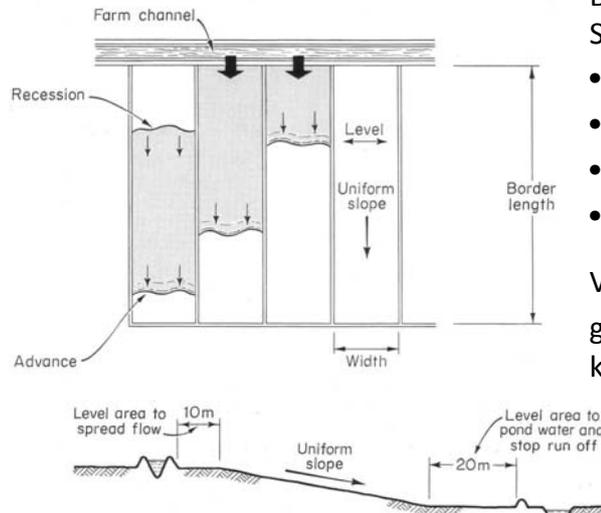
- Fläche wird gering eingestaut, wobei das Wasser während der ganzen Zeit fließt
- Überschusswasser wird über Entwässerungsgräben abgeleitet

### *Rieselfverfahren:*

- mengenmäßig und zeitlich geregeltes Aufbringen von Bewässerungswasser

## Rieselverfahren

### Streifenbewässerung:



Breite und Länge der Streifen abhängig von:

- Bodentyp
- Zuflussmenge
- Bewässerungshöhe
- Gefälle

Voraussetzung:  
gleichmäßiges Längs-,  
kein Quergefälle

Quelle: Kay: Surface Irrigation, 1986

## Rieselverfahren

### Streifenbewässerung:



Quelle: www.wikipedia.com

## Stau- und Rieselfverfahren

### Furchenrieselung:

- Einleitung des Wassers aus einem höher gelegenen Zuleiter in Ackerfurchen
- Auffangen und Abführen des überschüssigen Wassers durch eine tieferliegende Furche

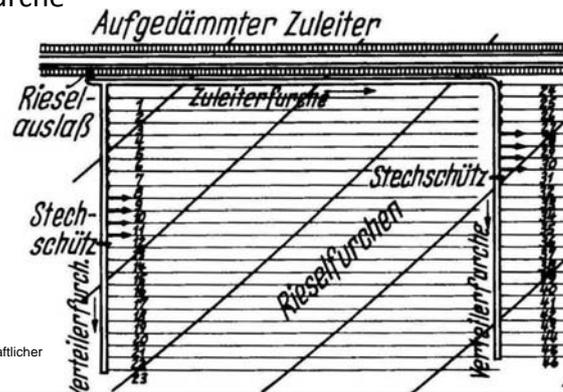


Abb.: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.228

## Stau- und Rieselfverfahren

### Furchenrieselung:



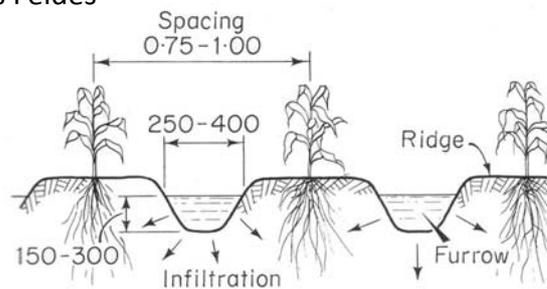
Abb.: <http://www.de.academic.ru>

## Stau- und Rieselfverfahren

### *Furchenrieselung:*

Form, Größe und Länge der Furchen anhängig von:

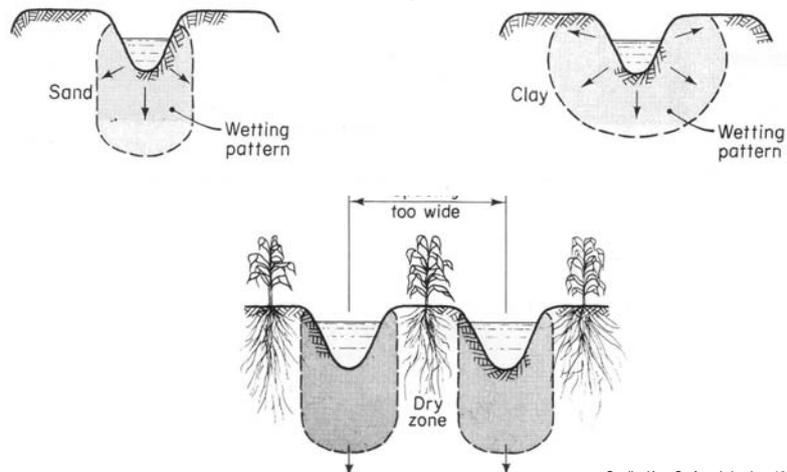
- Bodentyp
- Zuflussmenge
- Bewässerungshöhe
- Größe und Form des Feldes
- Gefälle
- Frucht
- Anbaumethode



Quelle: Kay: Surface Irrigation, 1986

## Stau- und Rieselfverfahren

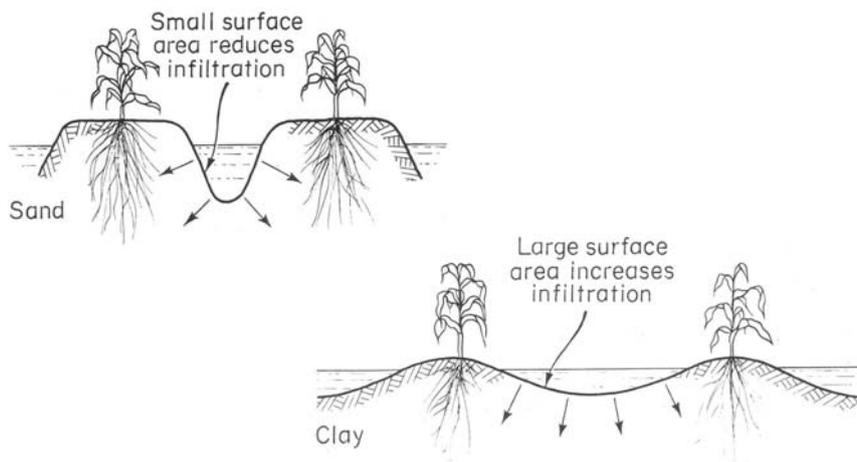
### *Furchenrieselung:*



Quelle: Kay: Surface Irrigation, 1986

## Stau- und Rieselfverfahren

### *Furchenrieselung:*



Quelle: Kay: Surface Irrigation, 1986

## Stau- und Rieselfverfahren

### *Wilde Rieselung:*

- *Bewässerungswasser zum höchsten Punkt geleitet*  
→ von da planlos auf Bewässerungsgebiet geleitet

### *Rohrrieselung:*

- verbesserte Art der Wilden Rieselung
- gezielte Verteilung durch Rohr- und Schlauchleitungen
- Rohrleitungen können offene Zuleitungen ersetzen
- von den Rohrleitungen aus können perforierte Kunststoffschläuche in den Furchen ausgelegt werden  
→ bessere Dosierung

## Stau- und Rieselverfahren

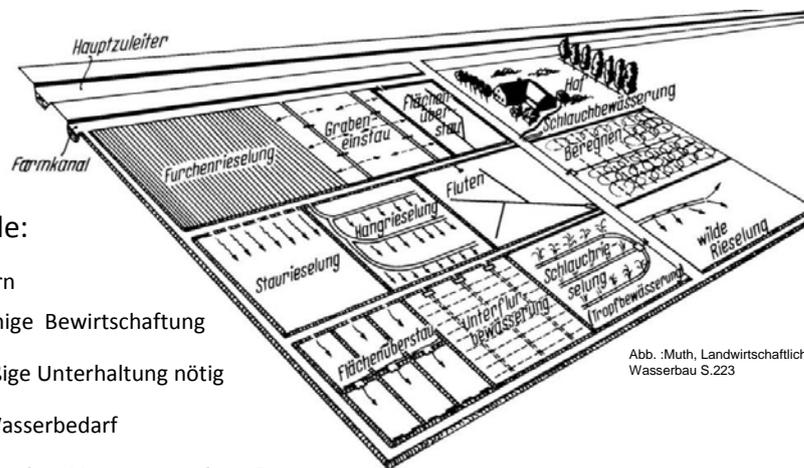


Abb. :Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.223

### Nachteile:

- behindern großflächige Bewirtschaftung
- regelmäßige Unterhaltung nötig
- großer Wasserbedarf
- ungleichmäßige Verteilung auf der Fläche
- Gefahr der Versalzung in ariden Gebieten

## Über-/Unterflurbewässerung

### Stauverfahren:

- Verminderung des Abflusses zu Trockenzeiten durch Rückstau aus dem Vorfluter
- begrenzte Wirksamkeit, da nur langsame Ausbreitung
- stark von Durchlässigkeit des Bodens abhängig

### Grabeneinstau:

- Verfahren, bei dem der Stau ausgenutzt wird, um über Seitengräben dem umliegenden Gelände Bewässerungswasser zuzuleiten
  - ➔ große Entwicklung in die Breite



## Unterflurbewässerung

### Rohranstau:

- Verminderung des Abflusses einer Dränung durch Rückstau aus dem Vorfluter

### Rohreinstau:

- Dränung mit Stauverschlüssen

### Rohrbeschickung:

- Einspeisung von Wasser in Dräne mit Stauverschlüssen

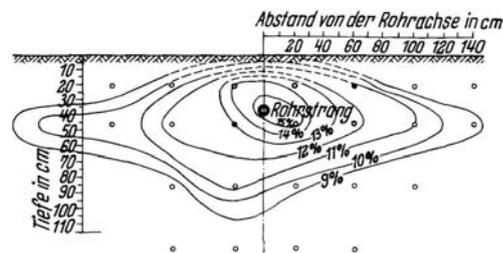


Abb. 9.13 Ausbreitung von Bewässerungswasser  
Abb.: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.226

## Unterflurbewässerung

### Vorteile:

- kein Betreten der Felder erforderlich
- keine Verdunstungsverluste
- keine Veränderung des Bodengefüges (Krümelgefüge)

Verfahren	spez. Wasserbedarf	Fläche pro Arbeitskraft [ha]
Flächenüberstau	40 – 80 L/s ha	450
Streifenrieselung	3,5 – 15 L/s lfm Breite	160
Furchenrieselung	0,8 – 2,5 L/s je Furche	85
Hangrieselung	200 – 250 L/s ha	40
Einstau	0,35 – 0,5 L/s ha	500

## Beregnung

- regenartige Verteilung von Flüssigkeit unter Druck
- Verwendung hauptsächlich in technisch entwickelten Ländern anstelle der Bewässerungsverfahren
- planmäßige und bessere Verteilung sowie genauere Dosierung des Wassers
- Kombination mit anderen Maßnahmen (Pflanzenschutz, Düngung, Frostschutz)



## Beregnungsverfahren

- Einteilung nach Beregnungsdichte:
  - Starkberegnung* mit über 20 mm/h (Park-/Grasland)
  - Mittelstarkberegnung* mit 7 mm/h bis 20 mm/h (Gartenbau)
  - Schwachberegnung* mit unter 7 mm/h (Feldberegnung)
- 1 mm entsprechen 1 l/m<sup>2</sup> (10 m<sup>3</sup>/ha)
- es wird nach dem Leitungsmaterial zwischen Rohrverfahren, Rohr-Schlauchverfahren sowie den trommelbaren Verfahren und den Beregnungsmaschinen unterschieden
- hauptsächlich wird zwischen ortsfesten, teilortsfesten und vollbeweglichen Anlagen unterschieden

## Beregnungsverfahren

### **Beregnungsmaschinen:**

- Kombinationen von Rohren oder Schläuchen mit Regnern
- angetrieben von Zapfwellen oder Antriebsaggregaten
- arbeiten vom Rand aus oder auf den Beregnungsflächen
- Ablauf der Beregnung bei teilortsfesten und vollbeweglichen Anlagen weitgehend automatisiert
- es gibt verschiedene Arbeitsprinzipien  
ziehende, drehende und fahrende Verfahren

## Beregnungsverfahren

### ➤ ziehende Verfahren:

- Auslegen eines Schlauches mit einem Regner am Ende
- langsames Einrollen des Schlauches während des Beregnungsvorganges

H:\Archiv\Lehre\  
ndlagen\_L\_WHydroi

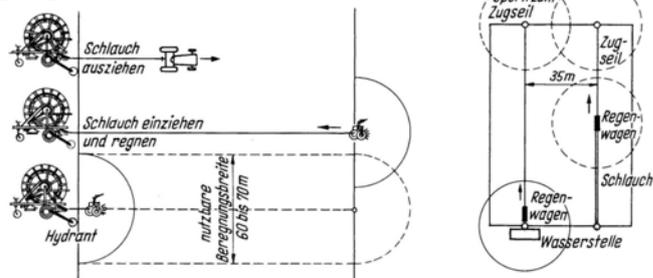


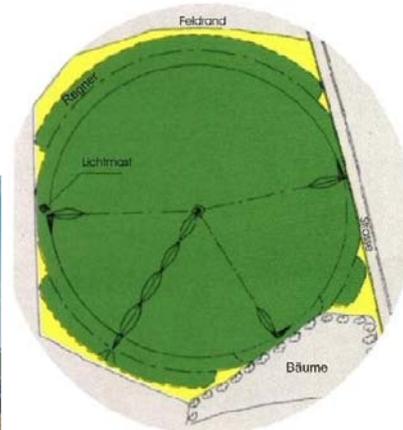
Abb.: Muth, Landwirtschaftlicher  
Wasserbau S.236

Abb. 9.23 Aufstellungs- und Arbeitsschema von Regenmaschinen

## Beregnungsverfahren

### ➤ drehende Verfahren:

- Großregner, die sich um die eigene Achse drehen
- fest montiertes Gerät



<http://www.beinlich-beregnung.de/html/produkte.htm>

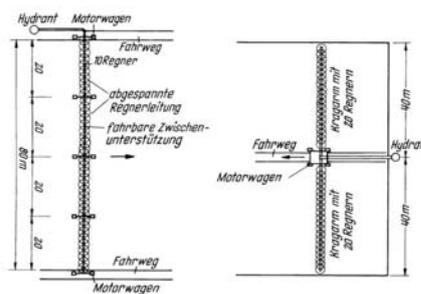
## Beregnungsverfahren

### ➤ fahrende Verfahren:

- Großregenmaschinen mit 80m Arbeitsbreite
- Regner an Brückenkonstruktion montiert



<http://www.dr-alex-rollrasen.de/uberuns/uberuns.htm>



Details:

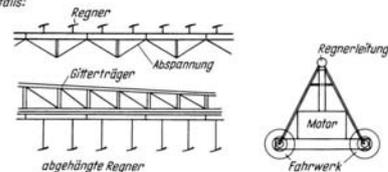


Abb. 9.25 Fahrend arbeitende Großregenmaschinen

Abb.: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.238

## Mikrobewässerung

- die Tropfbewässerung hat im ariden Klimabereich eine weltweite Verbreitung gefunden
- durch Wasserknappheit wird sie auch in humiden Klimagebieten verstärkt genutzt
- bei der Tropfbewässerung wird der Wirkungsgrad des Wassereinsatzes gesteigert
- geringerer Energieverbrauch
- kein Verschlämmen und Verkrusten der Bodenoberfläche
- Mineraldüngerabgabe direkt in den Wurzelraum möglich
- geringer Unkrautbewuchs zwischen den Pflanzenreihen durch gezielte Wasserzufuhr

Nachteile:

- hohe Anlagenkosten
- kompliziertere Steuerung des Betriebsverhaltens

## Mikrobewässerung

GARDENA Micro-Drip-System  
Gezielt und sparsam bewässern



Wassersparende unterirdisch verlegte  
Tropfbewässerung im Kartoffelanbau



Tropfbewässerung unterirdisch

## Mikrobewässerung

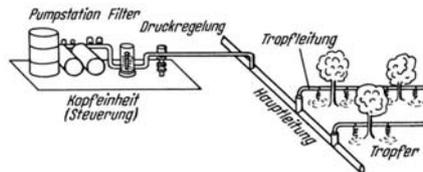


Abb. 9.40 Bestandteile der Tropfbewässerung

Abb.: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.260

- zur Anlage gehören:
  - Kopfeinheit mit Filter
  - Steuerung
  - Druckregelung
  - Hauptleitung
  - Verteilerleitungen
  - Tropferleitung

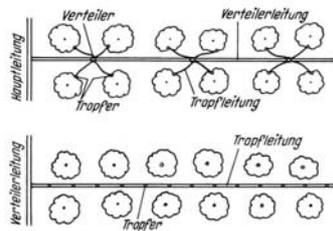


Abb. 9.41 Anordnung der Tropfer bei Reihenpflanzungen

Abb.: Muth, Landwirtschaftlicher Wasserbau S.260

- eignet sich besonders für Reihenpflanzungen z.B. im Gemüseanbau oder bei Obstkulturen

## Frostschutzberegnung

*Frostschutzberegnung:*

- Beregnung der Pflanzen bei Frost, so dass sich ein Eispanzer darum bildet
- dadurch Verhinderung des Absinkens der Temperatur in den Pflanzen auf unter  $0,5^{\circ}\text{C}$
- Beregnung darf während Frosteinwirkung nicht gestoppt werden



Frostschutzberegnung Apfelbaum