



Wasserbau I (Einführung, Begriffe)

Die *Verteilung* des Wassers auf der Erde und der *Wasserkreislauf* sind von der Natur vorgegeben. Durch Eingriffe hat der Mensch seit jeher versucht, die *für ihn günstigen* Umweltbedingungen zu nutzen und die *nachteiligen* zu ändern oder abzuwehren. Im Rahmen des Wasserbaus zu behandeln:

1. Stoff *Wasser*

und

2. *Bautechniken* bezogen auf Wasser

1.1 Vorkommen:

70,6 % der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt.

1.2 Ursprung:

Das Universum entstand vor rd. 8?(14?) Mrd Jahren (Urknall?).
(→Hubble, Doppler)

Die Erde entstand vor rd. 5 Mrd Jahren durch Verdichtung interstellarer Gase infolge der wirkenden Schwerkraft.



Bei der Abkühlung entstand die Erdkruste und aus dem vulkanischen Dampf die Uratmosphäre:

Ammoniak NH_3 , Methan CH_4 , *Wasserdampf* H_2O .

2. Stufe durch Oxidation und Photodissoziation:

Kohlendioxid CO_2 , Stickstoff N_2 , *Wasserdampf* H_2O .

(Außerdem das NaCl des heutigen Meeres).

3. Stufe durch Wechselwirkung mit der *Biosphäre*:

Heutige Atmosphäre mit 4 T. Stickstoff + 1 T. Sauerstoff und *Wasserdampf* (Gas); separat flüssiges *Wasser* und Eis (fest).

1.3 Lebensstoff Wasser:

Photosynthese - Chemosynthese:

Vor 3 Mrd Jahren *erstes Leben* in der Nähe von Vulkanen im warmen Wasser ($-2,5 < t < 50^\circ \text{C}$) (Chemosynthese).

Wassergehalte von Pflanzen und Tieren:

Pflanzen: 90%

Tiere und Menschen: 60 - 70%.



Zu Photosynthese und Chemosynthese:

Unter Photosynthese (vergl. auch Assimilation) wird im engeren Sinne der *Aufbau von Kohlehydraten* aus Kohlendioxid und Wasser verstanden, der mit Hilfe von Lichtenergie (Sonne) durch das Chlorophyll (= Blattgrün) bewirkt wird. Sie stellt eine der wichtigsten biochemischen Reaktionen auf der Erde dar und liefert pro Jahr etwa 10^{11} t organische Substanz.

Unter Chemosynthese wird (im Gegensatz zur Photosynthese) der Aufbau hochmolekularer organischer Verbindungen aus anorganischen Stoffen und Ionen sowie Wasserstoff und Schwefel verstanden. Diese geschieht jedoch durch verschiedene Bakterien *ohne Sonnenlicht*.



1.4 Physikalische u. chemische Eigenschaften d. Wassers:

vergl. Hydromechanik, Siedlungswasserwirtschaft ...

2. Wasserbautechniken

Die *Bauwerke* und *Maßnahmen* des Wasserbaues haben heute sehr vielfältige Zweckbestimmungen:

1. *Sammeln, Speichern und Verteilen* des zum Leben von Mensch, Tier und Pflanze notwendigen Wassers (*Trinkwasser*) und des Nutzwassers für Gewerbe und Industrie (*Brauchwasser, Prozesswasser*);
2. *Ableiten und Reinigen* von genütztem (und verschmutztem) Wasser (ggf. in *Kläranlagen*);
3. *Ableiten* überschüssigen Wassers (*HW-Entlastungsanlagen*);
4. Schutz vor den zerstörenden Kräften des Wassers (*Küsten- und Uferschutzmaßnahmen bei Hochwasser*);
5. Nutzung des Wassers als Energie- und Verkehrsträger, zu Freizeit und zur Erholung;
6. Erhaltung des Wassers in Natur und Landschaft.



Fast alle Hochkulturen des Altertums waren in den Flusstälern großer Ströme beheimatet: *Nil, Euphrat und Tigris, Indus, Ganges, Mekong, Hoang-Ho* u. a. Je nach den Erfordernissen entstanden dort umfangreiche *Bewässerungsanlagen* als Grundlage einer Landwirtschaft oder bzw. auch *Dammsysteme und Uferbefestigungen* zum Schutz gegen Hochwasser. Der Bau und Betrieb dieser Anlagen funktionierte, d.h., er war überhaupt nur möglich, wenn eine große, zentral geführte Gemeinschaft dahinter stand. Dies begünstigte die Ausbreitung der Herrschaft eines Staates über das ganze Flusssystem.

Der Bestand der wasserbaulichen Anlagen war immer ernstlich gefährdet, wenn ein solches “*Wasserwirtschaftsreich*” auseinanderbrach. Die *Kanalsysteme* und *Dämme* taten oft über mehr als tausend Jahre hinweg ihren Dienst. Viele Kanäle bestehen noch heute (z. B. im Irak). Am Indus gab es bereits *Trennkanalisation*.



Antike Hochkulturen Mitte des 3. Jahrtausends vor Christus



Aus Afghanistan und Kleinasien:
Gold, Silber,
Lapislazuli

Himalaja

Holz

Harappa

Kupfer

Belutschistan

Mohenjo-Daro

Indus
Ghaggar-Hakra

Tharr-Wüste

Muscheln,
Perlen

Golf von Kutch

Dholavira

Lothal

Arabisches Meer

Historische Fluß- und Küstenverläufe

200 km

Zwischen Nil und Indus Die frühen Hochkulturen

Vor Christus	ÄGYPTEN	MESOPOTAMIEN	INDUS
1000 —	Neues und Mittleres Reich • Tutanchamun		
1500 —		Altassyrisches Reich	• Einfall vedischer Arier Untergang
2000 —		3. Dynastie von Ur Akkadische Zeit	Harappa-Zivilisation
2500 —	Altes Reich • Pyramiden von Gizeh Frühzeit	Uruk und Vordynastie	• Kontakt mit Mesopotamien • Schrift Früh-Harappa
3000 —		• Schrift	
3500 —	• Schrift		
	Hieroglyphen	Keilschrift	??

Quelle: Der Spiegel 3/1999

©2002/02.6



Bild: Der Spiegel
3/1999

2000 v. Chr.: Trennkanalisation am Indus:

Fast jedes Haus war sowohl oberirdisch als auch unterirdisch an gemauerte begehbare *Abwasserkanäle* angeschlossen.

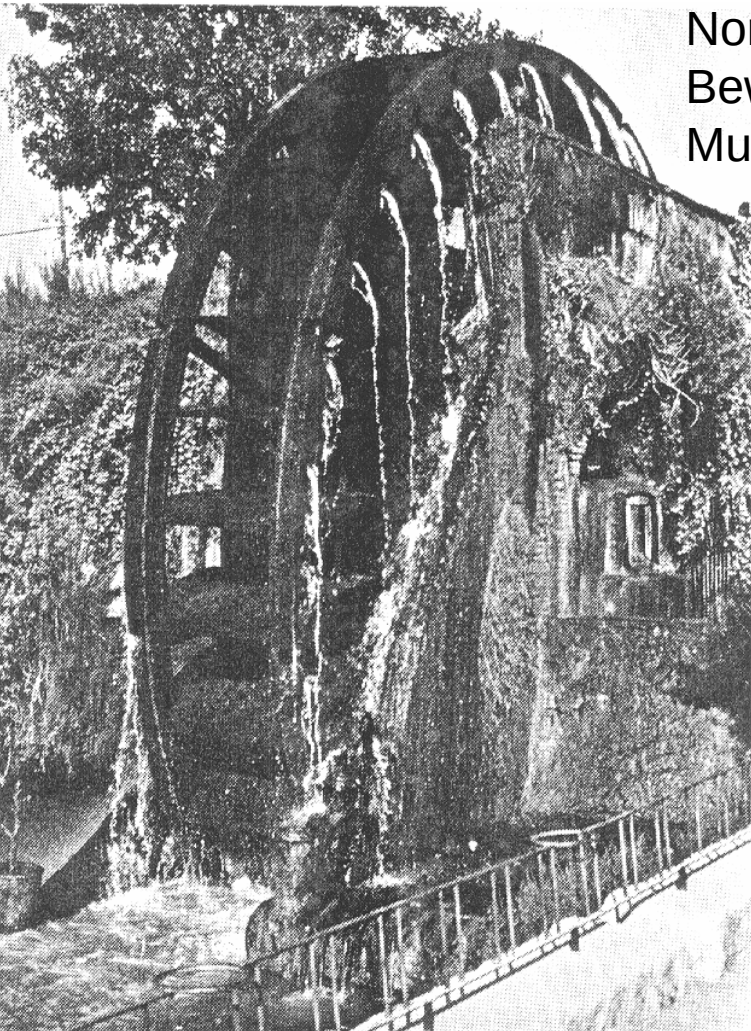


Zur *Speicherung* von Wasser für die *Bewässerung* und für die *Wasserversorgung* von Siedlungen wurden im Altertum auch schon *Staudämme* von teilweise beachtlicher Höhe gebaut. Lagen die Felder so hoch, dass sie vom Wasser nicht mit natürlichem Gefälle erreicht werden konnten, so musste Wasser gehoben werden. Das älteste und einfachste Gerät dazu war ein *Schöpfbaum* mit Schöpfeimer und Gegengewicht. Dieses »*Schaduf*« war bis vor einiger Zeit z. B. noch Ägypten im Einsatz.

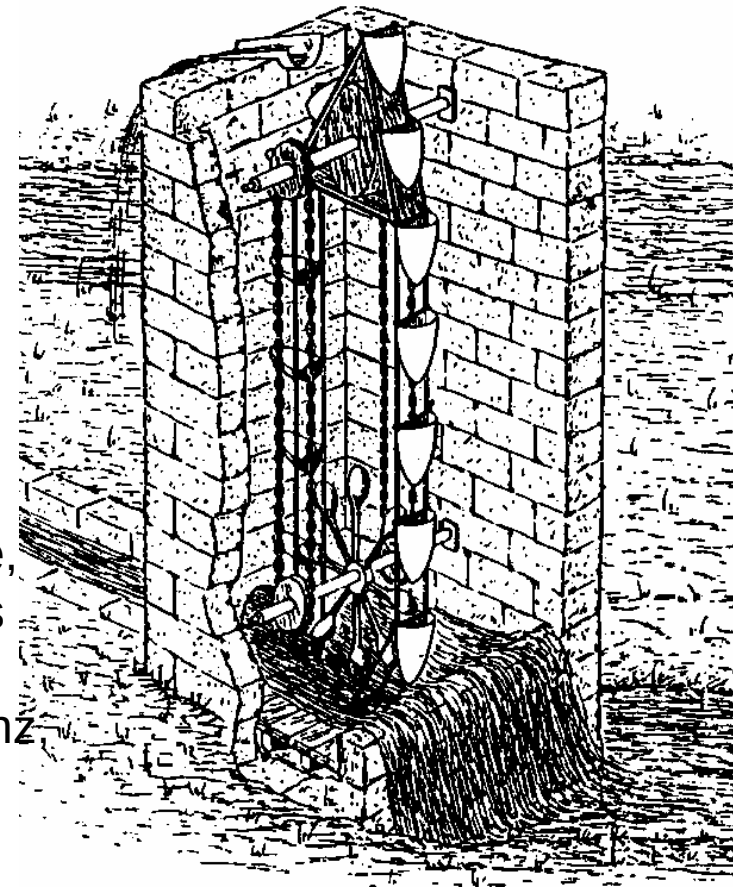


Bild Garbrecht, G: Bend-e-Kebar,
Iran, ca. 1150 n. Chr.

Als Wasserhebegeräte kamen im Mittelmeerraum bis etwa 200 v. Chr. das Schöpfrad, das Eimerschöpfwerk und die archimedische Schraube dazu. Angetrieben wurden sie mit Hand, Tretmühle und ab etwa Christi Geburt verbreitet mit dem Wasserrad.



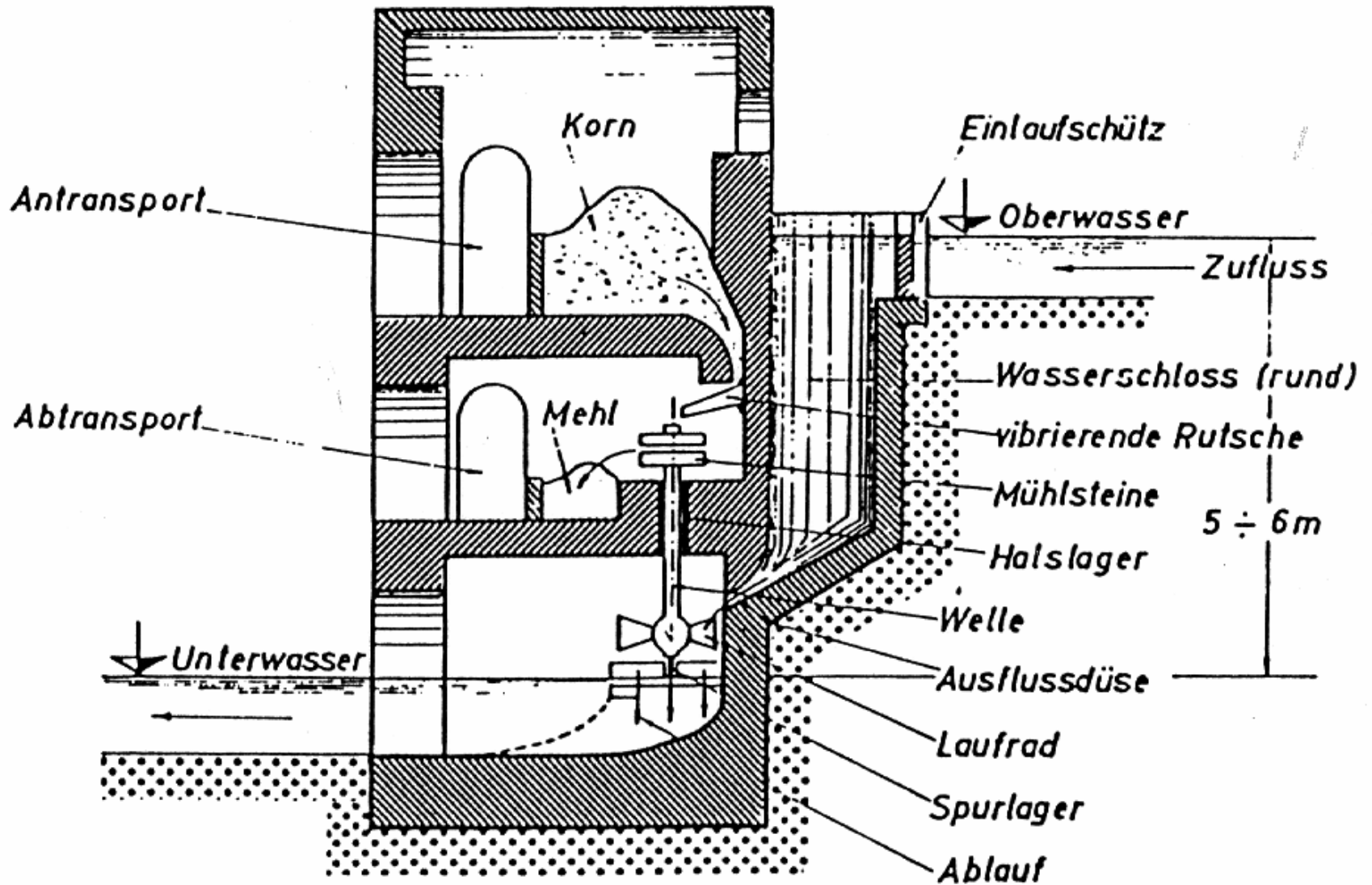
Noria zum Heben von Bewässerungswasser, Murcia, Spanien



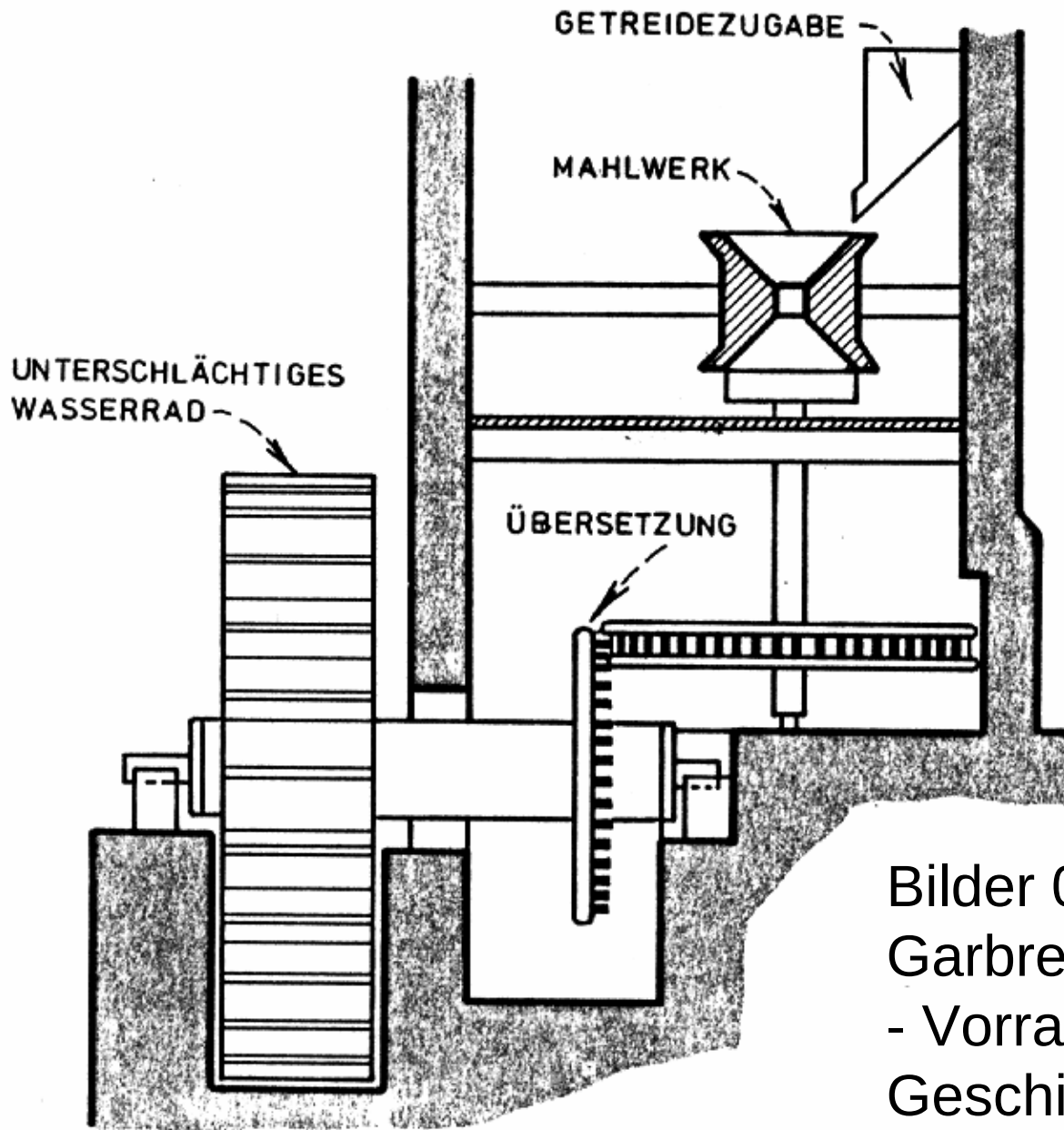
Schöpfeimerkette, unterschlächtiges Wasserrad; n. Philon von Byzanz um 230 v. Chr



Wassermühlen - Kette: Oberschlächtinge Wasserräder



Querschnitt einer altiranischen Mühle vom Typ der Arubah-Mühlen



Rekonstruktion einer Getreidemühle nach einer Beschreibung von Vitruv: Unterschlächtiges Wasserrad.

Bilder 02.8 bis 02.11 aus:
Garbrecht, G.: Wasser
- Vorrat, Bedarf und Nutzung in
Geschichte und Gegenwart.
Rowohlt-Taschenbuch 1985.



Zeitliche Einordnung *markanter* wasserbaulicher Entwicklungen.

Von rd. 300 v. Chr. bis 800 n. Chr. bestand ein *Vorläufer des Suez-Kanals*, der je nach Unterhaltungszustand abwechselnd offen oder unbefahrbar war. Er hatte sogar schon eine Art *Schleuse*. Ab dem früheren Mittelalter wurde das *Wasserrad* in Mitteleuropa in großem Umfang als Antrieb für *Mühlen, Sägen, Hammerwerke* u. a. eingesetzt.

In den Niederlanden begann man ab ca. 1400 n. Chr. *Windmühlen als Pumpenantrieb* (archimed. Schraube) bei der Entwässerung der zahlreichen niedrigen Ländereien einzusetzen, die man nach und nach mit Deichen gegen das Meer und die dort mündenden Flüsse schützte (Polder).

Um diese Zeit, in der in Mitteleuropa viele Kanäle entstanden, datiert auch die *Erfindung der Kammerschleuse*. Ende des 18. Jahrhunderts begann in Europa die Zeit der großen *Flussregulierungen*; Ende des 19. Jahrhunderts begann die Nutzung der *Wasserkraft zur Erzeugung elektrischer Energie*.



Beide Aktivitäten haben sich bis heute bei uns fortgesetzt: Ausbau von Rhein, Main, Neckar, Weser, Donau, Elbe, Mosel, Saar u.a. für die *Wasserkraftnutzung* und die Nutzung durch die *Schifffahrt*. Die *Talsperrentechnik* hat sich in den vergangenen 50 Jahren so entwickelt, dass Absperrbauwerke bis über 300m Höhe und zugehörige *Verschlusssysteme* errichtet werden können. An den Küsten sind neben den *Hafenbauten* und den *Deichbauten* insbesondere die *Sturmflut-Sperrwerke* zu nennen, insbesondere sei das Delta-Projekt in den Niederlanden (nach 1953) und der Bau von Sperrwerken an der Nordsee (nach 1962) erwähnt. Zu den anspruchsvollsten Bauwerken, die auf Wasserlasten zu bemessen sind, zählen heute aber die *Offshore - Konstruktionen*. Sie sind gegen *horizontale Wellenbelastung* und auch gegen Eisdruck, d.h., *dynamische Belastungen* zu bemessen. Von Vorläufern abgesehen, begann Ihre eigentliche Entwicklung erst im zweiten Drittel dieses Jahrhunderts. (Bilder hierzu in wbau01, wbau03 und wbau06)



Bei vielen *Wasserbauten an Land* soll eine großräumige Wirksamkeit erreicht werden. Hierbei können Einzelbauten nur im Verband/Verbund mit anderen innerhalb einer systematisch geplanten größeren Anlage zur Wirkung kommen. So ist z. B. ein *kurzes Stück* Hochwasserschutzdamm (Deich) am Ufer eines Flusses oder an der Küste nur bedingt wirksam, weil es umströmt werden kann.

Andererseits wirken manche Wasserbauten *zwangsläufig* auf ihre Umgebung (z.B. wirkt eine Stauanlage *oberwasserseitig* (OW) und *unterwasserseitig* (UW)). Solche ggf. unerwünschten Nebenwirkungen müssen dann, wenn möglich, ausgeglichen oder hingenommen werden, vergl. z.B. 3-Schluchten-Damm in China. Einzelne Wasserbauten, die nicht den Zusammenhang mit einem größeren System brauchen und auch keine Fernwirkungen haben, sind die Ausnahme wie z. B. das Kleinkraftwerk an einem Bach oder kleinen Fluss oder ein Hafenbecken an einem von Natur aus schiffbaren See oder im Küstengebiet.

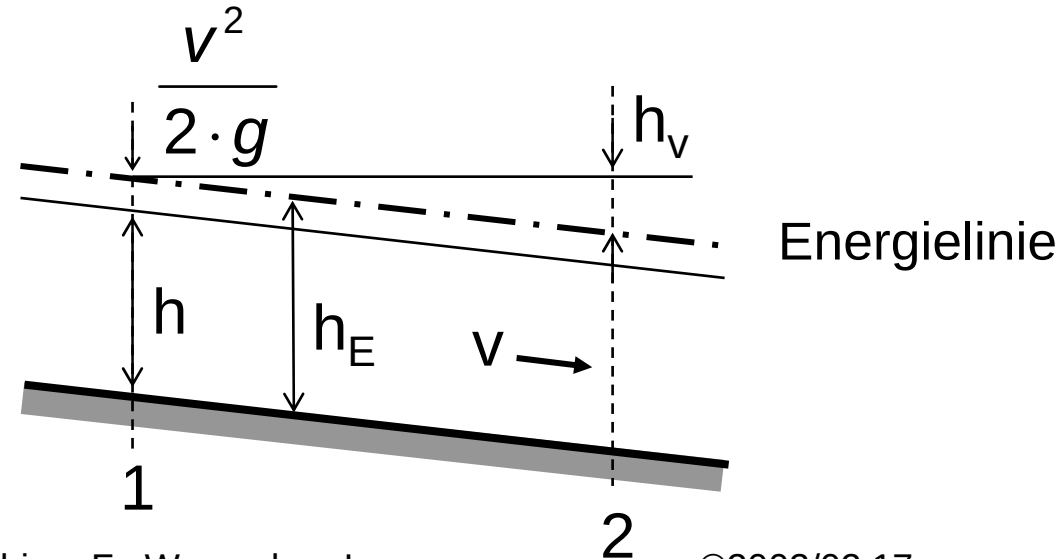
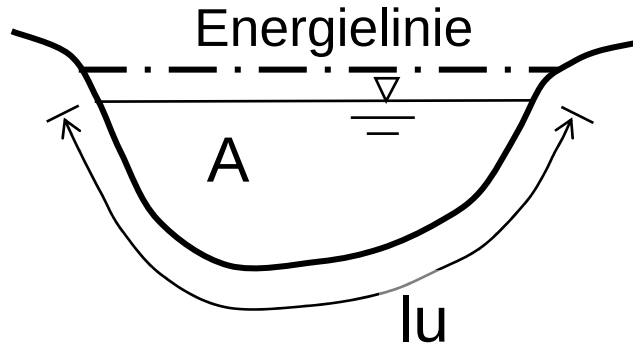


In unserer heutigen *urban-industriellen* Gesellschaft besteht zwischen fast allen Bereichen unseres Lebens und unserer Umwelt ein *kompliziertes Netzwerk* gegenseitiger Wechselbeziehungen. Je größer die Bevölkerungsdichte wird, je spezialisierter die einzelnen Lebensbereiche werden und je näher die Nutzung der Natur an die Grenze des Möglichen rückt, desto empfindlicher reagieren die einzelnen Teile und Teilsysteme auf Veränderungen, vergl. z.B. die Vernichtung des Regenwaldes. Wasserbauliche Planung bedeutet heute in erster Linie *wasserwirtschaftliche Planung* (auch im Sinne der *Bewirtschaftung* des verknappten Wassers) und diese steht wiederum in Wechselbeziehungen mit der Umwelt, mit den kulturellen und den sozio-ökonomischen Gegebenheiten der jeweiligen Länder. Die *konstruktive wasserbauliche* Planung der *Einzelbauwerke* wird separat behandelt. Hierbei ist außer der Erfüllung der gewünschten *Funktionen* auch die *landschaftliche, ökologische und städtebauliche Einbindung* eines Bauwerks von Bedeutung.

Grundbegriffe



Die Grundfrage nach der natürlich anfallenden Wassermenge und ihrer zeitlichen Verteilung wird von der *Gewässerkunde (Hydrologie)* beantwortet, vergl. Lehrveranstaltung im SS. Das für den Wasserbau wichtige physikalische Verhalten des *stehenden und fließenden Wassers* wird von der *Hydrostatik* bzw. *Hydrodynamik* beschrieben. Als weiteres *Beispiel* für einen *hydrodynamischen* Vorgang sei hier - neben der in der Hydro-mechanik behandelten Rohrströmung - der Abfluss Q in m^3/s in einem offenen Gerinne nach der Formel von *Manning-Strickler* erwähnt:





$$Q[m^3/s] = v \cdot A$$

$$v[m/s] = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

(Manning-Strickler-Formel),

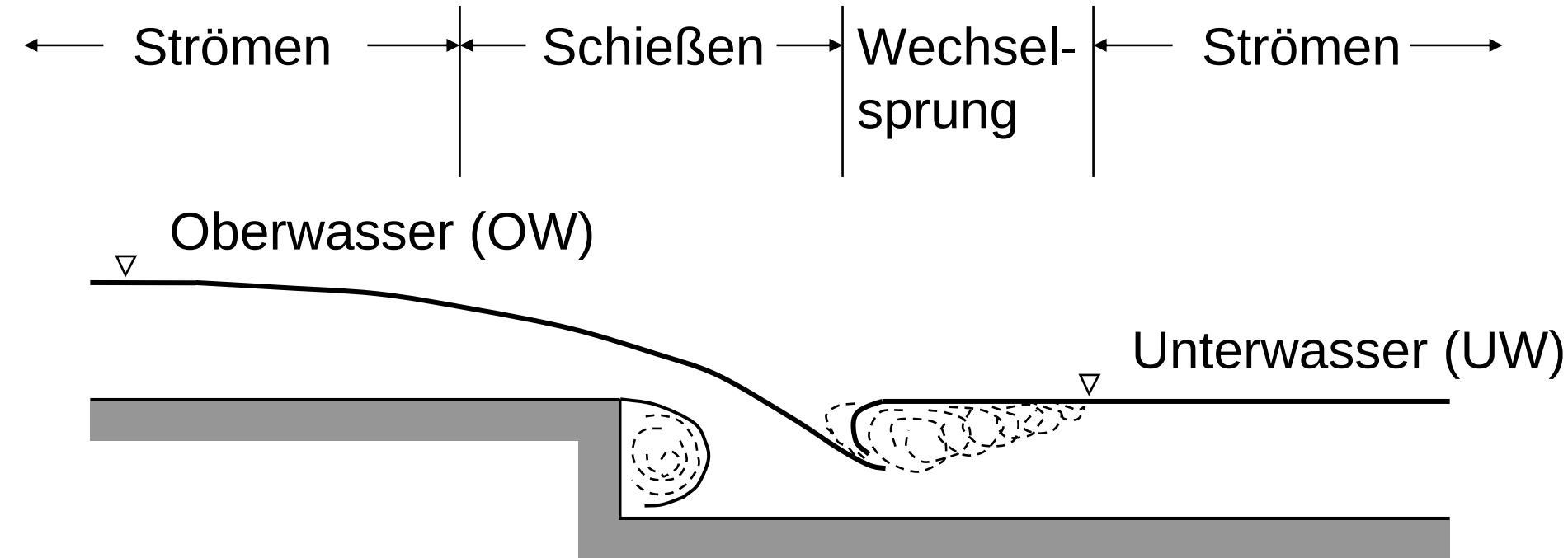
darin:

- r_{hy} = A/I_u (hydraulischer Radius),
- v (m/s) = mittlere Fließgeschwindigkeit,
- A (m²) = durchströmte Querschnittsfläche,
- I_u (m) = Umfang des benetzten Querschnitts,
- J = Gefälle der Energielinie
- k = Rauigkeitsbeiwert, abhängig von der Rauigkeit der Sohle und der Wände des Gerinnes.

Die kinetische Energie des mit der Geschwindigkeit v bewegten Wassers stellt die Geschwindigkeitshöhe ($v^2/2g$) dar.

Darin ist $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (Erdbeschleunigung).

Bei gleicher Höhe der Energielinie (h_E) sind in der Natur je nach Reibungsverhältnissen zwei Abflusszustände möglich :



1. Strömender Abfluss mit geringer Geschwindigkeit und großer Wassertiefe h (häufigster Fließzustand in den Gewässern).
2. Schießender Abfluss mit großer Geschwindigkeit und kleiner Wassertiefe h (bei großem Gefälle, Durchfließen eines Wehres, Unterströmung eines Schützes, verl. Hydromechanik).



Der Grenzfall zwischen Strömen und Schießen ist gekennzeichnet durch die sog. *Grenztiefe* bzw. die *Grenzgeschwindigkeit*

$$\begin{aligned} h_{gr} &= \frac{2}{3} \cdot h_E \\ v_{gr} &= \sqrt{g \cdot h_{gr}} \end{aligned}$$

Auf kurzer Strecke erfolgt der Übergang mit *Wechselsprung* und *Deckwalze* unter *starkem Energieverlust* durch Wirbel und Schaumbildung. Auf längerer Strecke mit stationärer Wellenbildung. Bei beiden Vorgängen werden Sohle und Ufer sehr stark beansprucht. Der *hydrodynamische* Wasserdruck (p) ist senkrecht zur Gerinnewand gerichtet und unterscheidet sich bei stationärer Parallelströmung nicht vom hydrostatischen Druck

Die *Schleppspannung* (Wandschubspannung) ist eine Maßzahl für das Arbeitsvermögen des fließenden Wassers, das sich in der Mitnahme von Geschiebe und der Beanspruchung der Flusssohle und Böschungen zeigt. Sie steigt mit dem Gefälle J und dem hydraulischen Radius r_{hy} :

$$p = \gamma \cdot h \left[\text{kN/m}^2 \right]$$

$$\tau = \gamma \cdot r_{hy} \cdot J_E \left[\text{kN/m}^2 \right]$$



Nachfolgend werden *in einem Überblick* Hauptaktivitäten aus den folgenden *Teilgebieten des Wasserbaues* angesprochen:

- Landwirtschaftlicher Wasserbau
- Gewässerausbau (Bach-, Flussregelung, Flussbau, Regulierung, Korrektion)
- Hochwasserschutz
- Küstenschutz
- Wildbachverbauung
- Wasserspeicher
- Wasserkraftanlagen
- Verkehrswasserbau
- Stahlwasserbau
- Wasser- und Umwelt



Landwirtschaftlicher Wasserbau

Sammelbegriff für alle Maßnahmen, die den Standortfaktor “Wasser” - bezogen auf die *landwirtschaftliche Nutzung* - umfassen:

- Entwässerung
- Bewässerung
- Anlage von Fischteichen

Von hervorragender Bedeutung ist der landwirtschaftliche Wasserbau heute in den *ariden* Entwicklungsländern.

Er gilt auch als Teilgebiet landwirtschaftlicher Meliorationsmaßnahmen.

Melioration

Hierunter werden alle Maßnahmen verstanden, mit denen der (Kultur-) Boden in einen Zustand versetzt wird, bei dem die Kulturpflanzen mindestens bis auf Wurzeltiefe optimale Wachstumsbedingungen vorfinden. Diese können je nach *Pflanzenart, Bodenart und Klima* unterschiedlich sein.



Als ungefährender Mittelwert für einen solchen *optimalen Fruchtbarkeitszustand* gilt eine Zusammensetzung des Bodens aus etwa:

- ein Drittel Bodensubstanz
- ein Drittel Hohlraum (Luft) und
- ein Drittel Wasser

Hierbei muss noch eine bestimmte Bodenstruktur (Krümelstruktur, Garezzustand) bestehen. Selbstverständlich müssen auch genügend (pflanzenverfügbare) *Nährstoffe* und *Spurenelemente* vorhanden sein.

Ausgangspunkt für jede Melioration ist eine umfassende Analyse der *Standortverhältnisse*. Zu den Meliorationen gehören:

Alle Maßnahmen zur Regelung des Bodenwasserhaushaltes (Be- und Entwässerung, Tiefpflügen bzw. Tieflockern des Bodens), Vorratsdüngung, Humusanreicherung, Kultivierung roher Mineralböden, maritimer Böden, Verhütung von Bodenerosionen und andere Maßnahmen zur Verbesserung der Nutzungsbedingungen.



Entwässerung

Ableiten von überschüssigem Wasser, *Absenken* von zu hohen Grundwasserständen. Für europäische Verhältnisse sind je nach Kultur- und Bodenart Grundwasserstände von *0,5m - 1,3m günstig*. Das Trockenlegen von sumpfigen Flächen ist vor allem in den warmen Ländern ein wirksames Mittel bei der Bekämpfung von Krankheiten, die von Insekten übertragen werden (z. B. Malaria). Zweck einer Entwässerung kann auch sein, den Einsatz von landwirtschaftlichen Maschinen auf Böden zu ermöglichen, die normalerweise zur Zeit der Feldbestellung für ein Befahren noch zu nass sind.

Technische Mittel der Entwässerung sind:
Gräben und Kanäle, Rohrleitungen, Dränung.

Vorfluter

Die wichtigste Voraussetzung für eine Entwässerung ist eine ausreichende Abflussmöglichkeit (*Vorflut*) für das überschüssige Wasser.

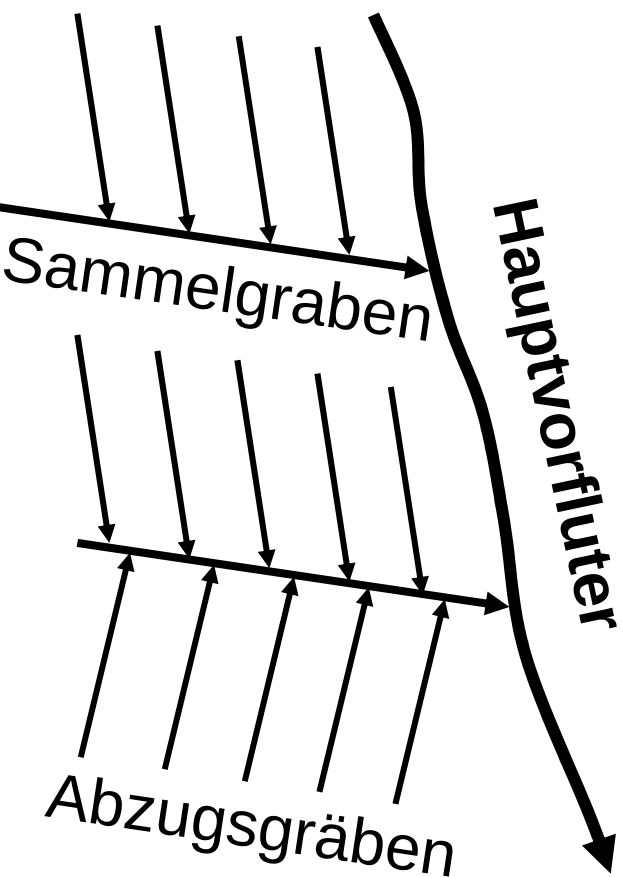


Die kleineren natürlichen Wasserläufe sind meist nicht so tief, dass die angestrebten Grundwasserstände erreicht werden können. Sie müssen dann *vertieft* werden. Vielfach muss das Netz der vorhandenen kleineren Wasserläufe durch zusätzliche *Vorfluter* verdichtet werden. Die Leistungsfähigkeit der etwas größeren natürlichen Wasserläufe reicht meist nicht aus, um die ankommenden Wassermengen schadlos abzuführen. Sie müssen dann leistungsfähiger gestaltet werden (siehe Gewässerausbau).

Ist nicht genügend natürliches Gefälle zum Abfließen vorhanden, muss das Wasser künstlich gehoben werden (künstliche Vorflut, siehe: Pumpwerk, Schöpfwerk).

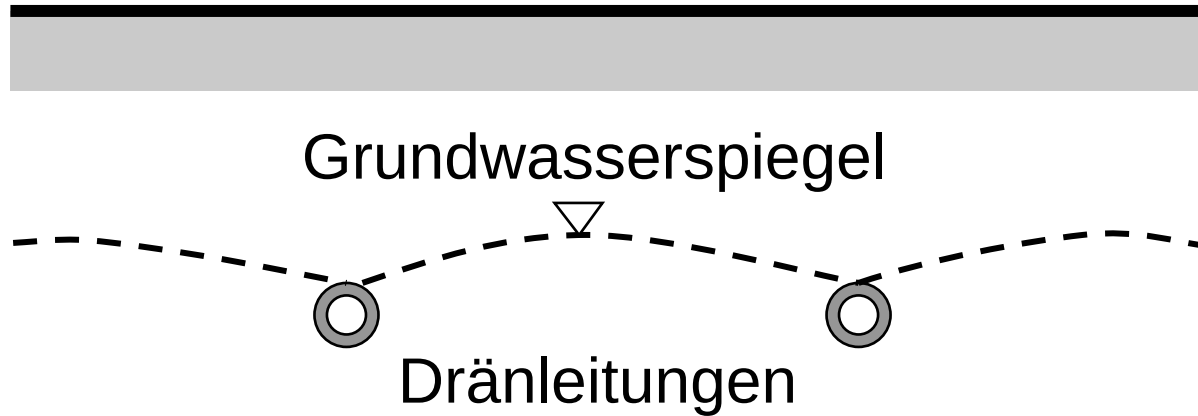
Grabenentwässerung

Die Entwässerung erfolgt dabei durch ein Netz von Gräben. Deren Tiefe richtet sich nach dem angestrebten Grundwasserstand und zwar *nach* einem eventuellen Sacken des Bodens bei der Entwässerung (z.B. bei Moorböden).



Der Abstand der Abzugsgräben (Beetgräben) liegt je nach Bodenart und Gefälle zwischen etwa 20m und 100m. Viele Gräben stören jedoch die mechanische Bewirtschaftung, für die große Feldeinheiten angestrebt werden. Wenn es die Gefälle- und Bodenverhältnisse zulassen, werden daher heute unterirdische Dränleitungen und Rohrleitungen anstatt der Gräben angelegt.

Meist bestimmt das vorhandene Gefälle die Entwässerungsart, da das Mindestgefälle für einen Dränsauger etwa 2 Promille, für einen Beetgraben dagegen etwa 0,3 Promille beträgt.



Dränung

Bei den Verfahren der Dränung werden künstliche Hohlräume im Boden angelegt, die ein Abfließen des Wassers ermöglichen.

Rohrdränung

Früher wurden *Tonrohre*, heute *geschlitzte Kunststoffrohre* mit Gefälle im Boden verlegt. Die Dräntiefe (= Mindesttiefe der Rohre) liegt je nach Boden- und Kulturart (kein Einwachsen von Wurzeln!) zwischen 0,8 und 1,5 m. Bei den noch vorhandenen 0,333m langen Tonrohren tritt das Wasser durch die Stoßfugen ein. Je nach Ursache der Venässung wird wie bei der Grabenentwässerung ein mehr oder weniger systematisches Netz von Leitungen angelegt:



Parallele, bis zu 200 m lange “*Sauger*”, die quer zu einer etwaigen Grundwasserströmung verlaufen und je nach Bodenart im Abstand von 6m bis über 30m liegen, nehmen das Wasser auf und geben es an die in etwa quer dazu verlaufenden, bis etwa 1000 m langen “*Sammler*” weiter.

Beim “*Schlitzdrän*” ist der gesamte Rohrgraben mit durchlässigem Material aufgefüllt. Er dient zur Ableitung von Quellen und seitlich zutretendem *Hangwasser*.

Bei der *Maulwurfsdränung* werden mit einem Spezialpflug rohrlose Hohlgänge in den Boden gezogen, die eine Lebensdauer bis zu etwa 10 Jahren haben.

Tiefpflügen und Tieflockern

wird von *Spezialgeräten* durchgeführt und ist unter manchen Bedingungen eine (weitere) geeignete Maßnahme zur Verbesserung der Wasserbeweglichkeit im Boden.



Bewässerung

In niederschlagsarmen Gebieten muss den Kulturpflanzen das notwendige Wasser künstlich zugeführt werden. Der Wasserbedarf je Flächeneinheit ist abhängig von *Klima, Pflanzenart, Wachstumsphase, Bodenverhältnissen und Bewässerungsverfahren*.

Dazu kommen noch die Verluste bei der Wasserzuführung.

In der alten Bundesrepublik Deutschland gab es 1980. - ohne die Obst und Gartenbaubetriebe - rd. 260 000 ha bewässerte Flächen, davon rd. 250 000 ha mit Beregnung. (z.B. Verregnung gereinigten Abwassers der Stadt Braunschweig).

Wasserbeschaffung

Salzhaltiges Wasser und Abwasser mit schädlichen Inhaltsstoffen sind z. B. nicht geeignet. Das Wasser wird von dort genommen, von wo es mit dem geringsten Aufwand in der erforderlichen Menge gewonnen werden kann: *Ausleitungen aus Bächen und Flüssen, aus Talsperren, Grund- und Quellwasser, gereinigtes Abwasser*.



Nicht selten muss es von weit her, sogar aus anderen Flussgebieten und mit Hilfe von Pumpwerken in künstlichen Gerinnen (*Stollen, Rohrleitungen, Kanälen*) *beigeleitet* werden.

Im Bewässerungsgebiet wird es in einem systematisch angelegten Netz von Gräben (Verteilungsgerinne) oder Rohrleitungen verteilt. Es ist meist ein strikt einzuhaltender Bewässerungsplan erforderlich, in dem das verfügbare Wasser mit dem Bedarf der Kulturen abgestimmt ist.

Man unterscheidet folgende *Bewässerungsarten*:

- Stau- und Rieselfverfahren
- Beregnung
- Tropfbewässerung



Stau- und Rieselverfahren

Die kurzfristige *Überstauung* von eventuell durch kleine Dämme begrenzten Flächen und der Einstau von Gräben zur Anfeuchtung des Bodens ist nur bei flachem oder sehr wenig geneigtem Gelände möglich. Man kann zusätzlich zu den Gräben ein System von Furchen ziehen und diese mit einstauen. Ist das Gelände geneigt, so lässt man das Wasser durch Überstauen von Gräben über die Fläche oder durch Furchen (bis zu etwa 100 m weit) *rieseln*.

Die *Rieselgräben* müssen auf eventuell künstlich angelegten Rücken oder in einem Hang geführt werden. Zur *Ab- und Weiterleitung des überschüssigen Wassers* ist noch ein System von Entwässerungsgräben *notwendig*; soweit möglich werden die Gräben für mehrere Zwecke angelegt.



Beregnung

Hierbei wird der natürliche Regen nachgeahmt und man ist weitgehend *unabhängig von der Geländegestalt*. Bestandteile einer Beregnungsanlage:

Vorratsbecken - Pumpenaggregat - Rohrnetz - Regnergeräte.

Kleine bewegliche Anlagen - ohne Vorratsbecken - nutzen oft Dieselantrieb (evtl. Schlepperpumpe). Das Rohrnetz kann völlig *ortsfest (unterirdisch)* sein, es kann völlig beweglich sein aus dauernd umzusetzenden *Rohren mit Schnellkupplungen* bzw. auch Schlauchleitungen, oder es sind nur die Hauptleitungen im Boden fest verlegt. Die üblichen Drehstrahlregner haben Wurfweiten bis 60 m und benötigen einen Druck von 20 bis 70m Wassersäule. Je nach Bedarf und entnehmbarer Wassermenge werden durch Umsetzen einer Anzahl von Regnern "*Regengaben*" auf die Fläche aufgebracht. Die Beregnung hat gegenüber dem Stau- und Rieselfverfahren einen weitaus *geringeren Wasserbedarf*, jedoch sehr *hohe Betriebskosten* bei ebenfalls sehr *hohen Investitionskosten*.



Tropfbewässerung

Diese Bewässerungsart hat in den letzten Jahren einen raschen Eingang in die Landwirtschaft arider Gebiete gefunden, da sie bei geringstem Wasserverbrauch sehr hohe Erträge ermöglicht. Zur Wassergewinnung und -zuleitung benötigt man für eine Tropfbewässerungsanlage dieselben Einrichtungen wie für eine Beregnungsanlage. Der benötigte Wasserdruck ist jedoch geringer. Über eine Kopfeinheit, bestehend aus Filter, Zugabevorrichtung für Düngemittel, Schalt- und Steuereinrichtungen für den Betrieb und evtl. Druckreduzierer gelangt das Wasser von der Hauptzuleitung in Kunststoffschläuche mit 12 bis 20mm Durchmesser. Diese Schläuche sind etwa 60m bis 300m lang, liegen in Abständen von 2m bis 5m voneinander und haben alle 30cm bis 2,0m einen *eingebauten oder eingesteckten Tropfer*. Der Abstand der Schläuche und der Tropfer richtet sich nach der Kulturart.



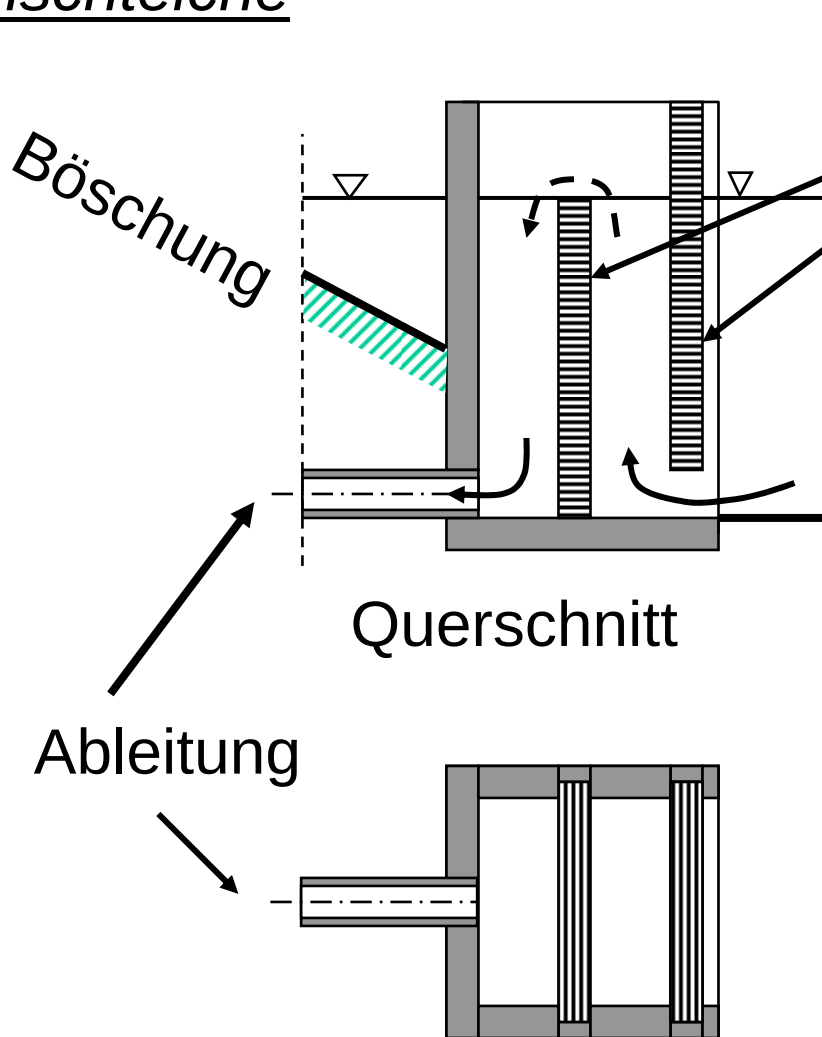
Die Tropfer können unterschiedliche Bauarten haben. Sie geben bei einem Druck von 1 bis 2,5 atü 1 bis 8 Liter je Stunde Tropfwasser ab. Bei der Tropfbewässerung wird nur ein Teil der Bodenfläche befeuchtet, wobei nur eine oder wenige Pflanzen an einer Feuchtstelle stehen. Bei häufigem, meist eintägigem Wasserintervall wird die Pflanze optimal mit Wasser versorgt. Der *Gesamtwirkungsgrad der Tropfbewässerung kann bis 90 %* reichen, so dass kaum Wasser verloren geht. Zu den großen Vorteilen der Methode gehört auch, dass dem Wasser die *erforderlichen Pflanzennährstoffe beigemischt* werden können. Weiter scheint es nach den bisherigen Erfahrungen möglich zu sein, das Problem der Bodenversalzung weitgehend zu lösen. Es gibt sogar Versuche mit leicht salzhaltigem Wasser.

Eine breite Anwendung des schon vor mehreren Jahrzehnten entwickelten Prinzips der Tropfbewässerung wurde erst möglich mit der Entwicklung von preiswerten und dauerhaften Kunststoffen.



Trotzdem können die Investitionskosten einer Tropfbewässerung noch bis zum 3-fachen einer Beregnungsanlage reichen.

Fischteiche



Bretterwände

Für die Zucht und das Halten von Fischen - meist Karpfen - werden *ablassbare Teiche* gebaut. Kernstück ist die Ablassvorrichtung - der "*Mönch*" - in dem im Normalzustand das kalte Wasser vom Boden des Teiches in den Ablauf geführt wird. Je nach Fischart ist eine bestimmte Mindestqualität des Wassers notwendig.

Horizontalschnitt



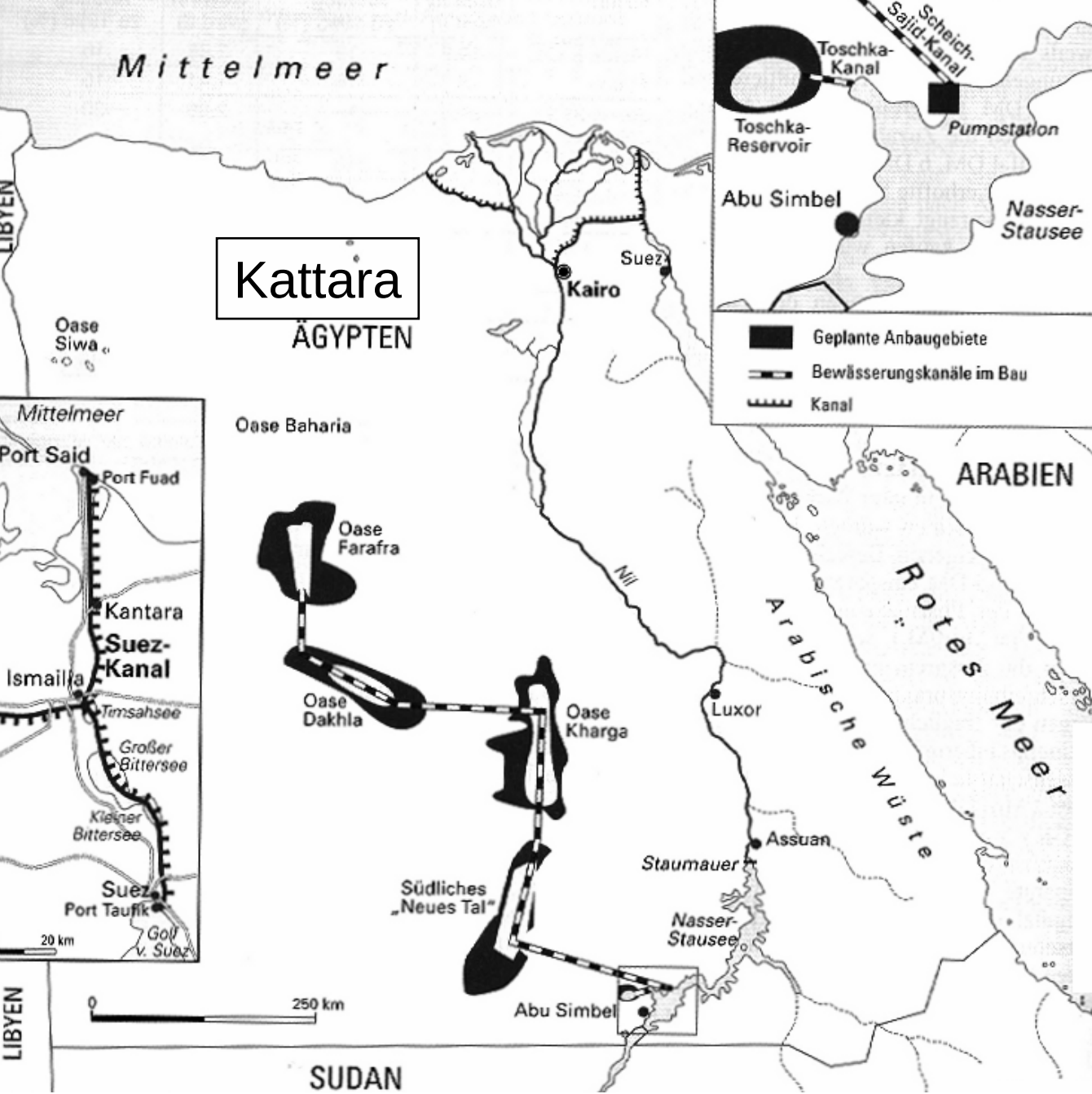
Anmerkungen zur Bodennutzung

Ob und wie eine Landfläche für das Leben von Mensch, Tier und Pflanze genutzt werden kann, hängt von den Standortbedingungen ab. Die Standortfaktoren können *nicht* so geändert werden, dass jede beliebige Nutzung ohne nachteilige Folgen möglich wäre. Die Nutzung muss sich daher auch dem Standort anpassen, z. B. durch entsprechende Auswahl der Kulturen, Pflanzenzüchtung, schonende Bewirtschaftung. *Raubbau* und falsche bzw. einseitige Nutzung führen immer zu einer meist nachteiligen Veränderung des Standortes und seiner Umwelt. Von den vielen Beispielen für solche Vorgänge sei hier nur die großräumige Abholzung der Wälder im Mittelmeerraum während der Antike und die heutige *Rodung des Regenwaldes* genannt, die zum Abtrag des Mutterbodens und zu Veränderungen von Wasserhaushalt und Klima führt. Leider wird auch in der nahen Zukunft nicht überall von einer schonenden und maßvollen Bodennutzung (und anderer Naturgüter) auszugehen sein.



Beispiel Bewässerung: Assuan-Kanäle

Seit 1997 baut Ägypten zwei Kanäle, den *Toschka*- und den *Scheich-Sajid-Kanal*, die Nilwasser aus dem Nasser-Stausee weiterleiten und für die Bewässerung und Urbarmachung der Wüste nutzbar machen sollen. Der Toschka-Kanal soll Wasser in die südlich des Assuan -Staudamms gelegene Toschka-Senke (Fassungsvermögen bis zu 230 Mrd. m³) leiten. Es soll das um die Senke gelegene 50.000 ha große Wüstengebiet fruchtbar machen. Der Scheich-Sajid-Kanal wird Wasser in die westliche Wüste leiten, das ein Areal von 10.000 km² in landwirtschaftliche Nutzflächen verwandeln wird. Der Bau war notwendig geworden, um die Ernährung der ägyptischen Bevölkerung (Zunahme: 2% jährlich) sicher zu stellen. Überdies wurde eine Überflutung des Assuan-Dammes wegen der regenreichen Vorjahre befürchtet. Der 1960/70 erbaute Hochdamm bei Assuan staut den Nil zum Nasser-See, der den Wasserbedarf Ägyptens zu 90% deckt.



Assuan-Kanäle
zu Bewässerung
von Wüsten-
gebieten.