



Gewässerausbau

(Bach-, Flussregelung, Flussbau, Regulierung, Korrektion)

Querschnitt und Linienführung der natürlichen Wasserläufe bilden sich in einem fortwährenden Ausgleich zwischen den *mechanischen Kräften* des fließenden Wassers, der Menge des *mitgeführten Materials*, den Eigenschaften des anstehenden *Bodens*, von *Uferbewuchs*, *Verkrautung* u. a.

Der Lauf ändert sich daher fortwährend je nach Gegebenheiten mehr oder weniger rasch. Geschiebeführende Flüsse sind oft in mehrere Rinnen aufgespalten, die sich auf einem breiten Schotterfeld ständig verlagern. Der Querschnitt fasst normalerweise nur die 2 bis 3-fache, selten mehr als die 5-fache Mittelwasserführung.

Hochwässer erreichen dagegen bis zu einer zig-fachen Mittelwasserführung, wobei der gesamte Talboden überflutet wird.



Marsyangdi Nepal 1996/97: Unterhalb einer Staustelle



Marsyangdi Nepal 1996/97: Ca. 4 km unterhalb der Staustelle



Marsyangdi Nepal 1996/97: Ca. 4 km unterhalb der Staustelle



Marsyangdi Nepal 1996/97:
Unterhalb des Kraftwerkes
Wasserrückgabe ca. $100\text{m}^3/\text{s}$.





Die Hauptgründe für den Wunsch nach Veränderung von Linienführung und Querschnitt sind:

- Schutz der immer weiter zunehmenden Nutzung der *Talböden* (Kulturland, Siedlungen, Industrie, Verkehrswege) vor mechanischer Zerstörung und Überschwemmung.
- Die Nutzung des Wassers und der Wasserläufe (Floß- und Schifffahrt, Wasserkraft, Wasserentnahme und Vorflut für Wassereinleitung)
- Anpassung an Verkehrsanlagen, Industrie- und Bauvorhaben.

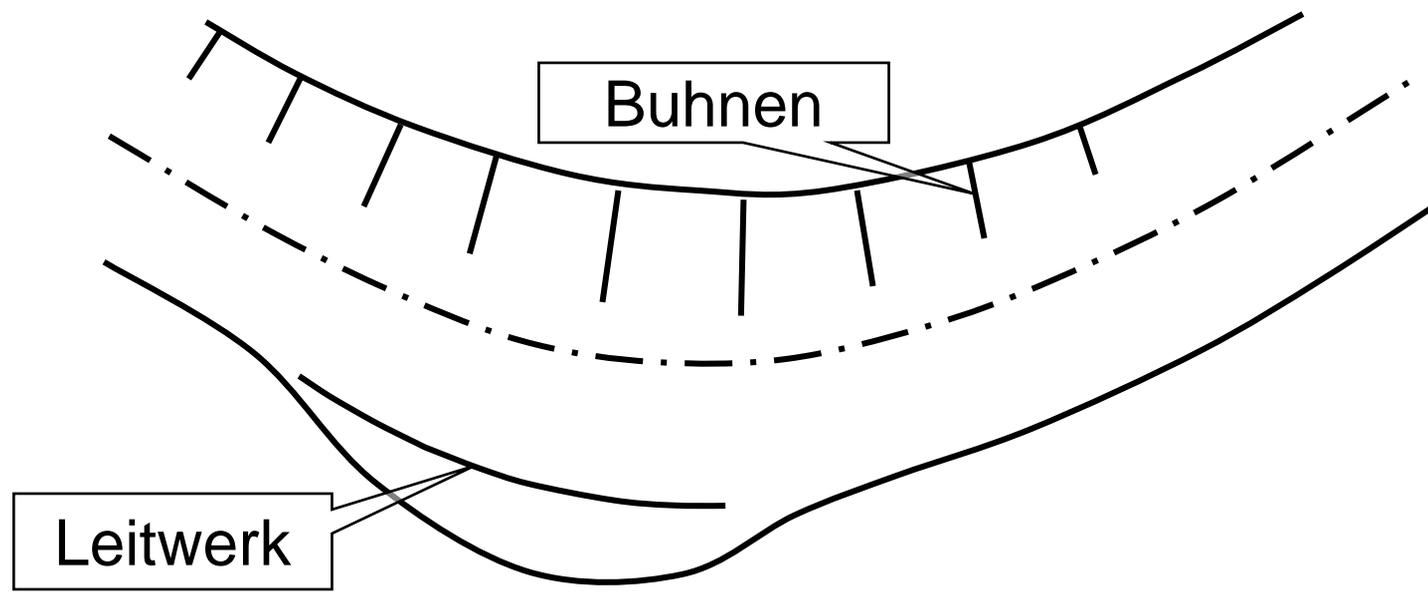
Beim Ausbau natürlicher Wasserläufe wird zunächst die *Linienführung* dauerhaft festgelegt und dabei je nach den Wünschen, Bedürfnissen und Möglichkeiten abgeändert. Je kleiner der Wasserlauf, desto leichter sind solche Änderungen möglich. Zugleich wird das Abflussvermögen je nach dem Schutzbedürfnis vor Überschwemmung erhöht. Soweit möglich mit einer *Erhöhung des Gefälles* durch *Verkürzung des Laufes* und durch *Vergrößern des Querschnittes* (Verbreitern, Vertiefen, Anlage von Deichen).



Die seitlichen Grenzen der Querschnitte werden festgelegt mit:

- Uferbefestigung (= Deckwerk)

Sie wird je nach Beanspruchung als *Deckwerk* aus Stein (Schotter, Steinwurf, Pflasterung u. a.) aus Holz (z.B. Flechtzaun) und Pflanzen (Rasen, Sumpfrasen, Schilf, Büsche und Bäume) angelegt. Es gibt eine Vielzahl von Bauweisen. Vor allem an Flüssen mit Eintiefungstendenz muss der Fuß der Uferböschung als Fundament der Ufersicherung besonders gut gesichert werden.





- Leitwerk

ist ein stark befestigter Längsdamm im Wasser, dessen Krone oft nur bis zur Mittelwasserhöhe reicht, und der zum Führen der Strömung - vor allem an *Außenufern* - angeordnet wird.

- Buhne

ist ein stark befestigter Damm, der vom Ufer *quer* in den Fluss vorgebaut wird und dessen Krone höchstens in Höhe des Mittelwasserstandes liegt. Buhnen werden in kurzen Abständen hintereinander angeordnet und dienen vor allem zur Einengung und Führung der Niedrigwasserabflüsse (z.B. Fahrrinne und größere Wassertiefe für die Schifffahrt).

Ausgebaute Wasserläufe mit schwachem Gefälle neigen vielfach zu Auflandung (auch durch Verkrautung), d. h. sie haben die Tendenz, sich in den ursprünglichen Zustand zurückzuentwickeln. Sie müssen von Zeit zu Zeit freigebaggert werden.

Bei fast allen ausgebauten Wasserläufen mit etwas besserem Gefälle ist eine starke Tendenz zur Eintiefung der Sohle gegeben.



Oft erreicht die Eintiefung bei korrigierten, d. h. im Grundriss festgelegten Flüssen, erst nach vielen Jahren, Jahrzehnten oder sogar 1-2 Jahrhunderten einen nicht mehr tragbaren Zustand. Es muss dann eine zweite Phase des Ausbaues, die Festlegung der Höhenlage (Festlegung im Längsschnitt), folgen.

Wenn es bei einem Ausbau sicher ist, dass die Sohle verhältnismäßig rasch erodieren würde, wird sie von vornherein gesichert: Bei Gräben und sehr kleinen Wasserläufen z. B. mit Schotter oder Betonsohlschalen, bei Bächen (z.B. Unterlauf von Wildbächen) mit Schotter, Steinen, Pflaster oder Beton - oder grundsätzlich immer mit Querbauwerken:

- Sohlschwelle

ist ein Querbauwerk, das kaum über die Sohle hinausragt und an dem die Sohle kaum einen Höhenunterschied aufweist. Sohlschwellen werden in kurzen Abständen eingebaut und sind nur begrenzt wirksam.



- Absturz und Sohlrampe

sind Querbauwerke, an denen die Sohle einen Höhenunterschied hat. Eine Absturztreppe (Kaskade) entsteht, wenn Abstürze verhältnismäßig nahe aufeinander folgen. Derartige Bauwerke beeinträchtigen die Durchgängigkeit von Fließgewässern und werden heute vielfach entfernt.

Heimbach: Bohrlöcher an einem Querbauwerk



Nach der Sprengung →

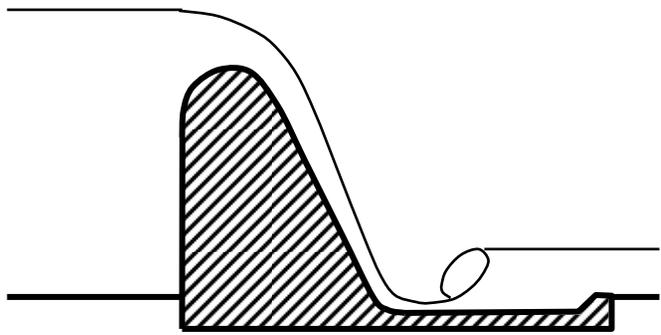


• Wehr

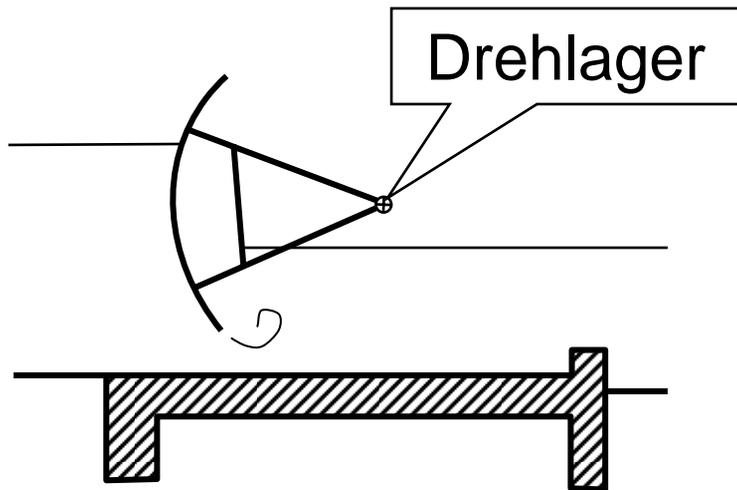
Ein Wehr ist ein *festes* oder mit *beweglichen* Verschlüssen ausgestattetes *Querbauwerk* zum Aufstau von Gewässern, das im allgemeinen - zusammen mit Nebenanlagen - nur den *Flussbereich* abschließt. Zweck eines Aufstaues kann außer einer *Verhinderung von Eintiefung* noch sein: *Ausleiten von Wasser, Energieerzeugung, Schifffahrt, Bewirtschaftung von Seen*. Stauanlagen an größeren Flüssen dienen oft mehreren Zwecken.

Größe und Bauart von Wehren sind sehr vielfältig: vom etwa 1m hohen Steinkastenwehr einer Mühle in einem Bach bis zur Großwehranlage in einem Strom, die normalerweise bis zu 20m, in Einzelfällen bis über 30m hoch staut.

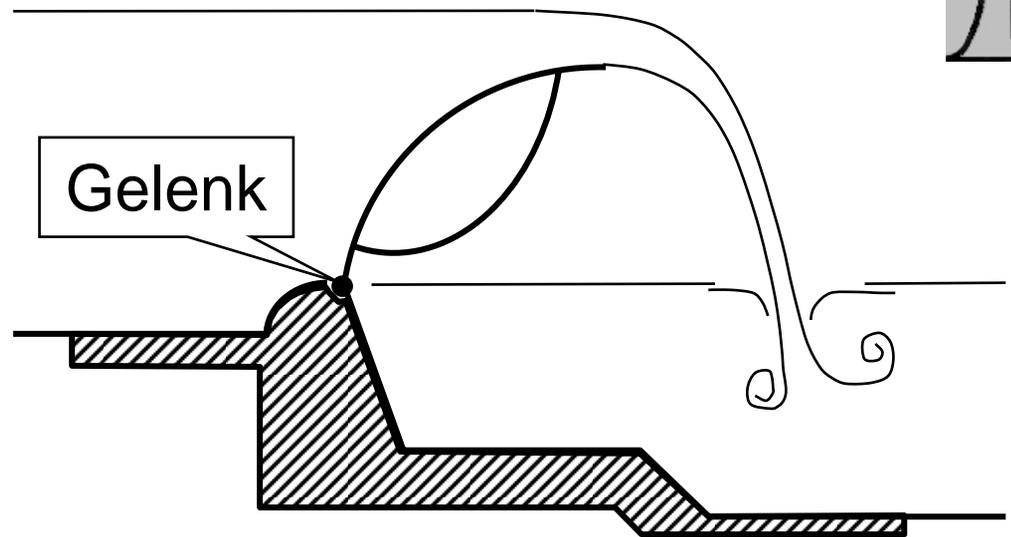
Es kann als *festes Wehr, Heberwehr* und *bewegliches Wehr* mit vielerlei Arten von Wehrverschlüssen (Schütze, Segment, Klappe, Sektor, Walze, Dachwehr, Segment mit aufgesetzter Klappe u. a.) und in kombinierten Bauarten ausgeführt werden.



Festes Überfallwehr



Bewegliches unterströmtes Wehr (Segmentschütz)



Bewegliches Überfallwehr (Fischbauchklappe)

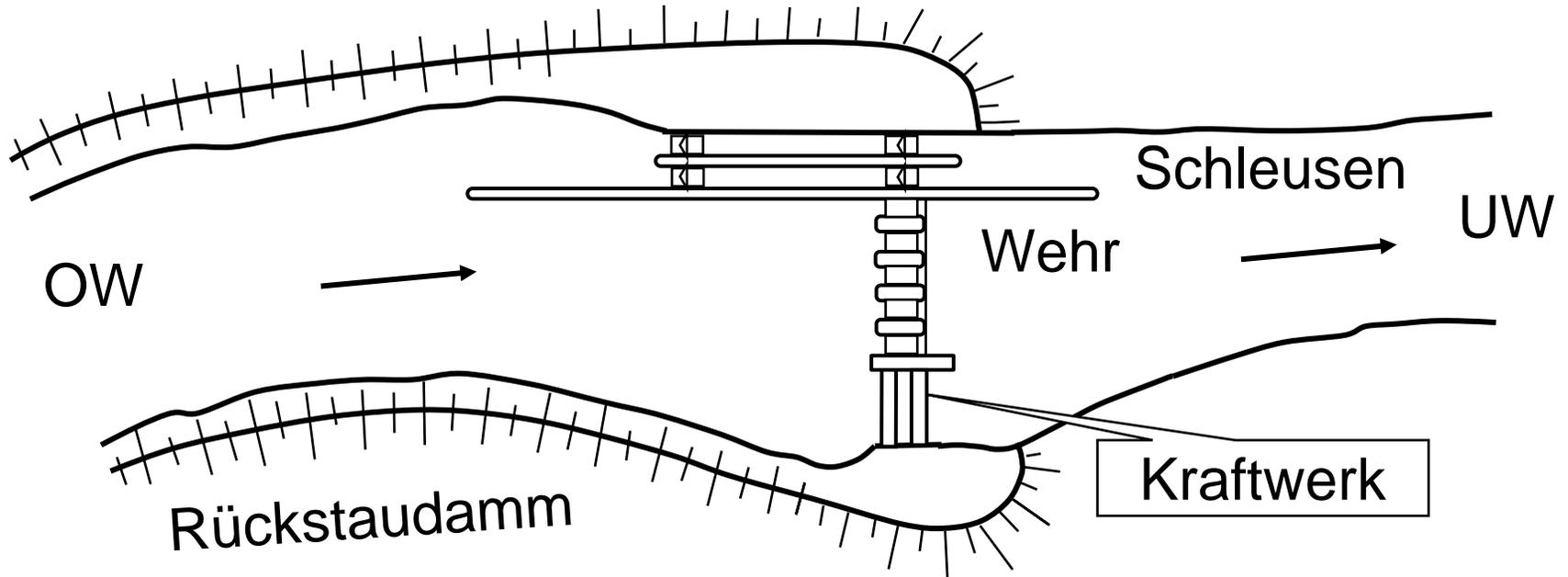
Bewegliche Wehre erstrecken sich häufig über mehrere Wehröffnungen bzw. Wehrfelder, deren Größen von den konstruktiven Möglichkeiten der einzelnen Verschlussstrukturen abhängen.



Abstürze, Sohlrampen und Wehre sind *Querbauten*, mit denen das Gefälle im Gewässer verringert und der dadurch gewonnene Höhenunterschied am Bauwerk zusammengefasst wird. Soweit die dort freiwerdende Energie des Wassers nicht in Wasserkraftmaschinen genutzt wird, muss sie so umgewandelt werden, dass möglichst keine Schäden entstehen. Dafür sind besondere Vorkehrungen (Sturzboden, *Tosbecken*, anschließende schwere Befestigung von Sohle und Ufern) notwendig.

- *Staustufe*

nennt man die Gesamtheit aller Anlagen, die für das Aufstauen eines Flusses errichtet werden: Wehranlage, Staubeich mit Rücklaufdämmen und dazu je nach Zweckbestimmung und Ausstattung ein Kraftwerk, Schiffsschleuse mit Vorhäfen, Bootsschleuse und/oder -gasse, Floßgasse, Fischpass, Bauwerke für Wasserentnahme und Reinigung des entnommenen Wassers (z.B. Entsandern), Gebäude für Bedienungspersonal u.a.



Meist werden in einem Fluss mehrere Staustufen gebaut, die eine geschlossene Treppe von Stauhaltungen bilden (Stauregelung).

(vergleiche wbau01 und wbau03, Donau, Weser)



- Kanal (oberirdisch)

ist ein künstlicher, meist etwas größerer Wasserlauf, der für einen besonderen Zweck angelegt wurde: Schifffahrtskanal, Bewässerungskanal, Entwässerungskanal, Oberwasser- und Unterwasserkanal an einem Wasserkraftwerk u. a.

Querschnitt und Uferbefestigung sind sehr von der Zweckbestimmung und den örtlichen Gegebenheiten abhängig.



Hochwasserschutz

Ein Schutz der Talböden vor Überflutung durch Hochwasser ist möglich durch:

- Ausbau der Wasserläufe
- Flutkanäle (Flutmulden)
- Speicherung
- Deiche
- Polder
- Pumpwerk, Schöpfwerk

- Ausbau der Wasserläufe (siehe Gewässerausbau)

Eine Vergrößerung der Bach- und Flussbetten für seltene, große Hochwässer wird jedoch nur gelegentlich in Stadtgebieten durchgeführt. Im allgemeinen wird damit nur eine Sicherheit gegen kleine bis mittlere Hochwässer erreicht.



- Flutkanäle (Flutmulden)

Lässt sich ein Flussquerschnitt in dicht bebautem Gebiet nicht vergrößern, oder kann man Hochwasser in ein nahegelegenes wesentliches größeres Flusstal ableiten, werden künstliche Gerinne zur Um- und Ableitung des Hochwassers angelegt, die im Normalzustand meist trocken sind (z.B. Weser Nähe Wehr Hemelingen, Bremen). Mit geeigneten Einrichtungen, z. B. einem als *Hochwassersperrtor* bezeichneten Wehr, wird das Hochwasser vom ursprünglichen Flusslauf ferngehalten.

- Speicherung

Das Zurückhalten von Hochwasser in Wasserspeichern ist vor allem dann erfolgreich, wenn die Speicher Einzugsgebiete erfassen, die erfahrungsgemäß viele und große Hochwässer hervorbringen (z.B. Gebirge). Je weiter ein zu schützendes Gebiet flussabwärts von einem Speicher liegt, desto geringer wird der Einfluss der Hochwasserrückhaltung.



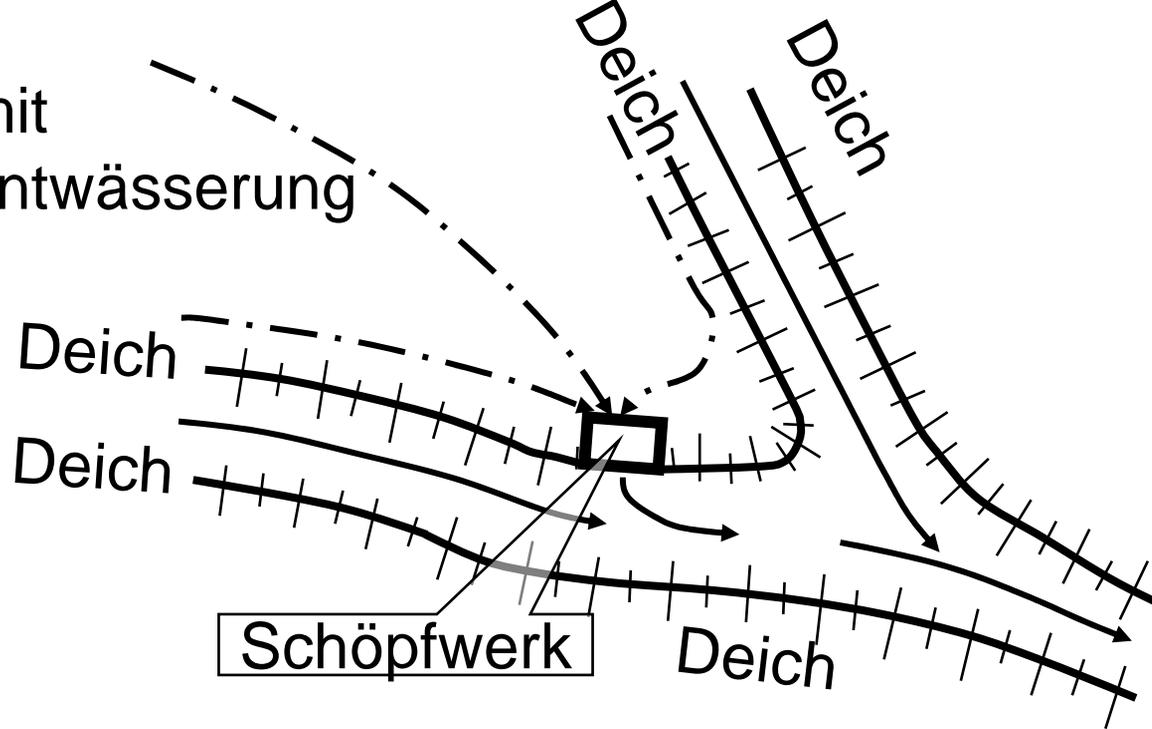
In der Praxis ist es meist notwendig, eine Hochwasserrückhaltung mit einem begrenzten Gewässerausbau zu verbinden.

- Deiche (Hochwasserdämme)

sind Dämme aus Erdbaustoffen zum Schutz gegen Hochwasser. Meist wird *mit Deichen entlang eines Wasserlaufes ein Hochwasserbett* geschaffen. Bei Überlaufen oder Bruch eines Deiches würde das geschützte Gebiet sehr rasch unter Wasser gesetzt, wobei je nach den Gegebenheiten rasch große Wassertiefen erreicht werden können. Da für die Bewohner eingedeichter Siedlungsgebiete in solchen Fällen akute Lebensgefahr besteht, ist beim Hochwasserschutz von Siedlungen ein besonders hoher Sicherheitsstandard notwendig und es werden gegebenenfalls darüber hinaus Fluchtmöglichkeiten offengehalten. Bei Hochwasser kann das im geschützten Gebiet anfallende Wasser nicht mehr in freiem Gefälle abfließen. Es muß dann abgepumpt werden.



Polder mit
Binnenentwässerung



- Polder sind Gebiete, aus denen das Wasser dauernd oder zeitweise nicht in freiem Gefälle abfließen kann:
- Gegen Hochwasser eingedeichtes Gelände in einem Flusstal und am Meer (Sturmflut),
- gegen dauernde Überflutung geschützte Gebiete (z. B. am Meer)
- Geländesenken (z. B. Bergsenkungen durch den Bergbau im Emscher-Einzugsgebiet),
- Gebiete hinter den Rücklaufdämmen von Staustufen.



Das überschüssige Wasser wird mit Binnentwässerungsanlagen zu einem Tiefpunkt geführt und von dort hinausgepumpt.

- Pumpwerk, Schöpfwerk

Ein Pumpwerk ist allgemein eine Station, in der Wasser für die verschiedensten Zwecke mit Hilfe von Pumpen gehoben bzw. bewegt wird. Zahl und Bauart der Pumpen hängen von der Fördermenge, der Hubhöhe (Druckhöhe), den Betriebsbedingungen und der Wasserqualität ab. (Kreiselpumpen verschiedenster Bauart, Schneckenpumpen u. a.). Das Bauwerk selbst wird wiederum wesentlich von der maschinellen Ausstattung geprägt.

Das Pumpwerk zur Entwässerung eines Polders wird auch Schöpfwerk genannt. Seine wesentlichen Bestandteile sind: Schöpfwerksgebäude mit Pumpen und Antrieb, verschließbarer Auslass für die Zeiten mit freier Vorflut, ein kleines Speicherbecken (*Mahlbusen*) beim Schöpfwerk zur Pufferung von Zuflussspitzen und zur Minderung der Schalthäufigkeit bei geringen Abflüssen.



Küstenschutzbaumaßnahmen werden hauptsächlich zur Vermeidung von Landverlusten und Überschwemmungen (durch das Meer) unternommen. Derartige Maßnahmen sind möglichst gut auf die Gestaltungsvorgänge an den Küsten abzustimmen, z. B.

Lage im Küstenverlauf,

- Hauptwindrichtung,
- Tidewasserstände,
- Strömungen,
- Feststofftransport im Wasser,
- Art und Beschaffenheit von Strand, Vorstrand u. a.,

da sich sonst sehr leicht *unerwünschte Folgewirkungen* ergeben.

Die an Küsten noch vielfach vorhandenen Bühnen stammen aus dem *Flussbau*. Sie haben sich - wegen der mit ihrer Anordnung verbundenen *Leeerosion* - im Küstenschutz nur selten bewährt.

Die wichtigsten Bauwerke sind heute:



- Wellenbrecher,
- Uferdeckwerke,
- Förderung der Dünenbildung hinter dem Strand und deren Festlegung durch Bepflanzung,
- Dämme, z. B. zur Verbindung vorgelagerter Inseln,
- Deiche mit entsprechenden Binnenentwässerungsanlagen zum
- Schutz gegen Überschwemmung,
- Sturmflutsperrwerke an Flussmündungen
(Wehranlagen, die an Flüssen mit Trichtermündungen bis 2000m und mehr breit sein können).
- *Landgewinnung* kann durch Strandaufspülungen, Abdämmung von Buchten mit künstlicher Entwässerung und durch Förderung der natürlichen Verlandung z. B. bei vorgelagertem Watt erfolgen. Bei letzterem werden z. B. mit einem schachbrettartigen System von niedrigen Dämmen (*Lahnungen*) beruhigte Felder geschaffen, in denen sich die mit der Flut herangeführten Sinkstoffe absetzen können.



Wildbachverbauung

Als Wildbäche bezeichnet man *steile und geschiebeführende* Bäche mit stark wechselnder Wasserführung. Bei Starkregen (Gewitter) führen sie große Mengen von Geschiebe. Es stammt aus dem Verwitterungsschutt des Berggesteins, der in Form von Halden und Talfüllungen überwiegend im oberen Einzugsgebiet der Wildbäche lagert. Die Erosion durch das Wasser geschieht flächenhaft (meist nach *Verletzungen der Pflanzendecke*), durch Eintiefung von Rinnen und das Abrutschen durchnässter Hänge. Im Extremfall bildet sich eine *Mure*, d. h. ein Gemisch von Bodenmaterial und Wasser. Im Unterlauf eines Wildbaches lagert sich mit der Zeit das Geschiebe wegen des abnehmenden Gefälles in Form eines *Schwemmkegels* ab, auf dem sich der Bachlauf immer wieder verlagert.



Ziel der Wildbachverbauung ist es, die Erosion im Oberlauf möglichst zu verhindern bzw. zu vermindern, ein Übermaß von Geschiebe zurückzuhalten und das Bett des Wildbaches zu fixieren. Die flächenhafte Erosion lässt sich vermindern mit einer entsprechenden Bewirtschaftung des Bodens (z. B. standortgerechter Bewuchs, keine Kahlschläge), der Sicherung und Begrünung von Wundhängen und der Entwässerung von rutschgefährdeten Hängen. Steile Abschnitte von Wildbächen und ihrer Nebenrinnen sichert man durch Einbau von Sperren. Das sind bis mehrere Meter über die Sohle hinausragende feste Wehre (siehe dort). Meist wird eine ganze Reihe von Sperren errichtet (Sperrentreppe), womit sich das Gefälle mindert. Das sich hinter den Sperren ablagernde Geschiebe stützt außerdem den Fuß der angrenzenden Hänge.



Sind Sperren mit größerem Stauraum möglich, können sie für die Zurückhaltung von Geschiebe und Hochwasser eingesetzt werden. Der Unterlauf am Schwemmkegel wird zum Schutz des Talbodens für die Ableitung von Hochwasser und Geschiebe gestaltet. Die dafür notwendigen leistungsfähigen engen und tiefen Gerinne müssen wegen des verhältnismäßig immer noch hohen Gefälles stark befestigt werden. Vielfach ist eine durchgehende schwere Pflasterung oder Versteinung von Sohle und Böschungen notwendig.



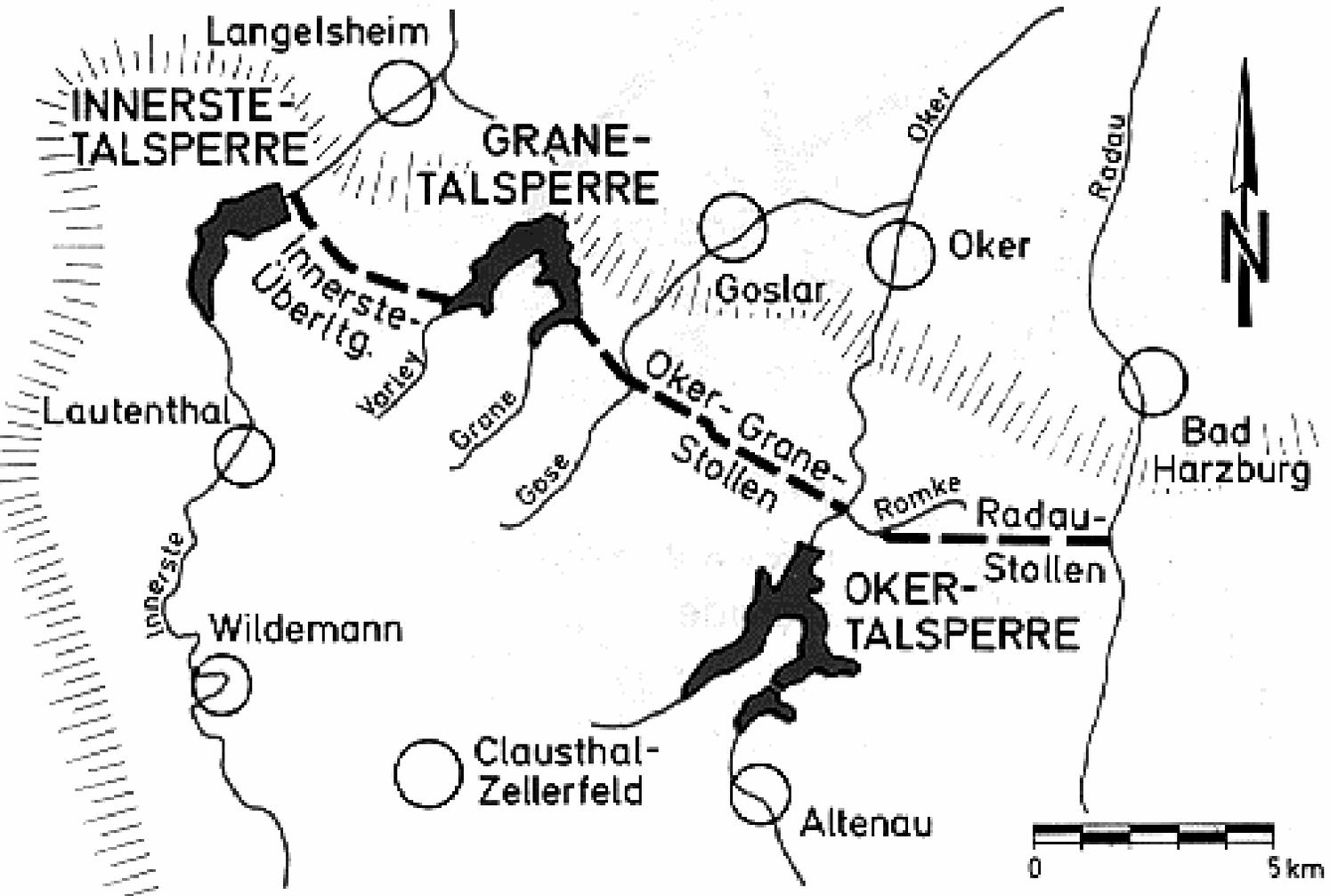
Wasserspeicher

Zweckbestimmungen für Speicher können sein:

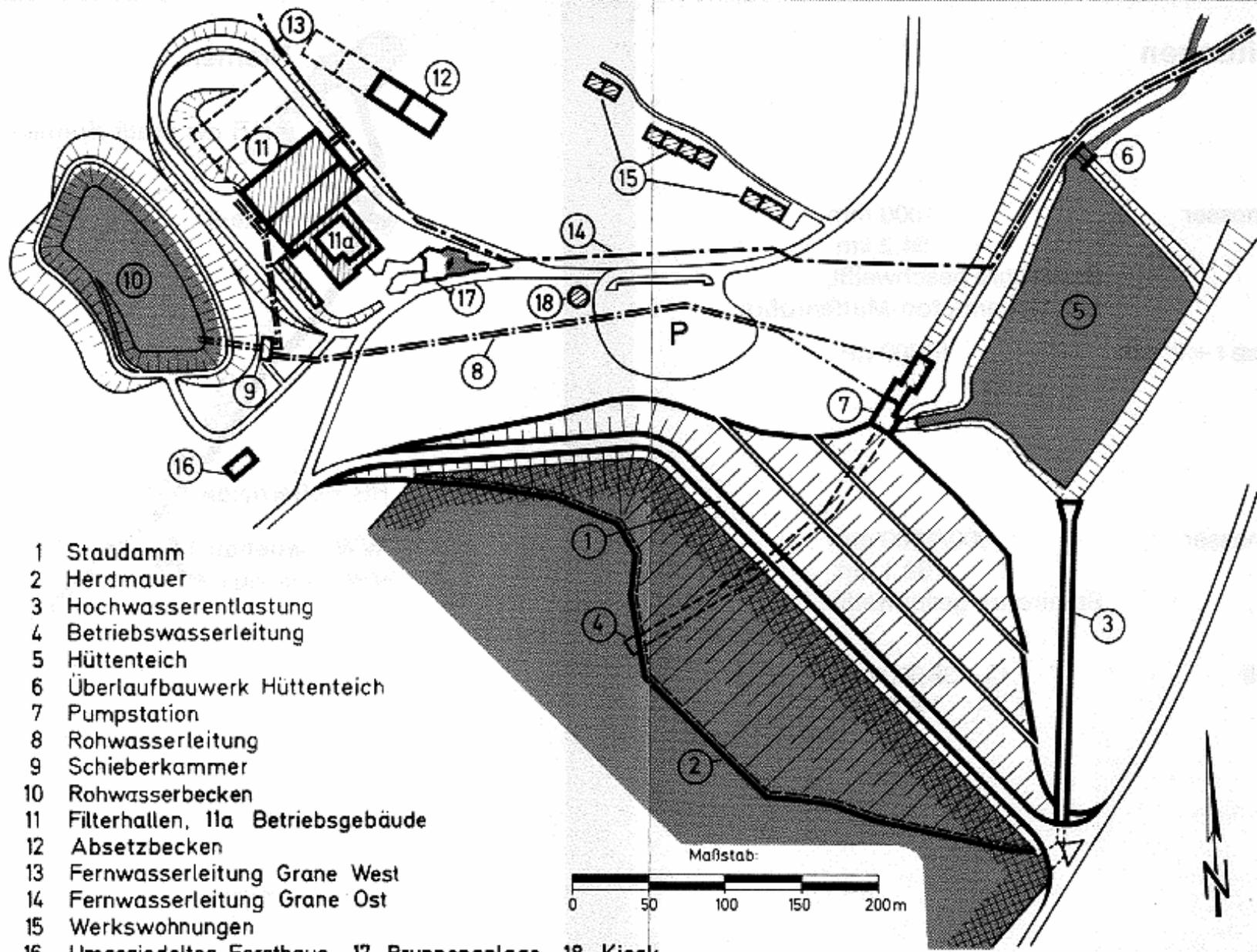
- Energiegewinnung,
- Hochwasserrückhaltung,
- Niedrigwasseraufhöhung (z.B. für die Schifffahrt, z.B. Weser),
- Bereitstellung von Wasser für Wasserversorgung und Bewässerung,
- Freizeit und Erholung,
- Ausgleich des oft sehr stark wechselnden natürlichen Abflusses aus noch weiteren Gründen

Meist handelt es sich um *Mehrzweckanlagen* mit mehr oder weniger stark ausgeprägten Hauptaufgaben.

Wasserspeicher werden im allgemeinen als Stauseen errichtet, wobei man Talbecken abdämmt und einstaut.

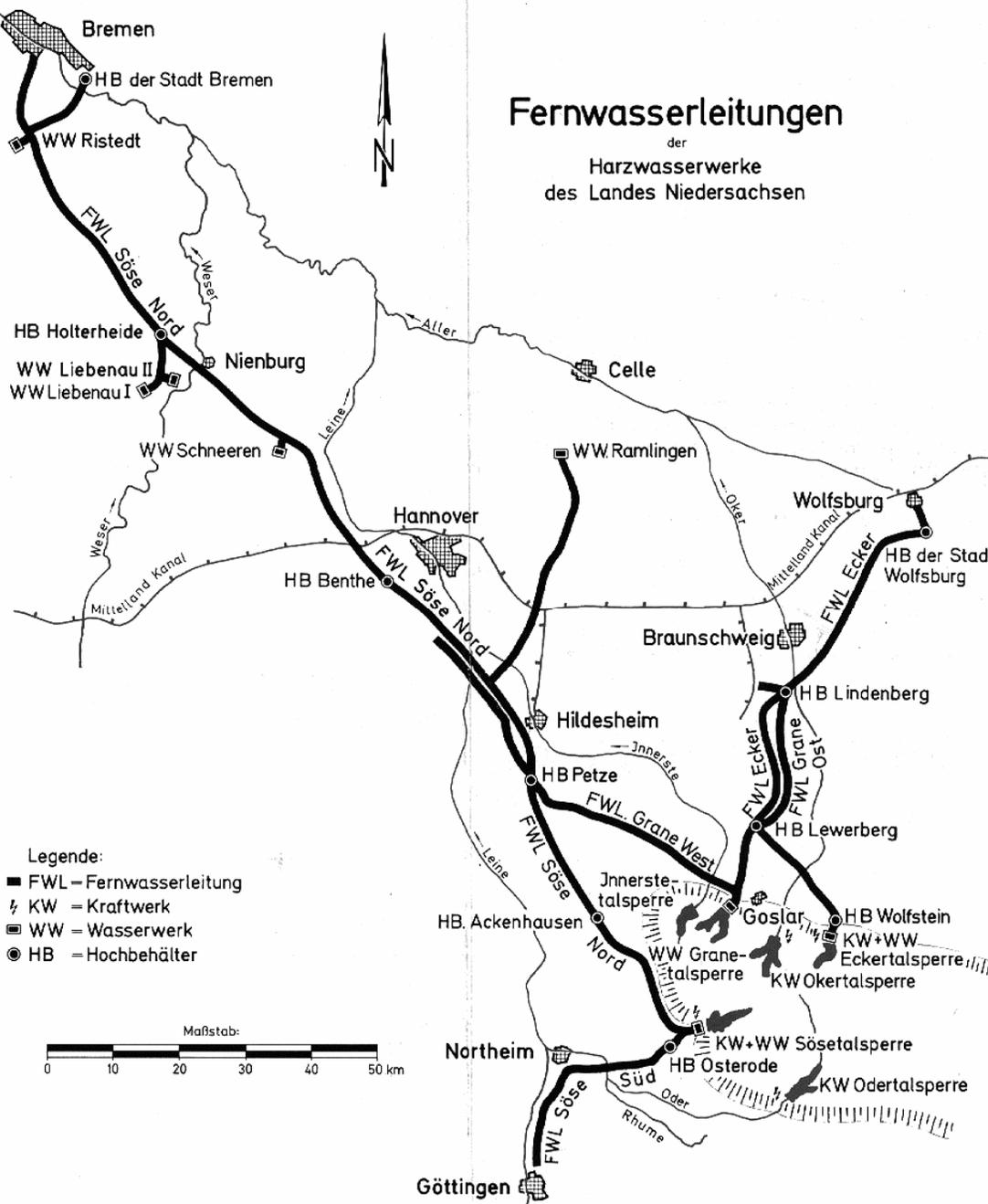


Talsperren im Harz
Zweck: HW-Schutz, Trinkwasserversorgung





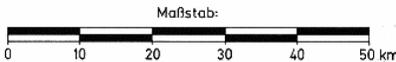
Fernwasserleitungen der Harzwasserwerke des Landes Niedersachsen



Speicher für die Trinkwasserversorgung von Braunschweig, Wolfsburg (VW), Hildesheim, Hannover, Bremen, Göttingen u.a.

HW-Schutz für das Allier-Leine-Oker-Gebiet

- Legende:
- FWL = Fernwasserleitung
 - ⚡ KW = Kraftwerk
 - ▣ WW = Wasserwerk
 - HB = Hochbehälter





Speicherraum kann aber auch durch *künstliche Absenkmöglichkeiten* bzw. *weiteren Aufstau* von natürlichen Seen, Ringdämme, Bodenaushub (z. B. Braunkohlentagebau) und durch *Einstau von Grundwasserkörpern* gewonnen werden.

Je nach Größe des Stauraums unterscheidet man Tages-, Monats-, Jahres- oder Mehrjahresspeicher.

- Talsperren

Eine Talsperre ist ein Absperrbauwerk mit Staubecken, wobei nicht nur der Flussbereich, sondern der *ganze Talquerschnitt abgedämmt* wird. Außer dem Abschlussbauwerk und dem Stauraum gehören zu einer Talsperre noch die Betriebseinrichtungen und Nebenanlagen zum *Zuleiten* (z.B. aus anderen Einzugsgebieten) und *Ableiten* des Wassers.

Als Absperrbauwerke dienen Staumauern, Staudämme und bei niedrigeren Stauhöhen auch große Wehranlagen (siehe Wehre).



Die höchsten bisher gebauten Absperrbauwerke haben Höhen von 285m (Mauer) bzw. 317m (Damm), die längsten Bauwerke erreichen bis zu rd. 40 km (Damm) und die Stauinhalte erreichen bis zu rd. 200 Mrd. m³. Bisher größte Dammschüttmasse: 142 Mio m³. In den Alpen gibt es über 300 Stauseen mit einem Gesamtstauraum von rd. 11 Mrd. m³.

• Staumauern

Höchstes Stauziel z_H

Stauziel z_S
veränderlich

Absenkziel z_A

Tiefstes

Absenkziel z_T

Totraum

Betriebsraum

Reserveraum

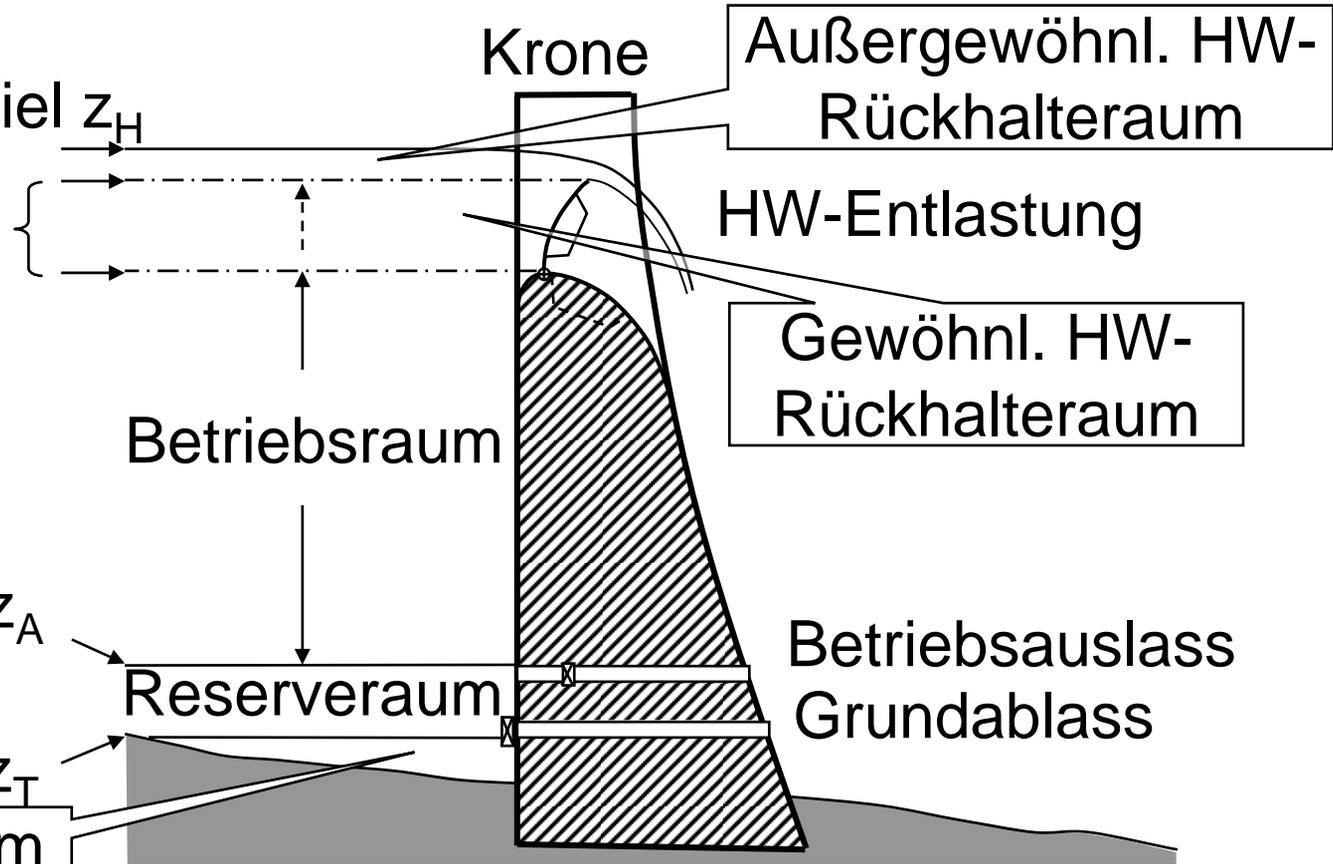
Krone

Außergewönl. HW-
Rückhalteraum

HW-Entlastung

Gewönl. HW-
Rückhalteraum

Betriebsauslass
Grundablass



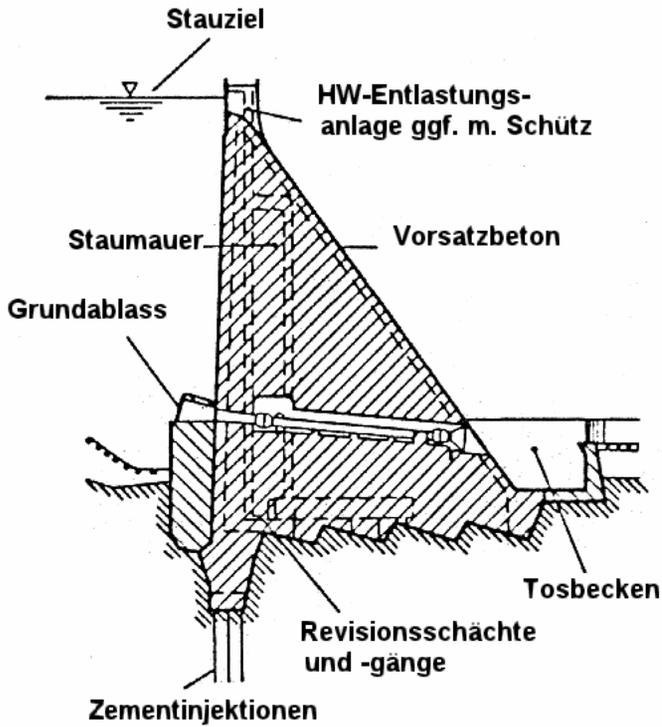


Staumauern erfordern eine Gründung an der Sohle und an den Flanken in gutem Fels. Je nach Qualität des Felsuntergrundes, Form des abzuschließenden Talquerschnittes u. a. kommen eine Vielzahl von Typen zur Anwendung:

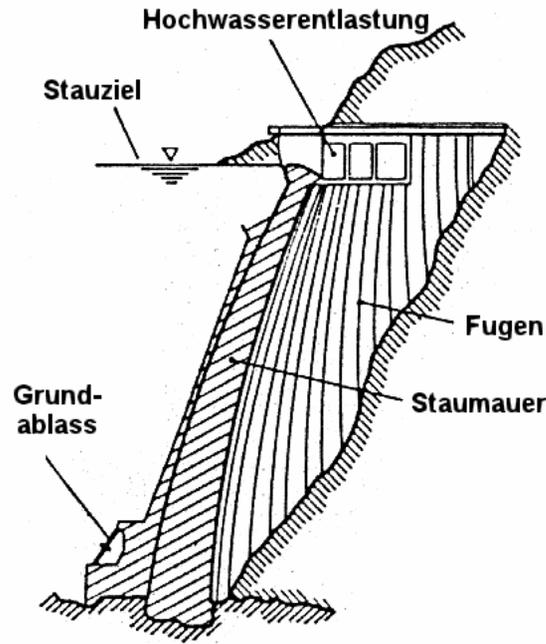
- *Gewichtsmauern*, die ganz als Vollmauern oder mit einem mehr oder weniger großen Anteil an Hohlraum gestaltet sein können,
- *Bogenstaumauern* als waagrecht gekrümmte Zylindermauern oder als doppelt gekrümmte Kuppelmauern,
- *Bogengewichtsmauern* und
- *aufgelöste Staumauern* (z. B. Pfeilerkopfmauern, Gewölbereihenmauern).

Der Baustoff ist heute allgemein Beton.

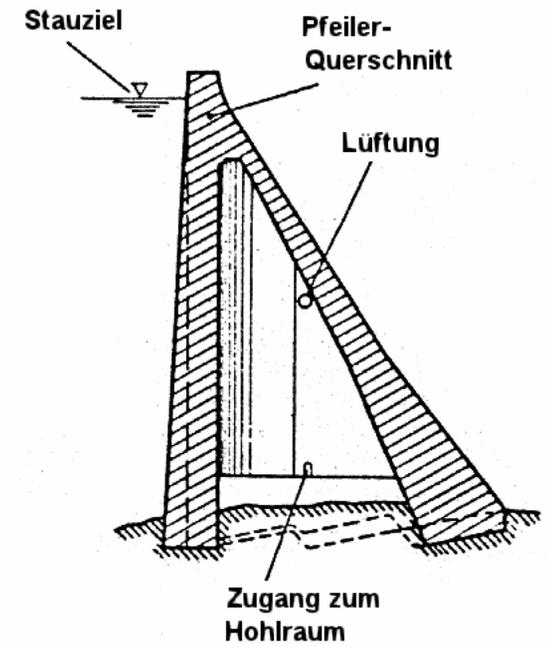
Gewichtsstaumauern wurden früher auch in Mauerwerk errichtet.



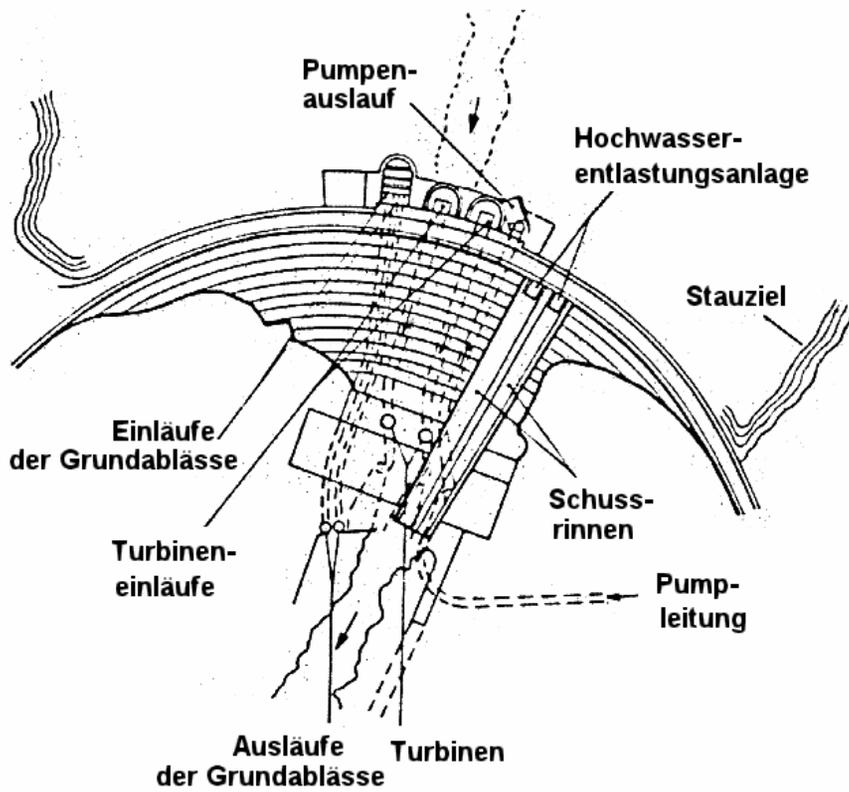
Gewichtsmauer



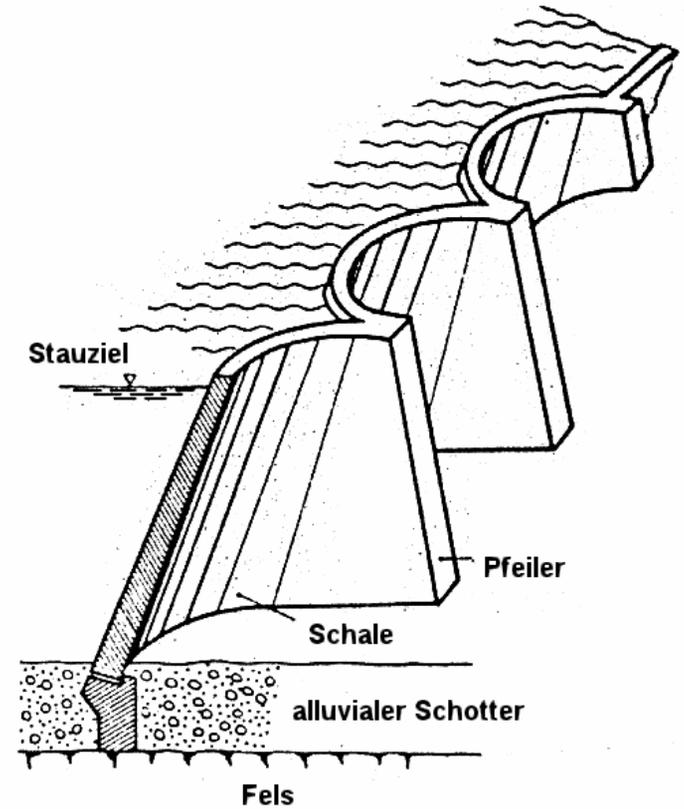
Bogenstaumauer



Pfeilerstaumauer



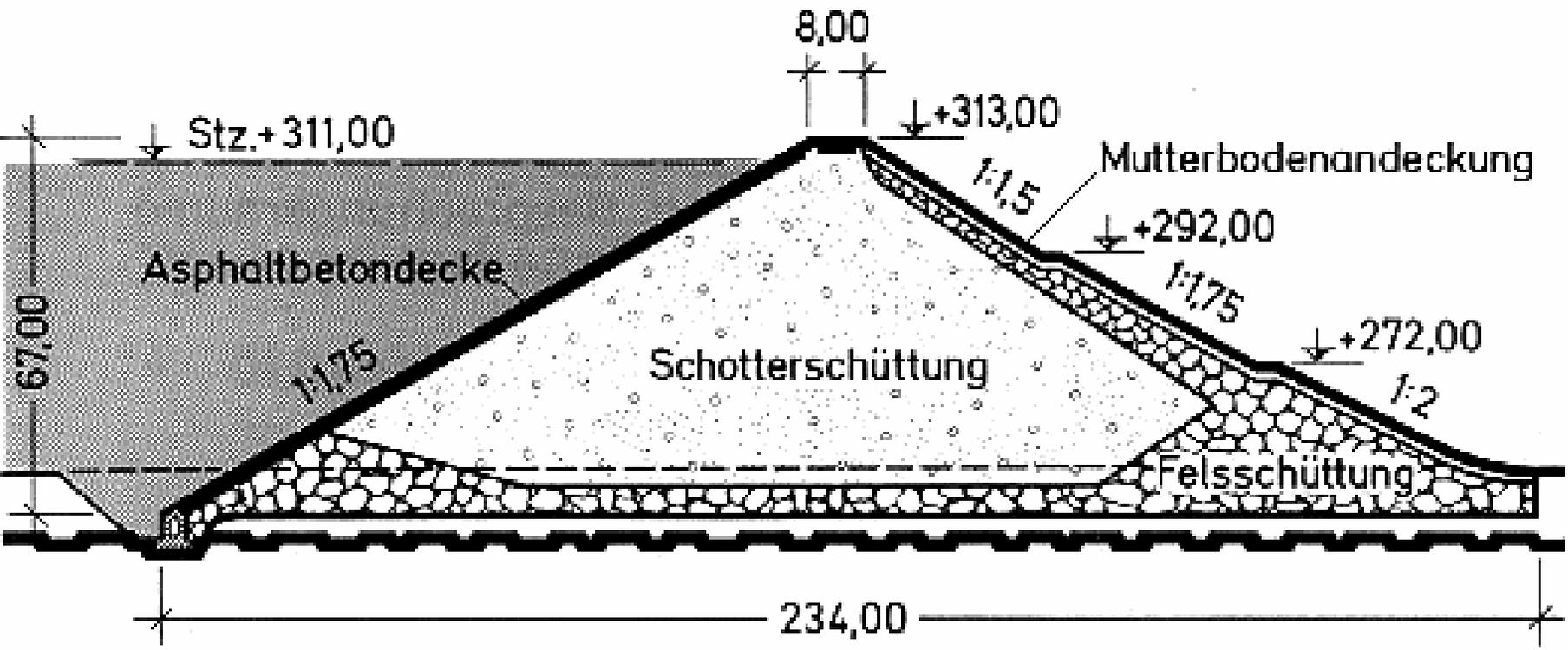
Bogengewichtsmauer



Pfeilerschalenstaumauer



• Staudämme



Grane-Talsperre: Steinschüttdamm mit Außendichtung

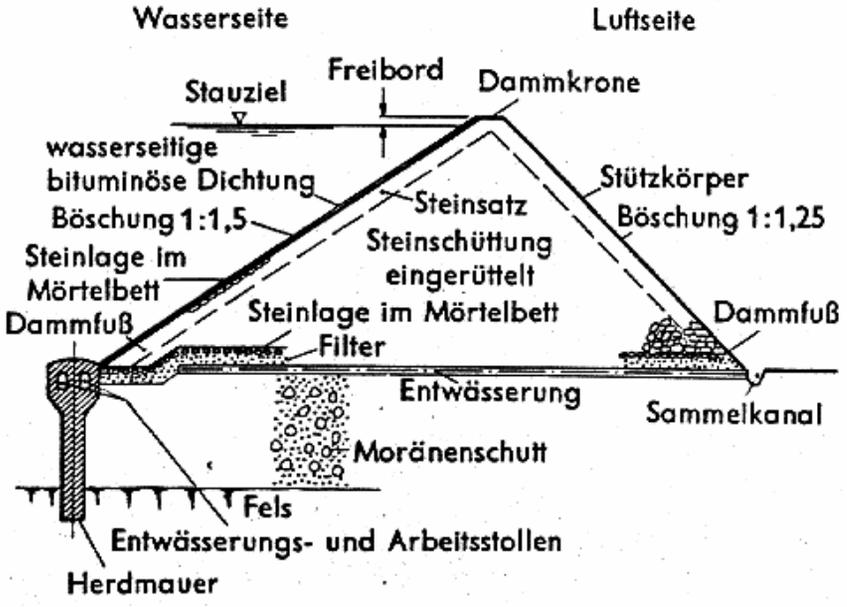
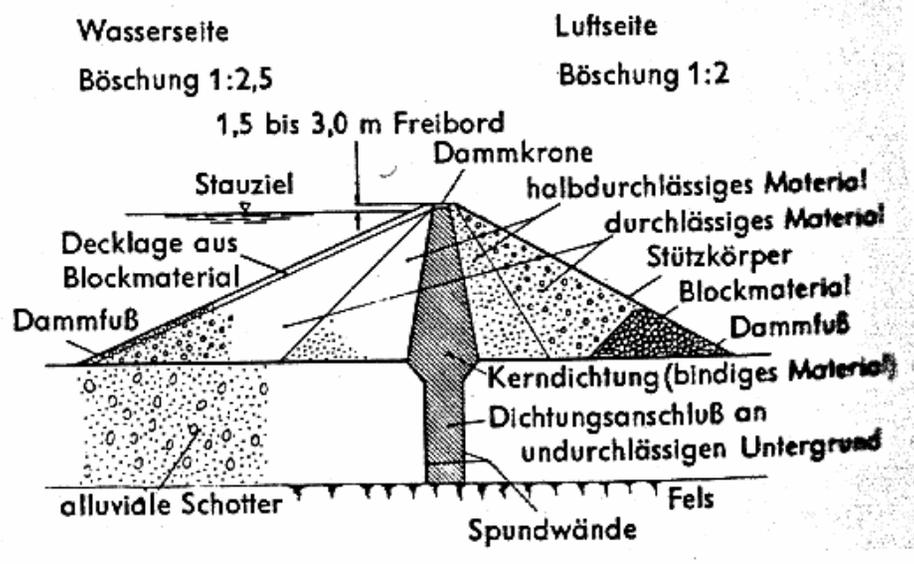
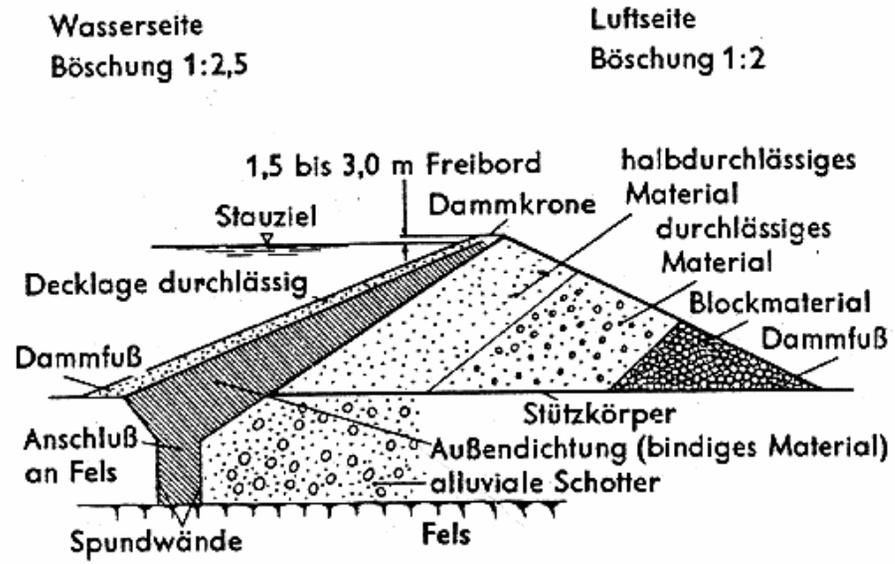


Staudämme können auch auf einem Untergrund errichtet werden, der aus *Lockergestein* besteht. Hierbei ist immer eine mehr oder weniger umfangreiche *Untergrundabdichtung* notwendig (z. B. Schlitzwand, Injektionsschirm). Welche Erdbaustoffe verwendet werden, hängt wegen der großen Mengen davon ab, was an geeignetem Material in der Nähe gewinnbar ist. Man unterscheidet *Erddämme* und *Steindämme* (Felstrümmerdämme). Der Querschnitt der Dämme ist normalerweise in Zonen unterschiedlicher Korngröße und Durchlässigkeit aufgeteilt.

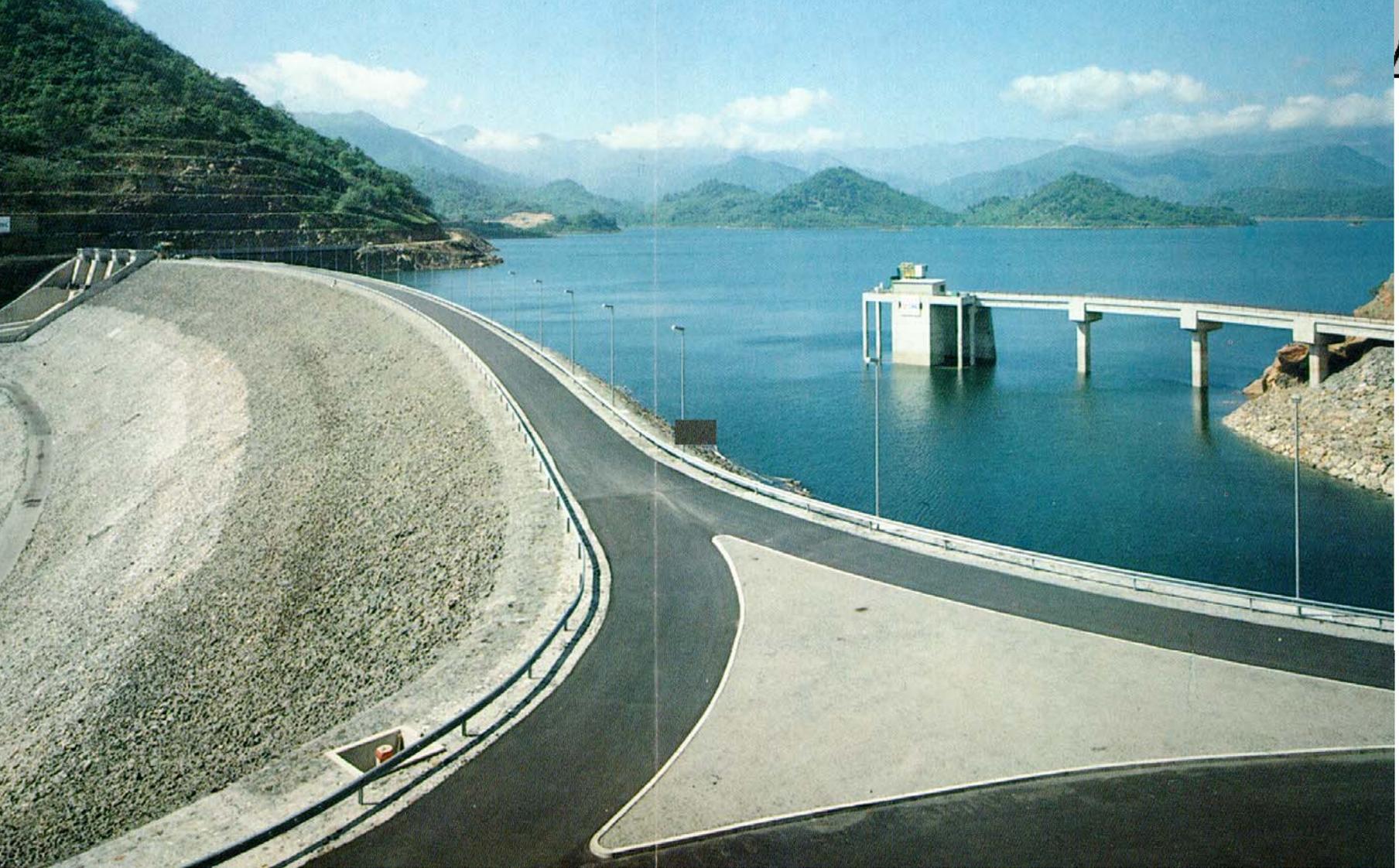
Um die Wasserdichtigkeit zu erreichen, wird eine besondere Dichtungsschicht angeordnet, die an der *wasserseitigen Oberfläche* oder im *Inneren* des Dammes liegen kann und an die *Untergrunddichtung* angeschlossen sein muss.



• Staudämme



Verschiedene Anordnungen von Dichtungen.



Steinschüttdamm Randenigala, Sri Lanka 1982 - 1985



- Nebenanlagen von Talsperren

Für die Bewirtschaftung des gespeicherten Wassers und zur Entleerung des Beckens sind *Betriebsauslässe* und *Grundablässe* notwendig. Über die *Hochwasserentlastungsanlage* müssen größte Hochwässer ohne Gefahr für das Absperrbauwerk abgeführt werden können. Bei Dämmen sind für diese Anlagen fast immer davon *getrennte Bauwerke* notwendig, z. B. Umleitungsstollen, Schrägschacht, Hangkanal.

Bei Talsperren mit dem Hauptzweck der Energiegewinnung wird vor allem im Gebirge so viel Wasser wie möglich aus benachbarten Einzugsgebieten (z. B. mit Stollen) beigeleitet.

Zur Feststellung der Wassermengen und vor allem zur Überprüfung des Belastungszustandes, des Verformungsverhaltens und der Dichtigkeit von Absperrbauwerk und Untergrund werden umfangreiche Messeinrichtungen installiert.