

hydrologie

| Hydrologie [hydrolo'gi:] f

Die Hydrologie ist die Wissenschaft, die sich mit der Zirkulation, der räumlichen und zeitlichen Verteilung und den Eigenschaften des Wassers beschäftigt. Des weiteren befasst sich die Hydrologie mit den Prozessen des Rückgangs

und der Wiederanreicherung der Wasservorkommen der Landoberflächen, ebenso wie mit den verschiedenen Phasen des hydrologischen Wasser-kreislaufs. Die Hydrologie wird des öfteren mit der Hydraulik verwechselt, welche ein Teil der

| hydrologie [idrɔlɔʒie]

L'hydrologie est la science qui traite de la circulation de l'eau dans le temps et dans l'espace ainsi que de ses propriétés. Elle étudie les processus qui régissent les fluctuations des ressources en eau des terres émergées et traite les différentes phases du cycle hydrologi-

que. L'hydrologie est souvent confondue avec l'hydraulique qui est une branche de la mécanique des fluides qui traite de l'écoulement de l'eau (ou d'autres liquides) dans des conduites, canaux découverts et autres ouvrages.

|01_ Introduction

La question de la disponibilité et de l'accès à l'eau est sans aucun doute un des problèmes majeurs auquel devra faire face l'humanité durant le siècle à venir. Aujourd'hui on estime en effet qu'un habitant de la planète sur cinq n'a pas accès à l'eau en suffisance et un sur trois a une eau de qualité. Dans ce contexte, il peut être utile de rappeler que «la mesure quantitative et qualitative des éléments du cycle hydrologique et la mesure des autres caractéristiques de l'environnement qui influent sur l'eau constituent une base essentielle pour une gestion efficace de l'eau». (Déclaration de Dublin, 1992).

|02_

|01_Einleitung

Hydromechanik ist und sich mit dem Fließen von Wasser (oder anderen Flüssigkeiten) in Leitungen und offenen Gerinnen befasst. |

Die Frage der Verfügbarkeit und des Zugangs zum Wasser ist ohne jeglichen Zweifel eines der größten zu bewältigenden Probleme während des kommenden Jahrhunderts. Heute ist man in der Tat der Ansicht, dass ein Einwohner von fünf kleinen Zugang zu ausreichend Wasser hat und einer von drei ein Wasser guter Qualität hat. In diesem Zusammenhang sollte man erwähnen, dass die quantitative und qualitative Messung des hydrologischen Zyklus und die Messung der anderen Umwelt-eigenschaften, die das Wasser beeinflussen, eine wesentliche Basis für eine wirksame Verwaltung des Wassers darstellen". (Erklärung von Dublin, 1992).

|02_Aufgabenbereiche

Zu den Aufgabenbereichen der Hydrologie zählen Limnometrie (Messung hydrologischer Größen), Hochwasserschutzmaßnahmen, Hochwasservorhersagen, Fischdurchgängigkeit und Renaturierungen.

|02_Missions de l'hydrologie

Les missions de l'hydrologie sont la limnometrie (mesure de paramètres hydrologiques), les mesures anti-crues, la prévision des crues, le libre passage des poissons et les renaturations.

|03_Der hydrologische Wasserkreislauf

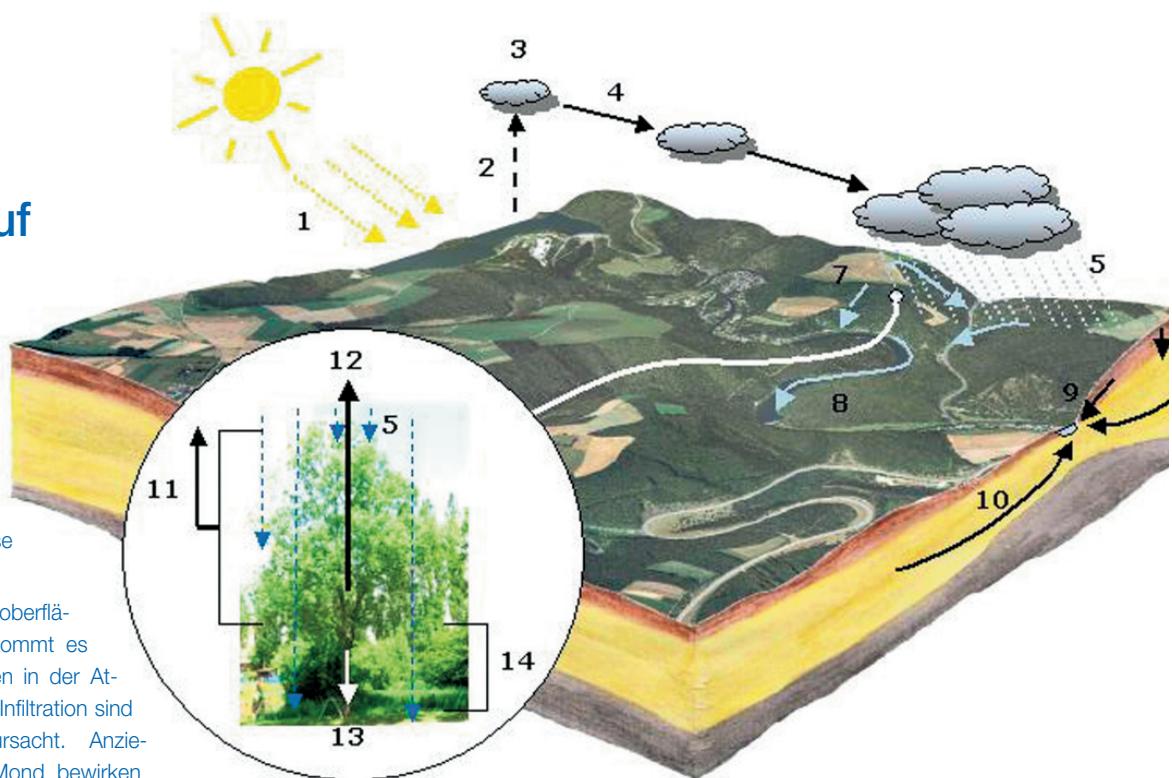
Wasser ist das wesentliche Element, das Leben auf unserem Planeten ermöglicht. Wasser kann drei verschiedene Aggregatzustände annehmen : fest, flüssig und gasförmig.

Das Wasser beschreibt in der Natur einen ewigen komplexen Kreislauf, der durch diverse Faktoren beeinflusst wird.

Die Sonne erwärmt die Erdoberfläche ungleichmäßig. Dadurch kommt es zu Zirkulationen von Luftmassen in der Atmosphäre. Regen, Abfluss und Infiltration sind durch Gravitationskräfte verursacht. Anziehungskräfte von Sonne und Mond bewirken Wasserströme in den Ozeanen, die wiederum unser Klima beeinflussen.

Die Erdoberfläche mit ihren Wasserflächen wird durch die Sonnenenergie erhitzt. Dadurch verdampft ein Teil des Wassers und gelangt in die Atmosphäre. Beim Aufsteigen in die Atmosphäre wird diese feuchte Luftmasse progressiv abgekühlt. Durch diese Abkühlung kondensiert der Wasserdampf und bildet Wolken.

Das Wasser in den Wolken fällt als Niederschlag (Regen oder Schnee) wieder zurück auf die Erdoberfläche. Ein Teil des Niederschlags wird von der Vegetation sofort wieder verdampft (Interzeption). Der restliche Teil erreicht den Boden und kann entweder oberflächlich einem Gewässer zufließen, in den Boden infiltrieren oder verdunsten. Wenn das Wasser in tiefere Bodenschichten infiltriert, füllt es die Grundwasserkörper auf. Diese Grundwasserkörper können ihrerseits Quellen und Flüsse speisen.



|03_Le cycle hydrologique

L'eau est l'élément essentiel qui permet la vie sur notre planète. L'eau peut apparaître dans trois phases différentes : solide, liquide et gazeuse.

L'eau décrit dans la nature un cycle continu complexe qui est influencé par des facteurs divers.

Le soleil réchauffe la surface de la terre d'une manière inégale. Par conséquent les masses d'air dans l'atmosphère commencent à circuler. Les précipitations, l'écoulement et l'infiltration sont provoqués par les forces de gravitation. Les forces d'attraction du soleil et de la lune entraî-

inent des circulations d'eau dans les océans qui, de leur part, ont une influence sur notre climat.

Le rayonnement solaire réchauffe la surface terrestre avec ses plans d'eau et fait évaporer une partie de l'eau qui entre ensuite dans l'atmosphère. Lors de la montée dans l'atmosphère, ces masses d'air humide se refroidissent progressivement, ce qui entraîne la condensation de la vapeur d'eau et la création de nuages.

L'eau dans les nuages tombe sous forme de précipitation (pluie ou neige) sur la surface terrestre. Une partie de ces précipitations est évaporée directement par la végétation (interception). Le

1 Sonnenstrahlung	10 Grundwasserfluss
2 Verdunstung	11 Interzeption
3 Kondensation	12 Transpiration
4 Wind	13 Stammabfluss
5 Niederschlag	14 Durchfallender Niederschlag
6 Infiltration	
7 Oberflächenabfluss	
8 Abfluss	
9 Oberflächennaher Abfluss	

1 Rayonnement solaire	10 Flux des eaux souterraines
2 Evaporation	11 Interception
3 Condensation	12 Transpiration
4 Vent	13 Ecoulement du tronc
5 Précipitations	14 Précipitations passantes par les arbres
6 Infiltration	
7 Ecoulement superficiel	
8 Ecoulement	
9 Ecoulement souterrain	

reste atteint le sol et peut s'écouler de manière superficielle pour alimenter un cours d'eau, s'infiltrer dans le sol ou s'évaporer. Si l'eau s'infiltra dans des couches de sol plus profondes, elle remplit les masses d'eaux souterraines. Les masses d'eau souterraines nourissent les sources et les cours d'eau.

a _Niederschlag

Ist der Wasserdampf in der Atmosphäre so weit abgekühlt, dass er den Taupunkt erreicht hat, so wird er zu flüssigem Wasser. Haben sich genug Wassertropfen gebildet, bildet sich Niederschlag in fester oder flüssiger Form. Der Niederschlag wird mit Niederschlagsmessern quantifiziert.

b _Verdunstung

Verdunstung ist der Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand. Die Verdunstung wird durch die Sonnenenergie hervorgerufen. Diese hydrologische Größe ist vor allem im Sommer von großer Bedeutung und unterliegt hohen saisonalen Schwankungen. Die Verdunstung ist nur schwer messbar und wird deshalb meistens mit einer Formel berechnet.

c _Infiltration

Infiltration ist die Versickerung von Wasser in den Boden. Durch diesen Vorgang können die Grundwasserkörper gefüllt werden. Da diese Größe schwer messbar ist, wird sie mit Hilfe vorhandener Daten über die Bodenbeschaffenheit, Porosität, Bodenart und Geologie ermittelt.

d _Abfluss

Der Abfluss ist definiert als ein Volumen pro Zeiteinheit und wird in m³/s angegeben. Der Gesamtabfluss eines Einzugsgebiets setzt sich aus verschiedenen Abflusstypen zusammen.

Der Oberflächenabfluss (Wasser, das oberflächlich abfließt) reagiert schnell auf ein Regenereignis und bildet im Fall eines Hochwassers den größten Teil der Hochwasserwelle.

Grundwasserströme in tieferen Bodenschichten bedingen eine relativ konstante Wasserabgabe, also einen verhältnismäßig kontinuierlichen Abfluss und sind im Hochwasserfall nicht relevant.

a _Précipitations

La vapeur d'eau refroidie au point de rosée est transformée en eau liquide. Après la formation d'un nombre suffisant de gouttes d'eau, des précipitations solides ou liquides se forment. Les précipitations sont quantifiées à l'aide de pluviomètres.

b _Evaporation

L'évaporation est la transition de la phase liquide à la phase gazeuse. Elle est due à l'énergie solaire. Ce paramètre hydrologique est soumis à des fluctuations importantes. Avant tout en été elle est d'une haute importance. Vu que la mesure de l'évaporation pose des problèmes, elle est le plus souvent déduite d'une formule empirique.

c _Infiltration

L'infiltration est le processus du passage de l'eau dans le sol. C'est grâce à elle que les masses d'eaux souterraines se remplissent. Difficile à mesurer, elle est calculée à l'aide de données existantes sur la porosité, la constitution et le type du sol ainsi que sur la géologie.

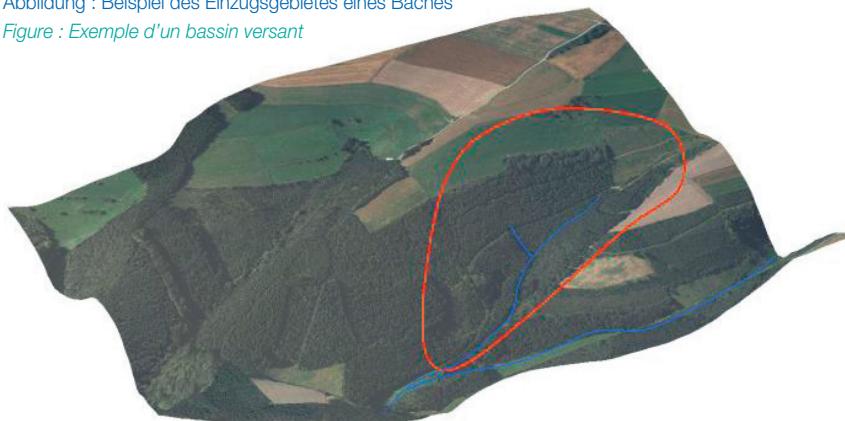
d _Débit (écoulement)

Le débit est défini comme volume d'eau qui s'écoule par unité de temps et indiqué en m³/s. Le débit total d'un bassin versant est composé de différents types d'écoulement.

L'écoulement de surface réagit très vite à un événement de pluie et représente la majeure partie de la vague lors d'une crue.

Les courants d'eaux souterraines dans les couches de sol plus profondes produisent un dégagement d'eau constant, donc un écoulement relativement continu, et ne sont pas d'importance lors d'une crue.

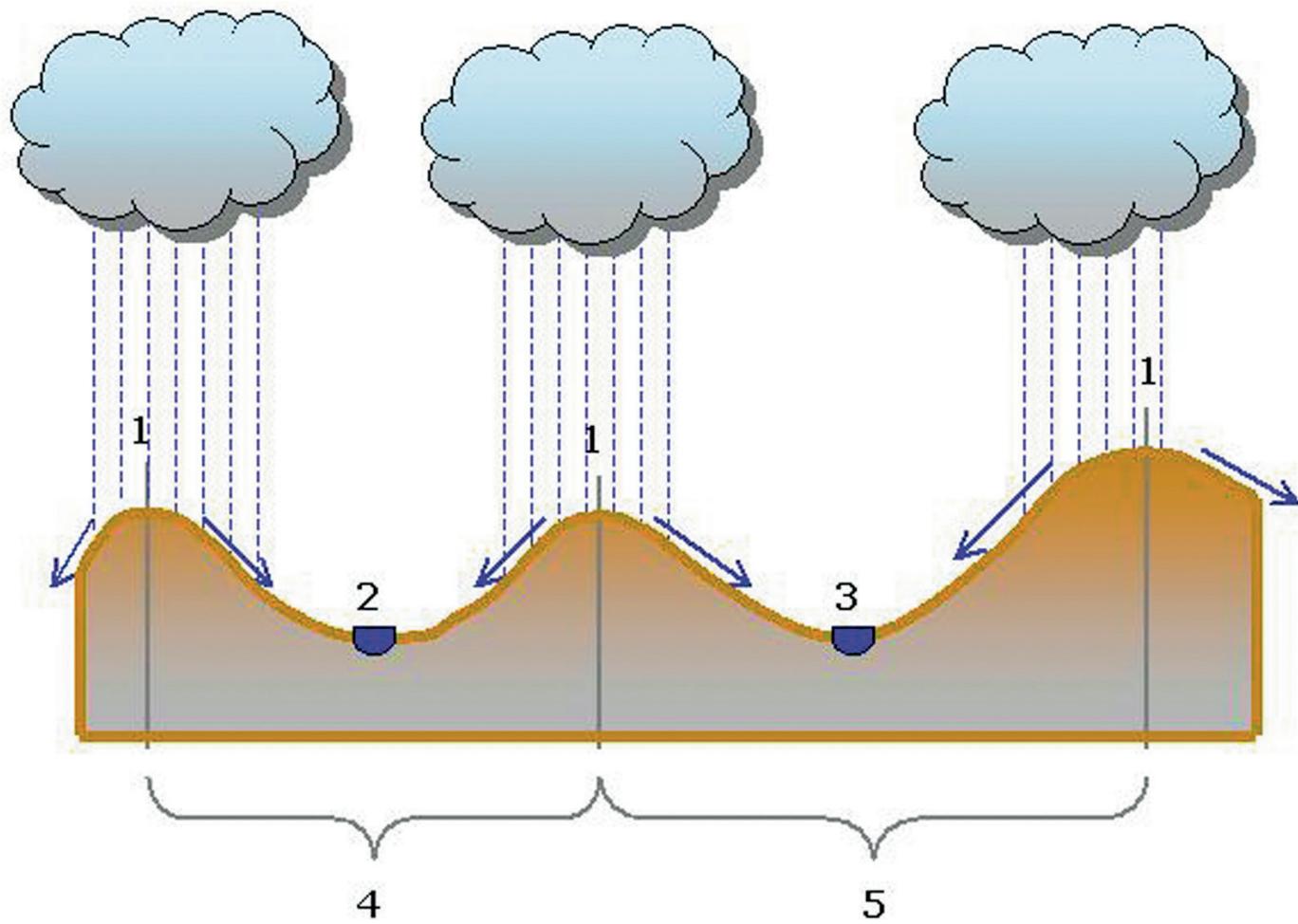
Abbildung : Beispiel des Einzugsgebietes eines Baches
Figure : Exemple d'un bassin versant



|04_Einzugsgebiet

[A] DEFINITION

Das Einzugsgebiet eines Baches oder Flusses ist die Fläche, die den Niederschlag zum betreffenden Wasserlauf leitet. Es wird durch Wasserscheiden zu benachbarten Einzugsgebieten abgegrenzt. Eine Wasserscheide ist ein geographischer Höhepunkt, der zur einen Seite in ein anderes Einzugsgebiet entwässert als zur anderen. Die Verbindung dieser Punkte ergibt das Einzugsgebiet.



[B] EINFLUSS DER EIGENSCHAFTEN DES EINZUGSGEBIETES AUF DEN ABFLUSS

Böden, Gestein, Vegetation, Relief und Versiegelung des Einzugsgebietes haben einen wesentlichen Einfluss auf sein Abflussregime. Der Abfluss ist stark abhängig von der Porosität des Gesteins. Sind Böden und Gestein eines Einzugsgebietes wenig durchlässig, fließt eine grosse Menge des Niederschlags schnell oberflächlich ab. Das Gewässer wird also sehr schnell und stark ansteigen, aber auch wieder schnell abfallen. Ist der Untergrund dagegen sehr porös, versickert ein Großteil des Niederschlags und füllt die Grundwasserkörper. Diese geben einen Teil des Wassers wieder an die Gewässer ab, jedoch zeitversetzt und kontinuierlich. Hier wird die Hochwasserwelle folglich stark abgeschwächt und später auftreten.

Stark bewachsene und bewaldete Oberflächen, sowie flache Einzugsgebiete führen zu geringerem und langsamerem Abfluss, während kahle, sowie versiegelte Oberflächen und stark geneigte Einzugsgebiete einen schnellen und starken Abfluss bedingen.

- | | | | |
|---|---------------|---|-----------------|
| 1 | Wasserscheide | 4 | Einzugsgebiet A |
| 2 | Wasserlauf A | 5 | Einzugsgebiet B |
| 3 | Wasserlauf B | | |

- | | | | |
|---|---------------------------|---|------------------|
| 1 | Ligne de partage des eaux | 4 | Bassin versant A |
| 2 | Cours d'eau A | 5 | Bassin versant B |
| 3 | Cours d'eau B | | |

| 04_Bassin versant (surface tributaire)

[A] DÉFINITION

Le bassin versant est la surface d'alimentation d'un cours d'eau. Il est délimité des bassins versants voisins par des lignes de partage des eaux. Une ligne de partage des eaux est une ligne de faîte ou frontière séparant des bassins contigus. Elle est définie comme ligne reliant les points géographiques les plus hauts dont les eaux s'écoulent d'un côté dans un autre bassin que de l'autre côté.

[B] INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN VERSANT SUR L'ÉCOULEMENT

Les sols, les roches, la végétation, le relief et la perméabilité d'un bassin versant ont une influence majeure sur le régime d'écoulement qui dépend étroitement de la porosité de la roche. Si le sol et la roche d'un bassin versant sont peu perméables, la majeure partie de la pluie s'écoule très rapidement de manière superficielle. Par conséquent le cours d'eau augmente vite et fortement, mais baisse aussi très vite. Si le sous-sol est par contre très poreux, la majorité de la pluie infiltré et remplit les masses d'eau souterraines qui, de leur part, se déversent partiellement dans les cours d'eau. En raison de ce déversement continu et du décalage du pic de crue, la vague de crue est fortement affaiblie et décalée. Une surface couverte de végétation et de forêt, de même qu'un bassin versant assez plat, engendre un écoulement réduit et ralenti, tandis que l'écoulement de surface est très exprimé et rapide pour des surfaces dénudées, fortement inclinées et imperméables.

| 05_Messung des hydrologischen Zyklus

Am Anfang des hydrologischen Zyklus stehen meteorologische Parameter. Der hydrologisch wichtigste Parameter ist der Niederschlag.

| 05_Mesure du cycle hydrologique

Les paramètres météorologiques sont à l'origine du cycle hydrologique. Les précipitations sont le paramètre le plus important pour l'hydrologie.



[A] REGENMESSUNG

Für das Messnetz des Wasserwirtschaftsamtes werden Niederschlagsmesser nach dem Wägeprinzip benutzt.

Bäche und Flüsse reagieren auf diesen Niederschlag durch Ansteigen der Abflussmenge und folglich mit einer Erhöhung des Wasserstandes.

[A] PLUVIOMÈTRE

Le pluviomètre fonctionnant selon le principe de pesée est utilisé sur le réseau de mesure de l'Administration de la Gestion de l'Eau.

Les cours d'eau réagissent à des précipitations par une augmentation du débit et par une montée du niveau d'eau.

[B] MESURE DU NIVEAU D'EAU

Il existent différents principes de mesures physiques.

L'échelle limnimétrique est toujours utilisée comme référence pour contrôler les appareils de mesure continue (limnimètres).

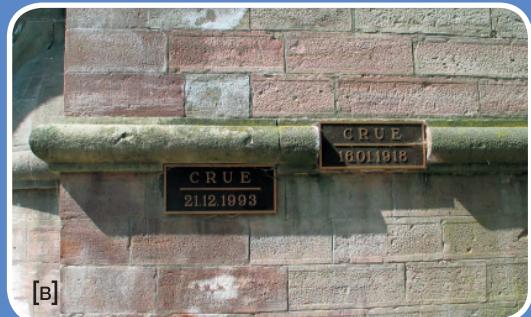
Au cours des années, différentes techniques de mesure ont été développées. Les plus fréquemment utilisés sont le flotteur, la sonde à pression, la technique à ultrason et le radar. On distingue des principes de mesure directs et indirects. Les mesures directes mesurent une hauteur d'eau tandis que les principes de mesure indirects mesurent une grandeur physique proportionnelle à la hauteur, en général une pression hydrostatique.

: Mesure manuelle

Le niveau d'eau à un point spécifique d'un cours d'eau est traditionnellement mesuré à l'œil à l'aide d'une échelle limnimétrique fixée au bord de l'eau.

Les désavantages de cette méthode sont la nécessité d'un grand nombre de personnel et l'acquisition de données exclusivement ponctuelles.

Contrairement à la mesure manuelle, les limnigraphes et les limnimètres permettent des mesures continues, enregistrées sur papier ou de manière digitale.



[B] WASSERSTANDSMESSUNG

Die Pegellatte wird heute immer noch als Referenz benutzt. Zur kontinuierlichen Wasserstandsmessung wird sie heute immer mit einem anderen Wasserstandsmesser gekoppelt.

Man unterscheidet verschiedene physikalische Messprinzipien.

Im Laufe der Zeit haben sich Messtechniken entwickelt, wovon die gebräuchlichsten der Schwimmer, die Drucksonde, die Ultraschalltechnik und der Radar sind. Man unterscheidet zwischen direkten und indirekten Messprinzipien. Direkte Messprinzipien messen eine Höhe. Indirekte Messprinzipien messen hingegen eine physikalische Größe, die proportional zur Höhe ist, in der Regel einen hydrostatischen Druck.

: Manuelle Messung

Der Wasserstand eines Wasserlaufes wird an spezifischen Punkten traditionell mit dem bloßen Auge an einer Pegellatte abgelesen.

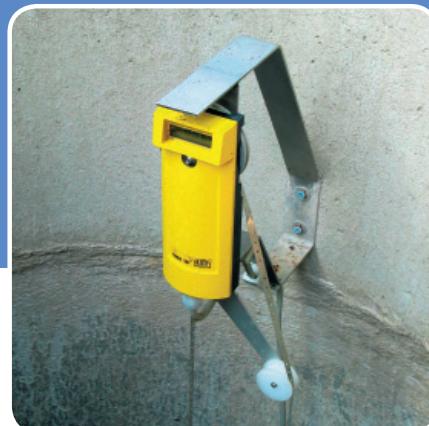
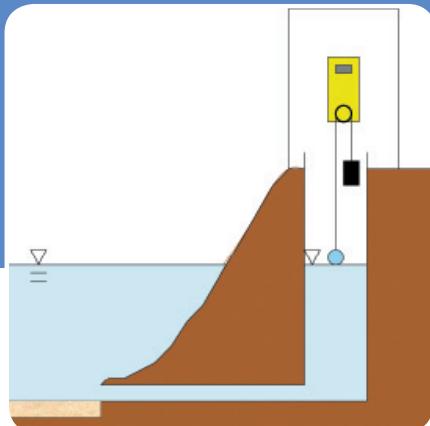
Nachteile dieser Methode sind ein hoher Personalaufwand und die Lieferung von Punktwerten.

Im Gegensatz zur manuellen Messung ermöglichen Limnigraph und Limnimeter kontinuierliche Messungen, die entweder auf Papier oder digital festgehalten werden.

:: Kontinuierliche Messung

1. Schwimmer

In einem mit dem Wasserlauf in Verbindung stehenden Brunnen wird der Wasserstand mit Hilfe eines Schwimmers gemessen.



:: Mesure continue

1 Flotteur

On peut mesurer le niveau de l'eau à l'aide d'un flotteur qui se trouve dans un puits en communication avec le cours d'eau.

2. Direktmessung des hydrostatischen Drucks mit einer Piezometersonde

Der Wasserstand wird mit Hilfe einer Differentialdrucksonde gemessen. Im Gegensatz zur Schwimmermethode wird bei dieser fast keine Infrastruktur benötigt.

2. Mesure directe par sonde piézométrique

On peut également mesurer la hauteur de l'eau à l'aide d'un capteur de pression différentielle. Cette solution ne nécessite pratiquement pas de travaux d'infrastructure.

3. Indirektmessung mittels Drucksystem

Durch einen feinen synthetischen Schlauch wird Stickstoff oder Pressluft ins Wasser geperlt. Jede Änderung des Wasserspiegels bewirkt eine Änderung des Druckes, der mittels einer Differentialdrucksonde gemessen wird.

Dieses System ist sowohl für Wasserstands-messungen im Oberflächenwasserbereich, als auch im Grundwasserbereich anwendbar.



3. Mesure indirecte par système pneumatique

Par une fine conduite synthétique de l'azote ou de l'air comprimé est perlé dans l'eau. Chaque changement du niveau d'eau correspond à un changement de la pression mesurée par un capteur de mesure de pression différentielle.

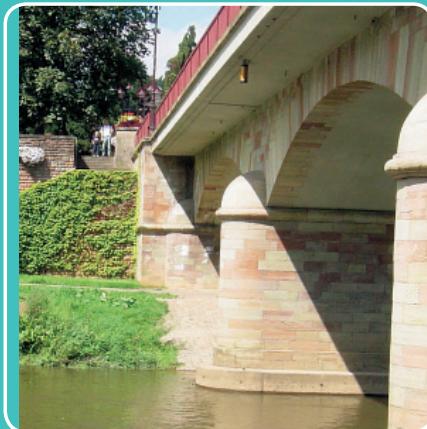
Ce système est utilisé pour la mesure du niveau des eaux de surface ainsi pour la mesure du niveau des nappes souterraines.

4. Radar

Das Radar ist ein Sensor, der eine Messung ohne Kontakt mit der Wasseroberfläche erlaubt. Es wird an einem Bauwerk direkt über dem Wasser befestigt.



In Richtung Wasseroberfläche ausgestrahlt elektrromagnetische Wellen werden reflektiert und analysiert. Ein Prozessor ermittelt die Distanz zwischen dem Radar und der Wasseroberfläche.



4. Radar

Le radar est un capteur qui permet une mesure du niveau d'eau sans contact avec les eaux de surface. Son installation aisée se fait soit sur un pont soit sur une potence surplombant le plan d'eau.

Le radar émet des ondes électro-magnétiques perpendiculairement au plan d'eau et analyse les ondes réfléchies pour calculer la distance entre le plan d'eau et le capteur.

[c] ABFLUSSMESSUNG

Eine Abflussmessstation ist die Gesamtheit aller Messvorrichtungen, die benötigt werden um den Abfluss jederzeit aus einem kontinuierlich gemessenen Wasserstand zu ermitteln.

Die Abhängigkeit zwischen Wasserhöhe und Abfluss an einem Wasserlauf wird mittels Abflussmessungen ermittelt. Der Abfluss eines Wasserlaufs kann mit verschiedenen Methoden gemessen werden. Die Eigenheiten des Wasserlaufs schreiben die anzuwendende Messmethode vor.

: Kapazitive Methode

Die kapazitive Abflussmessung findet Anwendung bei Wasserläufen mit extrem geringem Abfluss. Dabei wird die Zeit gemessen, die benötigt wird um einen Behälter definierten Volumens zu füllen.

[c] MESURE DE DÉBIT

Une station de jaugeage peut être définie comme l'ensemble des dispositifs utilisés en un point d'un cours d'eau pour permettre d'en déterminer le débit à tout instant à partir du repérage du niveau de l'eau à un limnimètre ou à partir de l'enregistrement limnigraphique des variations du niveau comptées depuis une origine quelconque repérée sur le limnimètre. (André H et al, 1976).

La correspondance entre les cotes de ce plan d'eau et les débits est établie grâce à des jaugeages effectués par une des méthodes indiquées. Le débit d'un cours d'eau peut être mesuré avec des méthodes différentes. Les particularités du cours d'eau prescrivent la méthode à utiliser.

: La méthode volumétrique ou jaugeage capacitif

Le jaugeage capacitif s'applique pour des cours d'eau avec un débit extrêmement faible. Il est déterminé par la mesure du temps nécessaire pour remplir un récipient de volume défini.

:: Geschwindigkeitsmethode

1. Flügelmessung

Die Abflussmessung mittels Messflügel beruht auf der Messung der Fließgeschwindigkeit senkrecht zur Fließrichtung in einem Abschnitt mit definierter Geometrie.

Der Flügel wird durch die Strömung in Bewegung gesetzt. Die Anzahl der Flügelumdrehungen pro Sekunde wird mit einem Impulszähler gemessen. Die Anzahl der Flügelumdrehungen sind proportional zur Fließgeschwindigkeit.

Das Messmaterial, vor allem der Durchmesser und die Steigung des Flügels, muss an die Fließgeschwindigkeit angepasst werden.



:: La méthode d'exploitation du champ de vitesse

1. Mesure par moulinet

La détermination du débit à l'aide d'un moulinet est basée sur la mesure de la vitesse sur une section perpendiculaire à l'écoulement de l'eau dans un déversoir de géométrie définie.

Le courant met en rotation l'hélice. Un compteur d'impulsions mesure le nombre de tours d'hélice par seconde qui est proportionnel à la vitesse de l'eau.

Le matériel de mesure, notamment l'hélice (diamètre et pas), devra être adapté à la vitesse d'écoulement de l'eau.



2. Induktive Geschwindigkeitsmessung

Die Wasserbewegung in einem magnetischen Feld bewirkt eine induktive Spannung, die proportional zur Geschwindigkeit ist. Nach Verarbeitung der Signale in einem elektronischen Modul wird die Geschwindigkeit sofort auf einem Display angezeigt.



Der induktive Geschwindigkeitsmesser misst die Fließgeschwindigkeit in allen Arten von Wasserräumen, er ist aber besonders geeignet bei geringen Geschwindigkeiten und starkem Pflanzenbewuchs. Wesentliche Vorteile des Messgerätes sind die Abwesenheit bewegter Teile sowie seine Robustheit.



2. Le courantomètre électromagnétique

Le déplacement de l'eau dans un champ magnétique produit une tension induite proportionnelle à sa vitesse. Après traitement par un module électronique, la vitesse est directement affichée sur un display.

Le courantomètre mesure la vitesse du courant dans différentes situations d'écoulements, et en particulier en présence de lames d'eau et de vitesses faibles, ou de végétation aquatique forte. Par ailleurs il ne présente pas de pièces mobiles et est assez robuste.

3. Mesure par technique ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)

Le profileur de courant à effet Doppler mesure des profils verticaux de la vitesse de l'eau en utilisant l'énergie acoustique à ultrasons. Il est capable de déterminer simultanément le profil du cours d'eau et le profil vertical de la vitesse d'écoulement, tout en considérant la vitesse avec laquelle l'appareil lui-même traverse le cours d'eau.

Le capteur ADCP peut être fixé sur un trimaran tiré d'un bord à l'autre de la rivière au moyen d'une corde.

3. Messung mit ADCP-Technik (Acoustic Doppler Current Profiler)

Der Doppler-Profilmesser misst vertikale Geschwindigkeitsprofile mittels Ultraschalltechnik. Er bestimmt gleichzeitig das Profil des Bettens und berücksichtigt zusätzlich die Eigengeschwindigkeit, mit der er den Wasserlauf überquert.

Der Doppler-Profilmesser wird an einem Trimaran, der mit Hilfe eines Seiles von einem Ufer zum anderen gezogen wird, befestigt.



... Die Verdünnungsmethode

Die Verdünnungsmethode wird bei stark turbulenten und mit den anderen beschriebenen Methoden nicht zu messenden Wasserläufen angewandt. Dabei wird an einer bestimmten Stelle eine Substanz bekannter Konzentration zugegeben. An einer zweiter Stelle flussabwärts wird der Konzentrationsverlauf gemessen. Aus der Verdünnung wird dann der Abfluss ermittelt.

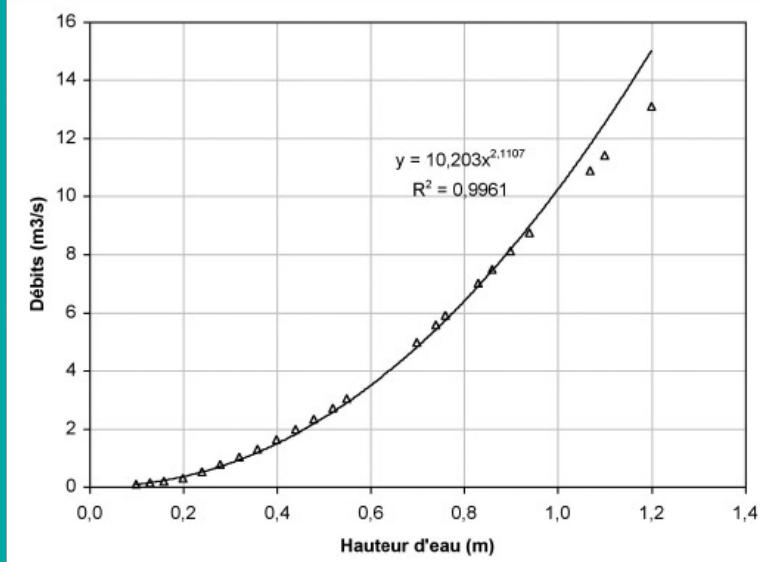
... La méthode physique ou par dilution

Le jaugeage chimique est utilisé pour des cours d'eau fortement turbulents et non mesurables avec les méthodes décrites précédemment. Il consiste à injecter en une section A d'un cours d'eau, une solution de concentration connue, puis à mesurer l'évolution de la concentration de cette solution dans une section avalé B. On en déduit alors le débit.

[D] WASSERSTANDS-ABFLUSS-BEZIEHUNG

Da direkte Abflussmessungen einen hohen zeitlichen und personellen Aufwand benötigen und nicht kontinuierlich durchgeführt werden können, wird eine Korrelationskurve zwischen dem kontinuierlich gemessenen Wasserstand und dem dazugehörigen Abfluss aufgestellt. Dazu werden, bei möglichst vielen verschiedenen Wasserständen,

Direkt-Abflussmessungen durchgeführt. Das Wertepaar wird dann in ein Wasserstands-Abfluss-Diagramm eingetragen. Durch die Gesamtheit der Punkte wird dann eine Trendlinie gelegt, die es ermöglicht, von jedem beliebigen Wasserstand auf den Abfluss zu schließen.



[D] COURBE DE TARAGE

Puisque des mesures de débit directes nécessitent des efforts personnels et temporels considérables et qu'elles ne peuvent pas être assurées en continu, une courbe de tarage (corrélation entre le niveau d'eau, mesuré en continu, et le débit correspondant) est élaborée. Pour établir une telle

courbe, des mesures de débit directes sont faites à des niveaux d'eau différents. Cette paire de données est alors entrée dans un diagramme débit – hauteur. Une courbe de tendance permet de déduire un débit pour chaque niveau d'eau mesuré.



| 06_Hochwasser

[A] WIE ENTSTEHT HOCHWASSER ?

Meistens sind es bei größeren Flüssen die Wintermonate, von November an bis Anfang April, die mit ergiebigen, heftigen und andauernden Niederschlägen, sowie Schneeschmelzen den Ausschlag geben.

Bei kleineren Bächen kann aber auch ein kräftiger Gewitterregen im Sommer in deren Einzugsgebiet zu Hochwasser führen.

| 06_Crues

[A] NAISSANCE D'UNE CRUE

Pour des rivières importantes, de fortes précipitations sur une longue période ainsi que la fonte des neiges (novembre jusque début avril) sont responsables des crues.

Pour les petits cours d'eau, un fort orage d'été peut provoquer une crue.



[B] WELCHE FAKTOREN SIND WICHTIG?

Zuerst gilt es die hochwassergefährlichen Witterungseinflüsse und Niederschläge bei bestimmten Wetterlagen zu untersuchen. Dabei muss man folgende Faktoren berücksichtigen :

Der Regen

Dauerregen entsteht in Verbindung mit Wetterfronten und durchtränkt den Boden regelmäßig. Bei Regenmengen von 15-30 l/m² innerhalb von 24 Stunden im Einzugsgebiet größerer Flüsse wächst die Hochwassergefahr stetig, sofern noch weitere Niederschläge folgen, die dann sofort abfließen, da sie nicht mehr einsinken können.

Der Schnee

Die Schneeschmelze im Winter und im Frühjahr bedeutet einen zusätzlichen Abfluss, der mengenmäßig und zeitlich nur schwer einzuschätzen ist. Des Weiteren verhindert ein gefrorener Boden die Versickerung und kann bei kräftigen Niederschlägen zu einem schnell ansteigenden Hochwasser führen.

Die Beschaffenheit der Landoberfläche hat ebenfalls entscheidenden Einfluss über die Abflussbildung.

Folgende Faktoren sind von Bedeutung :

Die Fläche des Einzugsgebiets (ha bzw. km²)

Die Flusslänge (km)

Der Höhenunterschied (m)

Die Art der Fläche (Wald, Acker, Wiese, Vegetation, bebaute respektiv versiegelte Fläche, usw.)

Geländeform (Mulden oder andere Flächen mit Speicherkapazität)

Die Bodenart, Bodendichte, Bodenmächtigkeit

Die Geologie. Im Ösling versickert wenig Wasser durch das wenig durchlässige Schiefergestein

Die Abflusskonzentration in den einzelnen Einzugsgebieten, die sich später vereinen. Je kleiner und steiler das Abflussgebiet ist, umso schneller ist die Konzentrationszeit, d.h. die Zeit, die das Wasser benötigt um vom entferntesten Punkt eines Einzugsgebiets bis zum Pegel zu gelangen

Der Wellenablauf des Hochwassers, d.h. der gesamte Prozess vom Anstieg und Rückgang des Hochwassers, im Gelände wird beeinflusst durch die Beschaffenheit des Flussbetts und den Bedingungen im Tal-Querschnitt. (eng, breit, steil, flach)

Das Aufeinandertreffen von verschiedenen Hochwasserwellen (Wellenüberlagerung) zeitgleich in Mündungsbereichen ergibt höhere Pegelwerte

[B] FACTEURS IMPORTANTS

D'abord il y a lieu d'analyser les influences de la météo susceptibles de provoquer une crue et les précipitations lors de différentes situations atmosphériques :

Die Regenmessstellen sind von besonderer Bedeutung, da sie aktuelle, reell gemessene Werte liefern. Zusätzlich werden die Wetterdienste konsultiert, welche die zuständigen Verwaltungen mit radargestützten, zeitnahen und kurzfristigen Niederschlagsvorhersagen versorgen.

Von großer Bedeutung sind die entwickelten mathematisch-numerischen Modelle zur Berechnung der dynamischen Vorgänge in der Hydrologie und Hydraulik, in der Gewässerüberwachung und Gewässersteuerung.

la pluie

La pluie continue est reliée à un front de nuages et imprègne le sol. Des quantités de pluie de 15-30 l/m² en 24 heures sur un bassin versant d'une rivière augmente le risque de crue dès l'arrivée de nouvelles précipitations car l'eau n'infiltra plus.

la neige

La fonte des neiges en hiver et en printemps provoque un écoulement supplémentaire dont la quantité et le temps sont difficiles à estimer. Un sol gelé ne permet pas d'infiltration et mène souvent à des crues très rapides suite à de fortes précipitations.

La nature de la surface joue un grand rôle. **L'écoulement dépend de :**

surface du bassin versant (ha, resp. km²)

la longueur du cours d'eau (km)

le dénivellation (m)

l'occupation du sol (forêt, champ, prairie, végétation, surface bâtie ou scellée, etc.)

la forme de la surface (dépression ou autres surfaces avec capacité de stockage)

la nature, la densité et l'épaisseur du sol

la géologie. En Oesling, il n'y a presque pas d'infiltration à cause des chistes qui sont peu perméables

la concentration d'écoulement dans les différents bassins versants qui se réunissent en un point. Avec une diminution de la surface et une croissance du dénivellation du bassin versant, le temps de concentration (temps nécessaire de l'eau pour atteindre la station limnimétrique à partir du point le plus éloigné) diminue

l'évolution de la vague de crue, i.e. le processus de la montée et du retrait de la crue, est influencée par la nature du lit du cours d'eau et des conditions du profil de la vallée (étroit, large, raide, plat)

l'addition de vagues provenant de différents sous-bassins (recouvrement de vagues) dans les embouchures engendre des niveaux plus hauts

Les stations pluviométriques sont d'une importance majeure, puisqu'elles livrent des données actuelles et réelles. En plus, les services météorologiques sont consultés. Ils fournissent des prévisions de précipitations à partir des images radar aux administrations compétentes.

Les modèles mathématiques et numériques pour le calcul des événements dynamiques en hydrologie et en hydraulique sont également d'une grande importance pour la surveillance et la guidence des cours d'eau.

[c] WIE KÖNNEN WIR DAS HOCHWASSER «BEKÄMPFEN» UND WELCHE MASSNAHMEN KÖNNEN WIR TREFFEN ?

Jedes Jahr müssen wir erneut mit Hochwasser rechnen, das für die Einwohner oftmals verheerende finanzielle und moralische Folgen hat. In den letzten Jahrzehnten hat der Hochwasserschutz wieder an Bedeutung gewonnen. Es existieren verschiedene Ansatzpunkte, allen voran die Senkung des maximalen Wasserspiegels. Allen Maßnahmen zum Trotz werden Hochwässer auch in Zukunft nicht immer zu vermeiden sein.

: Natürlicher Rückhalt

An den meisten Bächen und Flüssen besteht kein Handlungsbedarf. Dem Wasserlauf werden die nötigen Ausbreitungsflächen an seinen Ufern als Speicherraum und der Bewuchs zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeit belassen.

:: Technische Schutzmaßnahmen

Wo Siedlungen, Verkehrswege und andere Einrichtungen von Überschwemmungen bedroht sind, verbleiben oft nur die technischen Schutzmaßnahmen, die auf ein 100-jähriges Hochwasser bemessen werden. Diese bieten jedoch auch keinen absoluten Schutz.

Das Errichten von **Deichen, Poldern und Mauern** ist eine klassische Maßnahme gegen Überschwemmungen.

Eine andere Möglichkeit bietet der **Ausbau des Flussbetts und der Ufer** um die Abflussskapazität zu erhöhen.

Ist innerhalb von Orten eine positive Maßnahme unmöglich, so kann mittels **Talsperren oder Hochwasserrückhaltebecken** (in Welscheid) ein Resultat erreicht werden. Hierzu gehört z.B. das Staubecken in Esch-Sauer, das in den Wintermonaten neben den anderen Funktionen, die eine Talsperrenanlage erfüllt, dem Hochwasserschutz vorrangig dient. Sie bieten einen wirksamen Schutz für die unterliegenden Tal-Räume und Siedlungen.

Die Schaffung von **Kompensationsräumen** ist auch eine Maßnahme zur Wasserspiegelensenkung, die jedoch viel Entgegenkommen der Eigentümer voraussetzt.

Eine sehr gute Maßnahme für das Auffangen von Sommerniederschlägen ist die Errichtung von **Kanalrückhaltebecken** und **Kanalstauräumen** in den Abwasserkanälen, die den Schmutzwasseraufenthalt verzögern und den Wasserlauf somit schützen.

[c] LUTTE CONTRE LES CRUES ET MESURES À PRENDRE

Chaque année, il faut se préparer à affronter une nouvelle crue avec des conséquences financières et morales néfastes pour les habitants. La prévention des crues a repris d'importance dans les dernières décennies. Parmi toutes les différentes possibilités, la première priorité est la baisse du niveau d'eau maximal. Mais des crues ne sont pas évitables dans l'avenir.



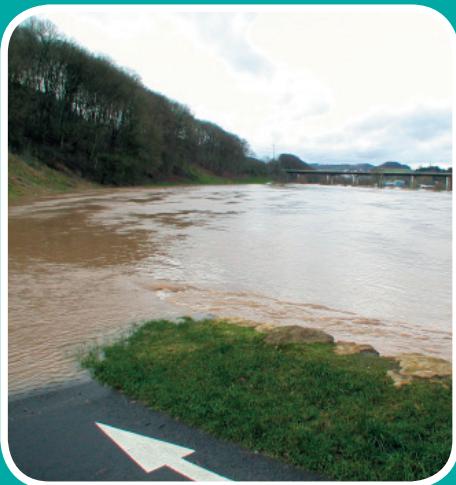
Technischer Schutz



Protection technique

Hochwasserrückhaltebecken

Bassin de rétention



Kompensationsraum

Mesure de compensation

:: Mesures de protection techniques

Des mesures de protection techniques sont utilisées aux endroits où des quartiers résidentiels ou d'autres établissements sont en danger. Ces mesures de protection techniques ne garantissent pas une sécurité absolue.

Par la suite plusieurs mesures de protection techniques sont présentées.

La construction de **digues et murs** est une mesure classique pour la lutte contre les crues.

Une autre possibilité est **l'élargissement du lit et des talus** pour augmenter la capacité d'écoulement.

*Si aucune mesure n'est possible à l'intérieur des villages, on peut aussi améliorer la situation moyennant la construction de **barrages ou de bassins de rétention** (à Welscheid). Le barrage d'Esch-sur-Sûre sert, parmi d'autres fonctions, de réservoir pour la protection contre les crues pendant les mois d'hiver. Il diminue considérablement les crues pour les villages et les régions en aval.*

*La création de **mesures de compensation** pour la diminution du niveau d'eau ne peut être réalisée qu'en collaboration avec les propriétaires.*

*La construction de **bassins et de barrages de rétention dans les égouts** est une mesure très efficace pour ralentir les eaux lors de précipitations orageuses. Ils retardent l'apport des eaux usées et protègent les cours d'eau puisque les stations d'épurations ne sont pas surchargées.*

: Retenue naturelle

La plupart des cours d'eau ne nécessitent pas d'intervention. Les surfaces inondables aux bords (capacité de stockage) et la plantation (pour la réduction de la vitesse d'écoulement) ne sont pas touchées.

[D] VORSORGE

Bei allen positiven Wirkungen für Siedlungen und Wirtschaftsflächen hat der technische Hochwasserschutz den Nachteil, dass es immer wieder ein Hochwasser geben kann, das höher als die Schutzbauten ist.

_Die wirksamste Vorsorge ist der **Verzicht auf Bebauung** in Überschwemmungsgebieten. Ist dies unmöglich, so müssen wasser-unempfindliche Materialien benutzt werden. Keller und Erdgeschoss sollten geringwertig genutzt werden bzw. schnell zu räumen sein.

_Die Gemeinden sollten **Kompensationsräume** vorsehen, die nicht hochwertig genutzt werden, um den Wassermassen die Möglichkeit des Ausuferns zu geben.

_Etliche Überschwemmungsschäden an Bauwerken lassen sich durch **gute Bauvorsorge** vermeiden, indem die gesamte Bauweise darauf ausgerichtet wird.

Ein Restrisiko verbleibt immer, selbst wenn alle Vorkehrungen optimal getroffen wurden. Versicherungen haften kaum, staatliche Subventionen können eventuell zur Milderung der größten Not gewährt werden.

Die Verhaltensvorsorge der Bürger muss dahin zielen, dass eine erkannte Gefahr nur eine halbe Gefahr ist. Es bleibt meistens Zeit, um Vorkehrungen zur Abwehr oder Verhinderung von Schäden zu treffen.

Der Hochwassernachrichtendienst der Verwaltung für Rettungsdienste und der Schifffahrtsbehörde, sowie die Fachleute des Wasserwirtschaftsamtes verfolgen die Hochwassereignisse und geben relevante Informationen weiter (Telefon, Internet, Fernsehen, Radio, Presse).

[E] MÖGLICHE FOLGEN EINES STARKREGEN-EREIGNISSES UND IHR ENTGEGENWIRKEN

Durch Niederschläge von hoher Intensität besteht, vor allem in vegetationsarmen Gebieten, die Gefahr der Entstabilisierung der Bodenoberfläche. So kann es beispielsweise zu Hangrutschungen und Steinschlag kommen. Vegetation festigt die Oberfläche durch ihr Wurzelwerk erheblich und beugt so Erdrutschen vor. Des Weiteren wird der, beispielsweise auf eine Waldfäche fallende Regen, zum Teil sofort von den Baumkronen wieder verdunstet. Die Baumkronen wirken wie ein Dach, der Regen trifft zeitversetzt auf den Boden. So wird der Abfluss verzögert und die Spitze abgeschwächt.

[b] PRÉVENTION

A part tous les effets positifs pour les villages et les surfaces agricoles, les mesures de protection techniques peuvent être surmontées par des crues exceptionnelles. La prévention est plus efficace.

_La mesure la plus efficace est la renonciation à des constructions dans les zones inondables. Si cela est impossible, des matériaux de construction insensibles à l'eau doivent être utilisés. En plus, les caves et les rez-de-chaussés sont à aménager de façon simple à évacuer.

_Les communes devraient prévoir des surfaces de rétention pour permettre au cours d'eau de déborder.

_Beaucoup de dégâts aux bâtiments dus à des crues peuvent être évités par une bonne prévention lors de la construction.

_Même si toutes les mesures de prévention sont prises, tout risque ne peut pas être exclu. Dans la plupart des cas

les assurances ne prennent pas en charge les dégâts. Des subventions de l'Etat peuvent éventuellement être accordées afin de modérer la plus grande misère.

_Les citoyens doivent savoir que la connaissance du danger permet d'anticiper les conséquences néfastes. Normalement ils disposent d'assez de temps pour prendre des précautions afin d'éviter des dégâts importants.

_Les services de presse des crues de l'Administration des Services de Secours et du Service de la Navigation ainsi que les experts de l'Administration de la Gestion de l'Eau surveillent l'évolution des crues et informent les citoyens par téléphone, internet, télévision, radio et par voie de presse.

[e] CONSÉQUENCES DE FORTES PRÉCIPITATIONS ET INTERVENTIONS

Des précipitations de forte intensité peuvent déstabiliser le sol, avant tout dans des régions pauvres en végétation. Elles peuvent provoquer des glissements de terrains et des chutes de pierres. Les racines stabilisant le sol consistent une bonne prévention contre les glissements terrestres. En plus, le feuillage évapore immédiatement

une partie de la pluie tombant sur une forêt. Le feuillage sert de toit et retarde la pluie avant qu'elle ne tombe sur la terre. Par conséquent l'écoulement est retardé et le pic de crue est affaibli.

|07_Etiages

[A] ORIGINE

Des étiages se produisent normalement seulement en été dans nos régions suite à une période de sécheresse. Après une période de sécheresse étendue, le niveau d'eau souterraine baisse et les nappes souterraines n'alimentent plus les cours d'eau.



|07_Niedrigwasser

[A] ENTSTEHUNG

Niedrigwässer kommen fast ausschließlich im Sommer und Frühherbst nach einer längeren Trockenperiode vor. Fällt über einen längeren Zeitraum nur wenig Regen, sinkt der Grundwasserspiegel und gibt weniger Wasser an die Bäche und Flüsse ab. Demzufolge sinkt ihr Wasserstand ebenfalls und es kann schlimmstenfalls zu einer Austrocknung des Bachbettes kommen.

[B] PROBLÈMES

Les cours d'eau sont utilisés comme déversoirs des conduites d'écoulement des stations d'épuration. Par conséquent, le cours d'eau est enrichi en nutriments, principalement les nitrates et les phosphates. En période de basses eaux, l'effet de dilution est très faible et l'apport de nutriments peut provoquer une croissance extrême des algues. Cette floraison induit une diminution importante de l'oxygène dans l'eau pouvant aller jusqu'à une eutrophisation du cours d'eau, augmentant la mortalité des poissons. En plus,



la profondeur de l'eau peut diminuer en-dessous du niveau critique pour les poissons et peut influencer la faune aquatique de manière considérable. L'augmentation de la température du cours d'eau en raison d'un niveau d'eau très bas affecte de manière non négligeable quelques sortes de poissons d'eau froide.

[D] PROBLEME

Bäche und Flüsse werden vom Menschen als Vorfluter für den Ablauf von Kläranlagen genutzt. Dadurch werden dem Gewässer Nährstoffe, u.a. Phosphat und Nitrat, zugeführt. Führt das Gewässer nur wenig Wasser, ist der Verdunstungseffekt sehr gering und die Nährstoffzufuhr kann ein extremes Algenwachstum hervorrufen. Durch diese Algenblüte kann der Sauerstoffgehalt des Gewässers so stark sinken, dass es zu Fischsterben kommt. Des Weiteren kann die Wassertiefe unter das, für Fische notwendige,

ge, kritische Niveau sinken und so ebenfalls die Fauna des Gewässers wesentlich beeinflussen. Einen nicht unwesentlichen Effekt hat ebenfalls die, durch den niedrigen Wasserstand bedingte, Erwärmung des Gewässers, worauf manche Kaltwasserfischarten ebenfalls sehr empfindlich reagieren.

| 08_Renaturation

[B] DÉFINITION

L'expression renaturation caractérise la retransformation d'un cours d'eau artificiellement modifié en un cours d'eau à caractère naturel. Dans le passé, les cours d'eau étaient utilisés pour un dégagement rapide des eaux usées. Afin de bien pouvoir accomplir cette mission, les fonds étaient rendus plus lisses et les cours d'eau rectifiés (i.e. la réduction de la longueur du cours d'eau) pour augmenter la vitesse d'écoulement et pour obtenir ainsi un dégagement plus rapide de ces eaux usées. Afin d'empêcher le cours d'eau de méandrer, les talus étaient renforcés. Une renaturation permet au cours d'eau de former à nouveau des méandres et des îles et de chercher son propre chemin, de même que de former sa végétation naturelle. En plus des zones inondables, qui permettent au cours d'eau de s'élargir en cas de crue, sont redéfinies.

[B] MOTIVATION

Le retour à un état naturel est la condition nécessaire pour répondre aux exigences d'un grand nombre d'animaux et de plantes. Malheureusement le retour n'est pas possible sur tout le parcours du cours d'eau et les renaturations ne restent que des améliorations ponctuelles. Une renaturation aide à augmenter l'auto-épuration et améliore donc la qualité de l'eau.

| 08_Renaturierung

[A] DEFINITION

Der Begriff Renaturierung steht eigentlich ausschließlich für die Rückführung eines ausgebauten Gewässers in einen natürlichen, bzw. sehr naturnahen Zustand. In vergangenen Tagen dienten die Gewässer der schnellen Abfuhr von Abwässern. Folglich wurde die Rauhigkeit (Unebenheiten) der Gewässersohle herabgesetzt und das Gewässer begradigt (d.h. die Fließstrecke verkürzt) um die Wassergeschwindigkeit zu erhöhen. Um das Gewässer am Mäandrieren (Schlängeln) zu hindern, wurden die Ufer befestigt. Durch eine Renaturierung soll dem Gewässer wieder ermöglicht werden, Mäander und Inseln auszubilden und sich seinen Flusslauf selber zu suchen, sowie seine natürliche Vegetation auszubilden. Es werden ebenfalls wieder Überschwemmungsbereiche hergestellt, um dem Gewässer im Hochwasserfall die Möglichkeit zu geben, sich auszubreiten.



[B] MOTIVATION

Der Rückbau in einen naturnahen Zustand ist die Voraussetzung für eine Fülle an Tieren und Pflanzen und ermöglichen dem aufmerksamen Betrachter mannigfache Eindrücke durch ihre Lebendigkeit in farbiger Formenvielfalt. Leider kann dieser Rückbau nur auf Teilstrecken der Gewässer verwirklicht werden. Auf diese Weise werden lediglich punktuelle Situationsverbesserungen erreicht. Durch eine Renaturierung wird die Selbstreinigungskraft der Gewässer ebenfalls erhöht, was der Wasserqualität zugute kommt.



| 09_Fisch-durchgängigkeit

Bauliche Maßnahmen wie Wehre, Schleusen, Dämme, Verrohrungen und Verengungen mit einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit beeinträchtigen die Fischdurchgängigkeit der Gewässer. Diese Hindernisse bewirken oft, dass die Fische ihre flussaufwärts liegenden Laichplätze nicht erreichen können. Um dem entgegenzuwirken sollen Hindernisse, soweit möglich, entfernt werden, anderenfalls sollen Fischtreppen oder Sohlgleiten errichtet werden.

| 09_Libre passage des poissons

La libre migration de la faune aquatique est entravée par une multitude d'obstacles, notamment par des barrages et cascades, des passages en tuyauteries, des rétrécissements avec une accélération des eaux, etc.. Ces obstacles empêchent souvent la remontée de frai et la dévalaison de poissons. Afin d'éviter ces perturbations, les obstacles sont à enlever si possible, sinon des passages à poissons sont à prévoir.



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
Administration de la Gestion de l'Eau



51, rue de Merl • L-2146 Luxembourg
Tél.: 26 02 86 -1

www.waasser.lu

édition 2005