



Kleinwasserkraft
Österreich



Unterrichtsmaterialien zum Thema

Kleinwasserkraft

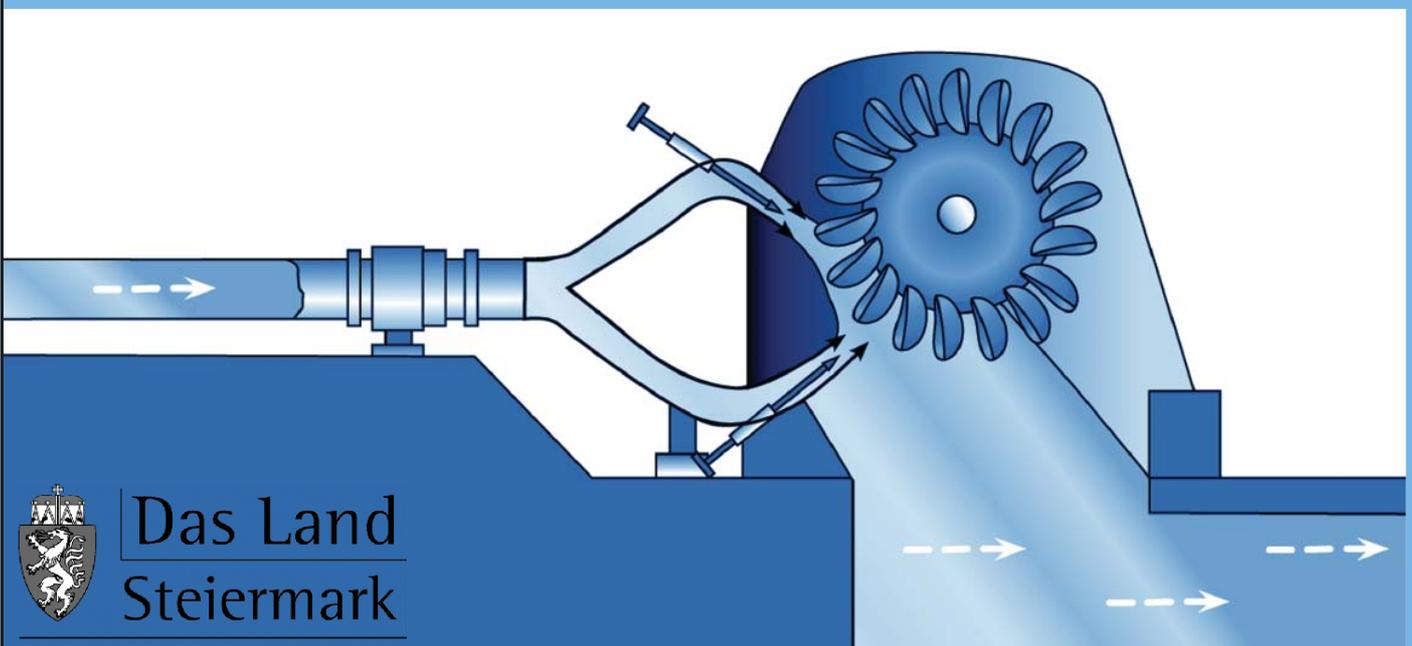
Steiermark

Erneuerbare Energien

Wasserkraft und Ökologie

Rahmenbedingungen

Kleinwasserkraftnutzung



Impressum

Unterrichtsmaterialien zum Thema "Kleinwasserkraft Steiermark"

1. Auflage, April 2010

Medieninhaber, Verleger, Herausgeber:

Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark
A-8010 Graz, Brockmannngasse 53
www.ubz-stmk.at

Autoren:

Dr. Uwe Kozina
Dr. Otmar Winder

fachliche Unterstützung:

Mag. Barbara Friehs
Dipl.Ing. Martina Prechtl

Lektorat:

Monika Lakonig

Layout:

Dr. Uwe Kozina

Druck:

Eigenvervielfältigung

Erstellt im Rahmen des Projekts "Kleinwasserkraft Steiermark".

Projektträger: Kleinwasserkraft Österreich, A-1010 Wien, Museumstraße 5

Projektpartner: Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark, A-8010 Graz, Brockmannngasse 53

Projektauftraggeber: Amt der Stmk. Landesregierung, Fachabteilung 17C (Technische Umweltkontrolle) sowie Fachabteilung 19A (Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft)

Inhaltsverzeichnis

1. Erneuerbare Energien	5
2. Wasserkraftwerke	11
2.1. Arten von Wasserkraftanlagen	
2.2. Teile einer Wasserkraftanlage und die Funktionsweise	
2.2.1. Turbinentypen	
3. Wasserkraft und Ökologie	25
3.1. Einwirkungen auf die Morphologie eines Fließgewässers	
3.2. Möglichkeiten zur Minimierung von Eingriffen in die Gewässerökologie	
3.2.1. Kontinuumsunterbrechung	
3.2.2. Restwasser	
3.2.3. Stau	
3.2.4. Strukturmaßnahmen	
4. Gesetzliche Rahmenbedingungen für Wasserkraftwerke	31
4.1. EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen	
4.2. Relevante Bundesgesetze	
4.2.1. Wasserrechtsgesetz (WRG)	
4.2.2. Ökostromgesetz (ÖSG)	
4.3. Relevante Rahmenbedingungen des Landes Steiermark	
4.3.1. Naturschutzgesetz	
4.3.2. Energiestrategie Steiermark 2025	
4.4. Bewilligungsverfahren für Wasserkraftwerke	
5. Kleinwasserkraftnutzung	37
5.1. Die Elektrifizierung der Steiermark	
5.2. Kleinwasserkraftwerke in der Steiermark	
5.3. Der Verein „Kleinwasserkraft Österreich“	
6. Glossar	43
7. Literatur & Links	47
Anhang	49

Vorwort

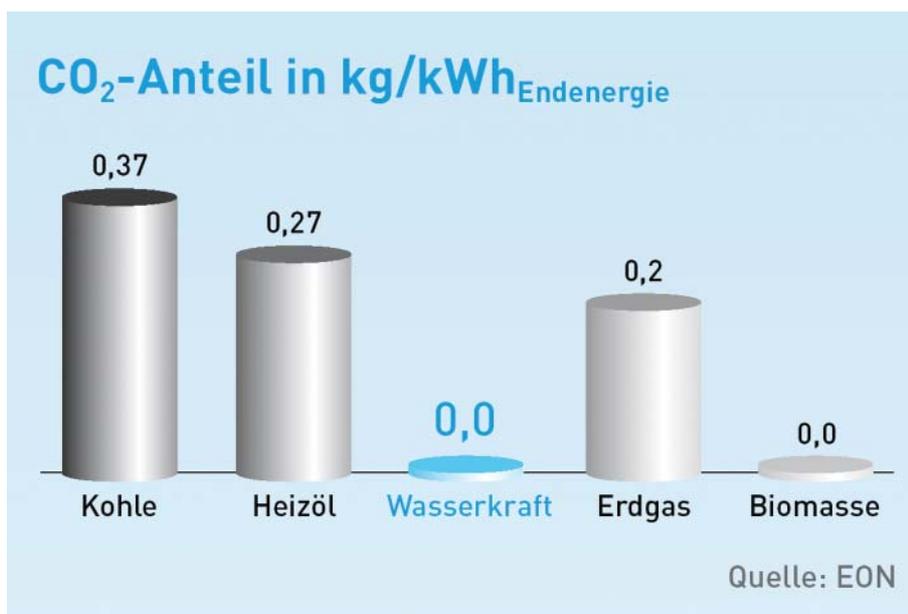
Österreich ist in der glücklichen Lage, über ausreichend Wasser zu verfügen. Wasser ist nicht nur Lebensraum für unzählige Tier- und Pflanzenarten, sondern auch Lebensmittel und Basis für die Produktion von Nahrungsmitteln. Wasser ist aber auch eine unersetzliche, nahezu unerschöpfliche und vor allem heimische Energiequelle.

Jahrhundertlang wurde an heimischen Gewässern die Kraft des Wassers für Mühlen, Sägen oder Hammerwerke genutzt. Aus Wasserkraft wird aber auch elektrische Energie gewonnen. Dabei werden im Gegensatz zu fossilen Energiequellen keine Emissionen erzeugt, wodurch ein bedeutender Beitrag gegen den Klimawandel geleistet wird.

Wasserkraftwerke gibt es in der Steiermark seit mehr als 100 Jahren, viele davon gelten als Kleinwasserkraftwerke. Die dezentralen Anlagen sind vielfach Motor der regionalen Wirtschaft. Revitalisierung und Modernisierung von Altanlagen, aber auch der Neubau von Anlagen sorgen immer wieder für Diskussionen in der Bevölkerung. Die Ursache dieser Diskussionen liegt zumeist in den Auswirkungen von Wasserkraftanlagen auf die Bäche und Flüsse.

Diese Unterrichtshilfe soll einige Hintergrundinformationen bieten und das Thema Kleinwasserkraft für die Umsetzung im Regel- und Projektunterricht aufbereiten.

Die Autoren





Erneuerbare Energien

1. Erneuerbare Energien (Alternativ-Energien, regenerative Energien)

Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern und Kernbrennstoffen, deren Vorräte durch menschlichen Verbrauch immer weniger werden, bilden sich erneuerbare Energien kontinuierlich nach, sind immer verfügbar und werden daher als nachhaltige Energien bezeichnet.

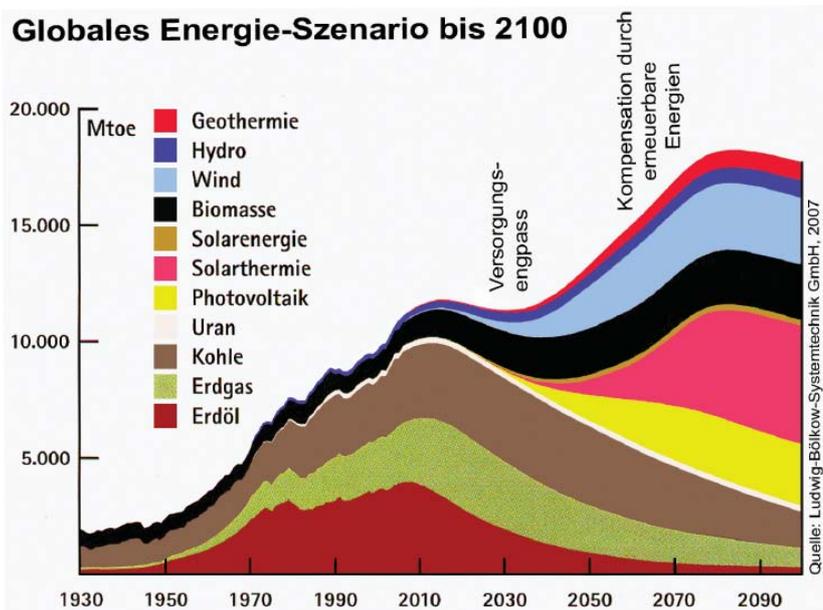
Die Quellen der erneuerbaren Energien sind die Sonnenstrahlung, die Wärme im Erdinneren sowie die Gravitation der Erde – jeweils mit den damit verbundenen Effekten. Wir verwenden diese Energiequellen in Form von

Sonnenenergie (Photovoltaik und Solarthermie), Windenergie, Wasserkraft, Bioenergie sowie Erdwärme. Unter der Nutzung von erneuerbaren Energien verstehen wir den Prozess der Energieumwandlung (zB. Erzeugung von Elektrizität), ohne dass dabei begrenzt vorhandene Ressourcen (Kohle, Erdöl, Erdgas, Uran) verbraucht werden.

Am Beispiel **Bioenergie** ist dieser Prozess am besten zu verstehen: Die Sonne als Hauptenergielieferant der Erde ist für fast alle Prozesse der Biosphäre verantwortlich. Dazu zählt auch die Produktion von Biomasse (also organischer Substanz, die durch Photosynthese aus Kohlendioxid und Wasser unter Verwendung von Sonnenlicht gebildet wird). Jegliche organische Substanz wird aber wieder durch Verwesung und Verrottung der Biosphäre zurückgeführt – es wird das zuvor gebundene Kohlendioxid CO_2 wieder freigesetzt. Nichts anderes passiert beim Verbrennen von Biomasse für Heiz-, Antriebs- oder Stromproduktionszwecke. Biomasse (Holz bzw. Holzreste, Stroh ua. Energiepflanzen, Pflanzenöl, Biodiesel, Biogas, Ethanol) ist also CO_2 -neutral, wenngleich die für den Transport und die Aufbereitung zusätzlich aufgewendete Energie berücksichtigt werden muss. Biomasse

wird in Österreich traditionell zur Erzeugung von Raumwärme und Prozesswärme (zB. in der Sägeindustrie, Papier- und Zellstoffindustrie, holzverarbeitenden Industrie) verwendet. Seit einigen Jahren wird Biomasse auch in der Stromerzeugung eingesetzt, meist in Form einer Kraft-Wärme-Kopplung, bei der auch das Warmwasser für Heiz- bzw. für gewerbliche/industrielle Zwecke genutzt wird.

Globales Energie-Szenario bis 2100





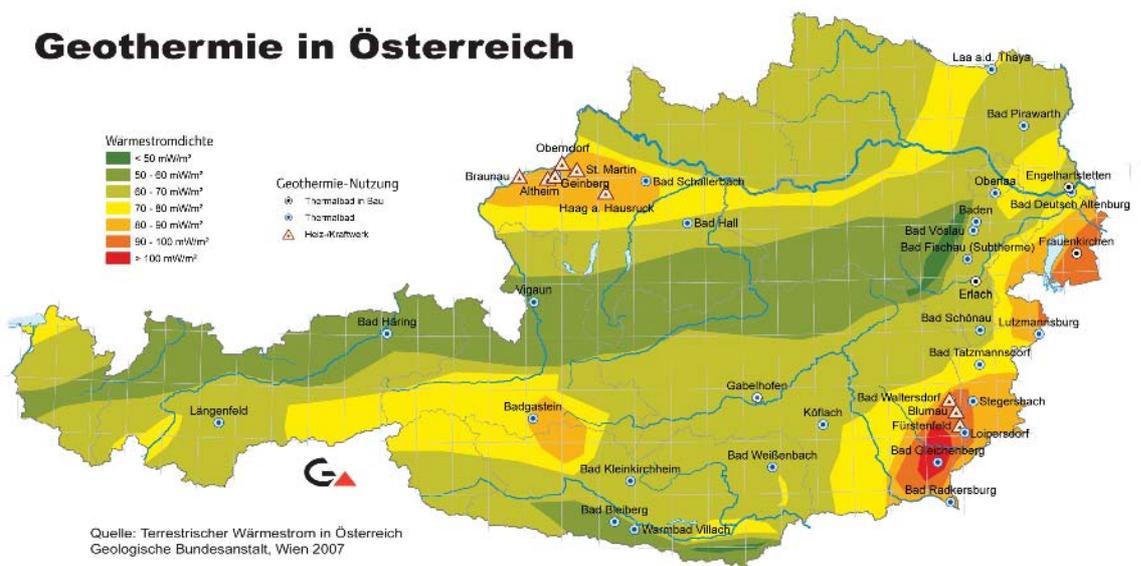
Die **Windenergie** wird indirekt durch die Einstrahlung der Sonnenenergie auf die Erdoberfläche hervorgerufen. Es handelt sich um die kinetische Energie der bewegten Luftmassen der Atmosphäre: Durch verschiedene Breitengrade, den Tag-/Nacht-Wechsel sowie durch die unterschiedliche Erwärmung von Wasser- und Landmassen kommt es zu Temperatur- und Luftdruckunterschieden, zu Hoch- und Tiefdruckgebieten. Die ausgleichenden Luftströmungen erzeugen Winde und Stürme. Windenergie wird vom Menschen seit langem genutzt, etwa für den Antrieb von Segelschiffen oder für Ballonfahrten, aber auch für Windmühlen. Besonders an Küsten sowie in windreichen Ebenen (in Österreich beispielsweise im Burgenland), vereinzelt auch in Gebirgsregionen werden heute Windströmungen für die Alternativenergie-Nutzung verwendet. Windkraftanlagen und Windparks prägen auch in Österreich das Landschaftsbild (österreichweit gibt es bereits mehr als 600 Windkraftanlagen – Stand 2009). Da Winde nicht kontinuierlich verfügbar sind, kann

die mit Windenergieanlagen gewonnene elektrische Energie nur im Verbund mit anderen Energiequellen optimal genutzt werden. Das Thema der Energiespeicherung hat im Zusammenhang mit der Windenergienutzung besondere Bedeutung.

Als **Geothermie (= Erdwärme)** wird die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme bezeichnet. Sie kann direkt zum Heizen oder Kühlen (oberflächennahe Geothermie) mittels Wärmepumpen genutzt werden, aber auch zur Erzeugung von elektrischem Strom dienen. Tiefe Geothermie nutzt den Temperaturanstieg von 12-15° C pro 1.000 Meter Eindringtiefe. Auch Vulkanaktivitäten werden für die Stromerzeugung herangezogen, wobei mehrere hundert Grad Celsius heiße Fluide (Wasser/Dampf-Gemisch) in Generatoren verwendet werden. Die Geothermienutzung in Österreich begann 1978 in Bad Waltersdorf, wo heute das Thermalwasser

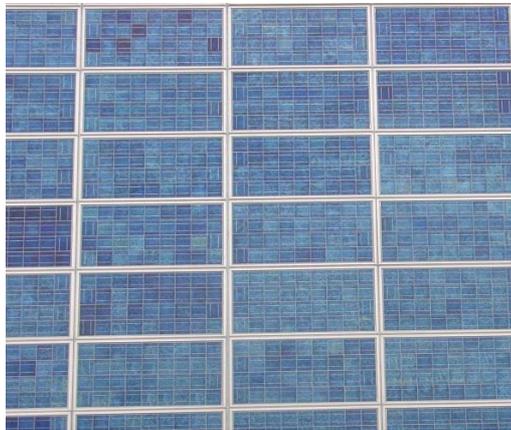
nicht nur für den Kur- und Badebetrieb, sondern auch für die Beheizung von Betrieben verwendet wird. Eigentlich ist die Nutzung dort auf einen missglückten Versuch bei den

Geothermie in Österreich



Bohrungen nach Erdöl zurückzuführen. Statt Erdöl fand man eine heiße Quelle, die zunächst für die Beheizung von Kindergarten, Schule und Freibad genutzt wurde. Das Geothermiepotenzial in Österreich ist nur teilweise erforscht.

Als **Solarenergie (= Sonnenenergie)** wird jene Energie bezeichnet, die als elektromagnetische Strahlung zur Erde gelangt. Die Intensität der Sonneneinstrahlung beträgt an der Grenze der Atmosphäre etwa 1.367 kW/m^2 (als Solarkonstante bezeichnet). Ein Teil dieser Strahlung wird reflektiert bzw. von der Atmosphäre absorbiert, auf die Erdoberfläche treffen weltweit im Tagesdurchschnitt noch immer rund 165 kW/m^2 auf. Mit Hilfe von Solartechnik lässt sich Sonnenenergie auf verschiedene Weise nutzen: in Sonnenkollektoren (zB. für Heizzwecke oder Warmwasserbereitung), für Sonnenwärmekraftwerke (erzeugen elektrischen Strom durch Wasserdampf), mit Solarzellen



wird direkt elektrischer Gleichstrom erzeugt (= Photovoltaik), in Solarkochern bzw. Solaröfen werden Speisen erhitzt. Letztendlich sind aber auch die Nutzung von Pflanzen (siehe Biomasse) sowie die Wasserkraft auf die Sonneneinstrahlung zurückzuführen. In Österreich hat die Nutzung der Solarenergie in den vergangenen Jahren einen regelrechten Boom erlebt. Gerade beim Hausbau erfreuen sich thermische Sonnenkollektoren sowie Photovoltaik-Anlagen zunehmender Beliebtheit und bilden für Jedermann eine attraktive Möglichkeit zur Eigenenergieversorgung.

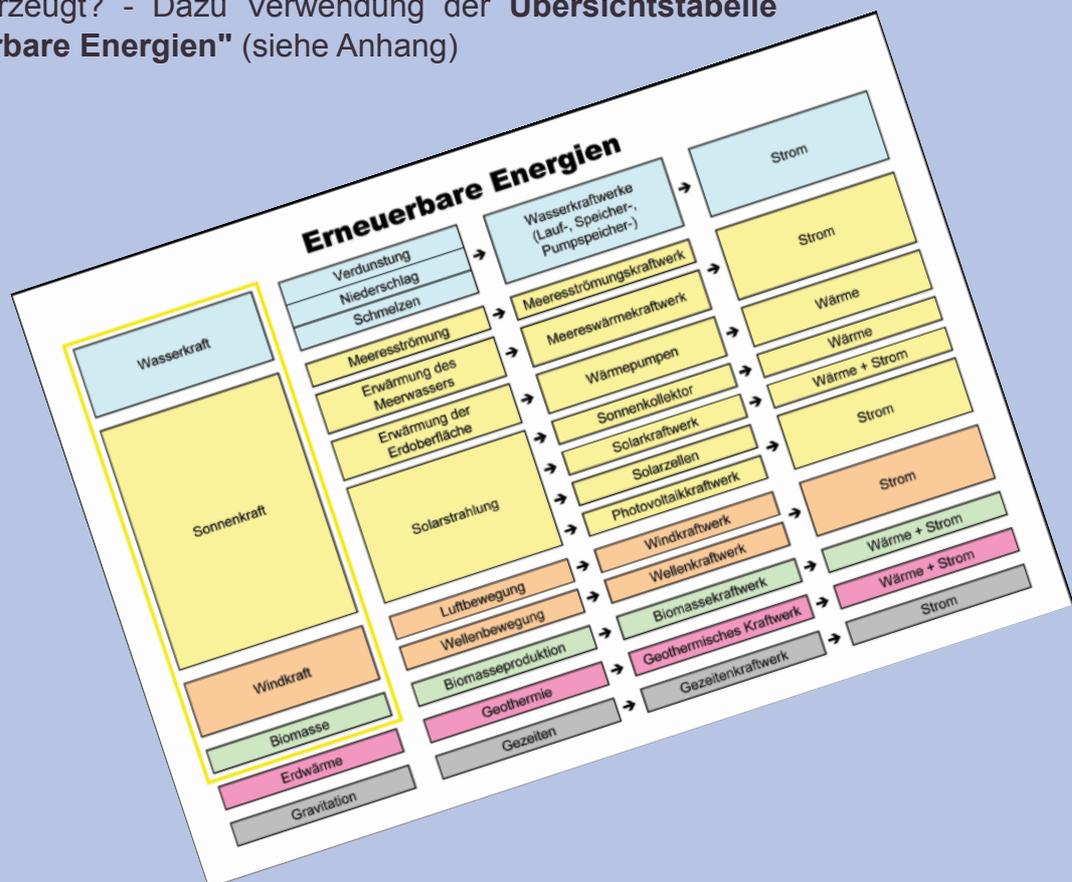
Als **Wasserkraft (= Hydroenergie)** wird die Strömungsenergie des fließenden Wassers bezeichnet. Schon seit Tausenden von Jahren wird diese Energieform vom Menschen genutzt, früher direkt für den Betrieb von Mühlen oder Sägen, heute überwiegend für die Erzeugung elektrischer Energie in Wasserkraftwerken. Die Lageenergie (potenzielle Energie) des Wassers wird beim nach unten Fließen in Bewegungsenergie (kinetische Energie) umgewandelt und in weiterer Folge durch den Generator in elektrische Energie. In Österreich werden rund 60 % der elektrischen Energie in Wasserkraftwerken (Laufkraftwerken, Speicherkraftwerken) gewonnen. In anderen Ländern wird auch die Strömungsenergie, die Wellenenergie sowie die Gezeitenenergie des Meerwassers genutzt.

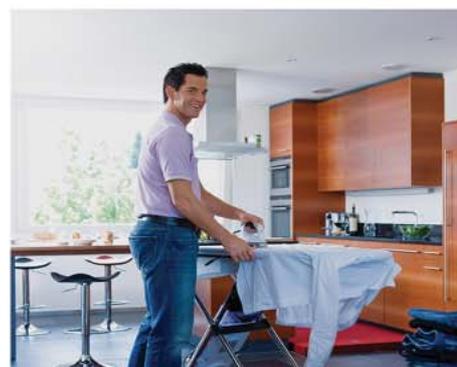




Vorschläge für die Unterrichtspraxis

- o **Schülerarbeitsblatt** "Mit einer Kilowattstunde (kWh) kann man ...":
Die SchülerInnen sollen folgende Beispiele richtig zuordnen und anschließend die Fakten diskutieren (Vergleich mit dem eigenen Haushalt):
... eine 40 Watt-Glühbirne 25 Stunden brennen lassen!
... eine 8 Watt-Energiesparlampe 125 Stunden brennen lassen!
... ein Mittagessen für 4 Personen kochen!
... 3-4 kg Wäsche mit einem 60° C Normal-Waschgang waschen!
... 7 Jahre lang 3x täglich die Zähne putzen!
... 30 Liter Wasser für ein Duschbad auf 37° C erwärmen!
... bis zu 12 Stunden fernsehen (je nach Gerät!)
... 3-4 Stunden Wäsche bügeln (je nach Temperaturwahl)!
- o Besprechen der verschiedenen erneuerbaren Energien: Welche physikalischen Kräfte werden genutzt? Wie heißen die Kraftwerke? Was wird in diesen erzeugt? - Dazu Verwendung der **Übersichtstabelle "Erneuerbare Energien"** (siehe Anhang)





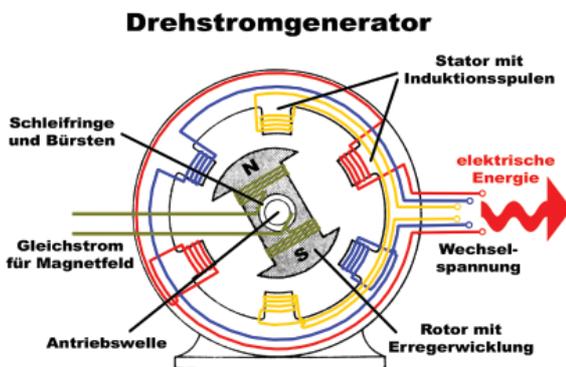
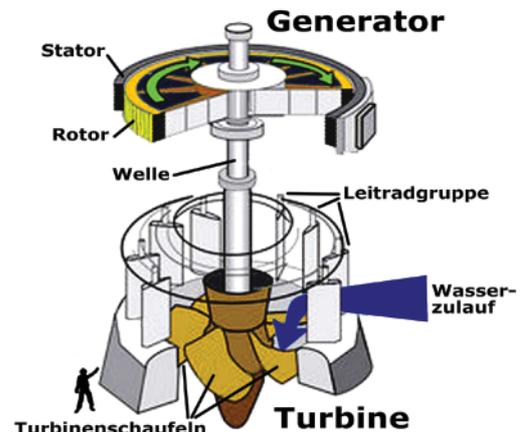


Wasserkraftwerke



2. Wasserkraftwerke

Ein Wasserkraftwerk ist eine technische Anlage, welche die mechanische Energie des Wassers in elektrische Energie umwandelt. Durch verschiedene Stauanlagen (Staumauern, Staudämme, Wehranlagen, Talsperren ...) wird das Wasser auf möglichst hohem Niveau zurückgehalten und dann durch Stollen oder Rohrleitungen auf Turbinen (bzw. Wasserräder) übertragen. Die Turbinen werden in eine Drehbewegung mit hohem Drehmoment versetzt und leiten dieses über eine Welle (oder ein Getriebe) an den Generator weiter, in dem dann Strom erzeugt wird.

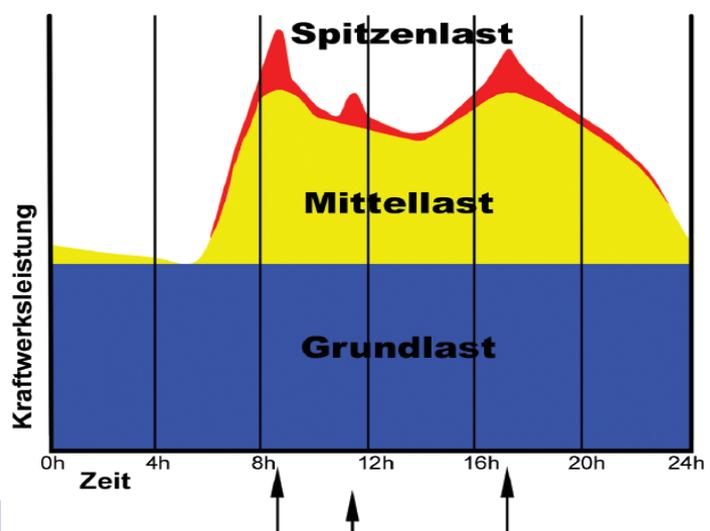


Die Energie, die dem Wasser innewohnt und für die Stromproduktion genutzt werden kann, ergibt sich im Wesentlichen aus der Wassermenge und der Fallhöhe des Wassers. Wasserkraftwerke werden daher bevorzugt im Mittel- und Hochgebirge sowie an großen Flüssen errichtet, um durch großen Höhenunterschied bzw. Durchfluss die Produktion zu erhöhen.

2.1. Arten von Wasserkraftanlagen

Je nach Nutzgefälle oder Fallhöhe (so wird der Höhenunterschied zwischen dem Wasserspiegel oberhalb und unterhalb der Turbine bezeichnet) und dem Verhältnis von Wassermenge zu Fallhöhe unterscheiden wir drei Kraftwerkstypen:

- o **Niederdruckkraftwerke:** mit „viel Wasser“ und kleiner Fallhöhe (unter 15 m). In diesem Bereich kommen meist Kaplan- und Durchströmturbinen zum Einsatz. In der Regel dienen diese Kraftwerke zur Bereitstellung von Grundlaststrom.
- o **Mitteldruckkraftwerke:** mit einer Fallhöhe zwischen etwa 15 - 50 m. Vorzugsweise kommen in diesem Bereich Francis- oder Kaplan turbinen zum Einsatz, erzeugen Mittellaststrom.
- o **Hochdruckkraftwerke:** mit einer großen Fallhöhe (über 50 m), wo auch kleinere Abflussmengen beträchtliche Leistungen ergeben können. Das ist vor allem der Einsatzbereich für Francis- und Pelton turbinen; erzeugen Spitzenlaststrom.



Die positiven Effekte der Wasserkraftnutzung sind anerkannt und die Wasserkraftwerkstechnologie erzielt einen hohen Wirkungsgrad, da bis zu 90 % der nutzbaren Wasserkraft in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Die Kraftwerksleistung (P) ist abhängig vom Wasserdurchfluss (Q) (in m³/s) und der Fallhöhe (h) (in m) sowie von den Wirkungsgraden (η) des Zulaufs, der Wasserturbine, des Getriebes, des Generators sowie des Transformators.

Die Leistungen liegen zwischen wenigen Kilowatt (bei Kleinstwasserkraftanlagen) bis zu 18.000 Megawatt (Drei-Schluchten-Damm in China).



Kleinstwasserkraftwerk Trattenbach mit 31,5 kW

Unterscheidung nach der Betriebsart

- o **Laufwasserkraftwerk:** Sie nutzen das Wasser dargebotsabhängig, das heißt der im Jahresverlauf schwankenden Wasserführung folgend.
- o **Speicherkraftwerk:** Sie sammeln den unregelmäßigen Zufluss eines Tages, einer Woche oder eines Jahres in Speicherbecken, von wo aus Betriebswasser je nach Erfordernis bedarfsabhängig, das heißt dem momentanen Strombedarf angepasst, den Turbinen zugeleitet wird.
- o **Pumpspeicherkraftwerk:** ist ein Speicherkraftwerk, bei dem mit überschüssigem Strom Wasser aus Niederungen in hoch gelegene Stauseen gepumpt wird, um später bedarfsabhängig Spitzenstrom erzeugen zu können.

Näherungsberechnung:

$$g \cdot \rho \cdot \eta \approx 7 \text{ kN / m}^3$$

$$\text{Formel: } P = Q \cdot h \cdot 7 \text{ kN / m}^3$$

Rechenbeispiel: Über die Turbine eines Speicherkraftwerks mit einer Fallhöhe von 100 m strömen pro Sekunde 3 m³ Wasser. Damit ergibt sich eine Leistung von:

$$P = 3 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 100 \text{ m} \cdot 7 \text{ kN/m}^3 \\ \rightarrow 2.100 \text{ kW (2,1 MW)}$$

Unterscheidung nach Bauart und Anlagenkonzept

- o **Staukraftwerke:** Hier wird durch ein Querbauwerk das Wasser aufgestaut, der Oberwasserspiegel somit künstlich gehoben, um die nötige Fallhöhe herzustellen. Das Krafthaus mit den Maschinen liegt in diesem Fall unmittelbar neben der Wehranlage.
- o **Ausleitungskraftwerke:** Hier wird das Betriebswasser mithilfe einer Wehranlage dem Gewässer entnommen und in einem seitlichen Triebwasserkanal, einem Stollen oder in Rohrleitungen zum Krafthaus geleitet, das von der Wasserfassung entfernt liegt. Auch so kann Fallhöhe gewonnen werden. Das Wasser wird dann nach der Nutzung wieder in das Gewässer zurückgeleitet.
- o **Trinkwasserkraftwerke:** Sie nutzen den überschüssigen Druck in Wasserversorgungen, die aus Quellen in erhöhten Lagen gespeist werden.

In Österreich nicht zur Anwendung kommende Typen sind Gezeiten-, Wellen- und Meeresströmungskraftwerk.

Kleinwasserkraftwerke sind kleine dezentrale Anlagen bis 10 Megawatt (1 MW = 10.000 kW) Leistung, die technisch nach demselben Prinzip wie große Wasserkraftwerke funktionieren. Die Begrenzung bei 10 MW ist willkürlich und entspricht der in Europa üblichen Klassifizierung. In China beispielsweise liegt die Grenze bei 30 MW. Es gibt aber technische und geschichtliche Unterscheidungsmerkmale. Die Geschichte der Kleinwasserkraft ist bei uns eng mit der Industrialisierung verknüpft – die jahrhundertlang zum Antrieb von Mühlen und Maschinen verwendeten Wasserräder bekamen im 19. Jahrhundert Konkurrenz durch die Dampfmaschine. Diese war ortsungebunden und konnte ganzjährig und unabhängig vom Wasserangebot eingesetzt werden. Daher wurden technologische Entwicklungen notwendig, Mühlräder wurden durch Turbinen ersetzt, die Anlagen dienen nicht mehr nur der mechanischen Energiegewinnung, sondern auch der Stromproduktion. Der produzierte Strom konnte so über Übertragungsnetze zum Verbraucher gebracht werden. Da der Strom immer den kürzest möglichen Weg nimmt, wird der dezentral erzeugte Strom auch vorrangig verbraucht.



2.2. Teile einer Wasserkraftanlage und ihre Funktionsweise

Eine Wasserkraftanlage beinhaltet eine Vielzahl von Bauwerken, deren Entwurf vom Anlagentyp und den lokalen Verhältnissen abhängig ist, sowie maschinelle und elektrische Kraftwerkskomponenten.

o Wehranlage - Sperrbauwerke

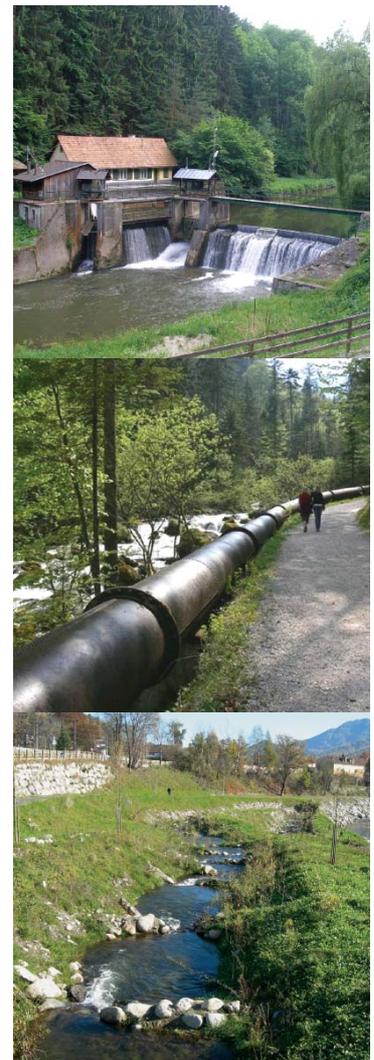
Sperrbauwerke und Wehre dienen in erster Linie zur Ausleitung des Flusses in ein Wassertransportsystem, das letztlich zum Krafthaus führt. Wehre oder Sperren vergrößern außerdem die Fallhöhe und bieten unter Umständen Speicherkapazitäten.

o Triebwasserkanal - Druckrohrleitung

Ein Entnahmebauwerk dient als Übergang von einem Fluss, der zwischen Rinnsal und reißendem Strom variieren kann, zu einem in Qualität und Quantität kontrollierten Durchfluss. Das entnommene Wasser wird in einem Triebwasserkanal (Oberwasser) oder in einer Druckrohrleitung zum Krafthaus geleitet, wo die eigentliche Energieumwandlung geschieht.

o Fischaufstiegshilfe, Fischwanderhilfe

Diese wasserbauliche Vorrichtung wird bei Kraftwerken oder Querbauwerken an Fließgewässern installiert, um Fischen u.a. Tieren die Möglichkeit zu geben, dieses Hindernis zu überwinden. Man unterscheidet zwischen technischen (zB. Vertical Slot) und naturnahen Fischaufstiegshilfen (zB. gewässertypisches Umgehungsgerinne) sowie Mischtypen (zB. Tümpelpass).



o Rechenanlage

Vor dem Eintritt des Wassers ins Krafthaus ist das Kraftwerk mit einer Rechenanlage ausgestattet, um den Eintrag von Schwemmgut (Treibgut) zu verhindern.

o Unterwasserkanal

Das Wasser kehrt, nachdem es die Turbine passiert hat, durch einen zumeist kurzen Unterwasserkanal wieder zum Fluss zurück.

o Krafthaus

Die Aufgabe des Krafthauses einer Kleinwasserkraftanlage ist es, die elektromechanische Ausrüstung, die die Lageenergie des Wassers in Elektrizität umwandelt, vor Witterung zu schützen. Anzahl, Typ und Leistung der dort untergebrachten Maschinen, die Fallhöhe und die örtliche Geomorphologie bestimmen Form und Größe des Gebäudes.

o Turbine

Der Zweck der hydraulischen Turbine ist es, die Lageenergie des Wassers in mechanische Rotationsenergie umzuwandeln. Dabei kommen je nach Fallhöhe und Wasserdargebot unterschiedliche Turbinentypen zum Einsatz. Die Kaplan turbine hat etwa den optimalen Einsatzbereich bei größeren Wassermengen mit geringeren Fallhöhen, wo hingegen die Peltonturbine bei geringeren Wassermengen und großen Fallhöhen optimal funktioniert.

Für die Umwandlung der potenziellen Energie des Wassers in mechanische Energie in den Turbinen gibt es zwei grundlegende, jedoch prinzipiell unterschiedliche Mechanismen:

- Der Wasserdruck kann eine Kraft auf die Laufradfläche ausüben, welche während des Durchgangs durch die Turbine abnimmt. Auf diese Weise funktionierende Turbinen werden Überdruckturbinen genannt. Das Turbinengehäuse muss stark genug sein, dem Betriebsdruck standzuhalten. Francis- und Kaplan turbinen gehören zu dieser Kategorie.
- Der Wasserdruck wird in kinetische Energie umgewandelt bevor das Wasser zum Laufrad gelangt. Die kinetische Energie liegt in Form eines Hochgeschwindigkeitswasserstrahles vor, der die Becher trifft, die am Außenring des Laufrades sitzen. Auf diese Weise arbeitende Turbinen werden Freistrah- oder Impulsturbinen genannt. Die gebräuchlichste ist die Peltonturbine.

o Getriebe

In vielen Fällen und speziell in Niederdruckanlagen laufen Turbinen mit weniger als 400 U/min und brauchen eine Übersetzung, um die 750 bis 1000 U/min des Standardgenerators zu erreichen. Für das Leistungsspektrum, das in Kleinwasserkraftwerken erzielt wird, ist diese Lösung oft ökonomischer als der Einsatz eines maßgefertigten Generators. In Kleinwasserkraftanlagen werden meistens Riemenantriebe eingesetzt. Diese sind oft leichter instand zu halten.



o Generator

Der Generator wandelt dann die mechanische Energie in elektrische um. Obwohl die ältesten Wasserkraftanlagen Gleichstromanlagen waren, die den damaligen Erfordernissen des industriellen Strombedarfes nachkamen, werden heutzutage in der Praxis bloß dreiphasige Wechselstromgeneratoren verwendet. Abhängig von der Charakteristik des Versorgungsnetzes kann der Betreiber zwischen folgenden Varianten wählen: Synchrongeneratoren (diese funktionieren auch im Inselbetrieb) oder a-synchrone Generatoren (diese funktionieren nicht, wenn sie vom Netz genommen werden).



o Steuerungs- und Regelungseinheit

Darüber hinaus verfügt eine Wasserkraftanlage über eine Vielzahl von Steuerungs- und Regelungseinheiten. Kleine Wasserkraftanlagen sind normalerweise nicht ständig überwacht und werden durch ein automatisches Kontrollsystem gesteuert.



o Transformator

Wird der produzierte Strom in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist, muss er zuerst mittels Transformatoren auf die dafür erforderliche Frequenz und Spannung umgewandelt werden.

Vorschläge für die Unterrichtspraxis

- o **Exkursion** zu einem der steirischen Schaukraftwerke (siehe Anhang)
- o **Physik, Werken:** einfacher Versuch Wasserdruck (siehe Anhang)
- o Besprechen der **Schülerinfo Wasserkraftwerke**
- o **Arbeitsblätter:** Wasserkraftwerke, Längsschnitt durch ein Kleinwasserkraftwerk, Energiegewinnung

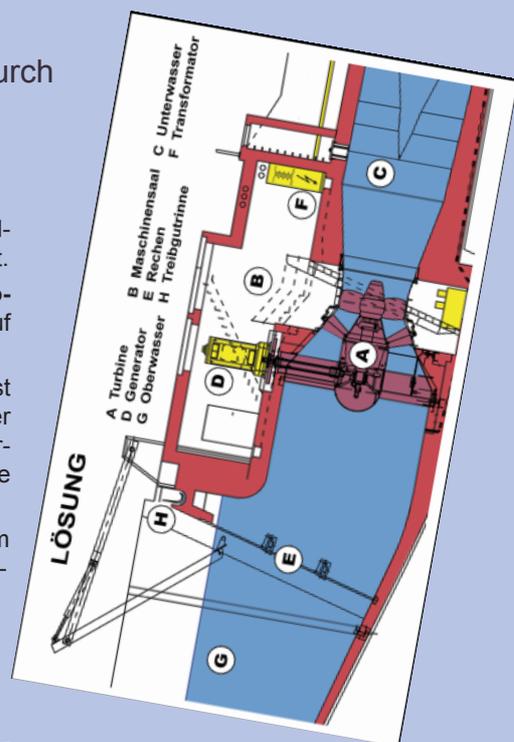
Lückentext **ENERGIEGEWINNUNG Lösung**

In Wasserkraftwerken wird die **Bewegungsenergie** des Wassers mit Hilfe von Turbinen und Generatoren in **elektrische Energie** umgewandelt. Laufkraftwerke stauen Flusswasser auf, um die **Fallhöhe** und die **Strömungsgeschwindigkeit** zu vergrößern. Dann wird es durch Rohre auf **Kaplanturbinen** geleitet.

Speicherkraftwerke fangen das Fluss- oder Schmelzwasser zunächst in **Stauseen** auf. Durch Druckrohrleitungen fließt das Wasser mit hoher Geschwindigkeit in tiefer liegende Bereiche. In solchen Kraftwerken werden **Peltonturbinen** verwendet, weil das Wasser aus **großer** Fallhöhe mit enormer Energie herunterstürzt.

In einem **Pumpspeicherkraftwerk** kann man Energie speichern, indem Wasser mit überschüssigem Strom in ein höher gelegenes Speicherbecken **gepumpt** wird. Wenn zu **wenig** Strom da ist, werden die Druckrohrleitungen des Speicherbeckens geöffnet und die Bewegungsenergie des herabstürzenden Wassers kann genutzt werden. Bereits **1½ Minuten** später erreicht ein Pumpspeicherkraftwerk seine volle Leistung.

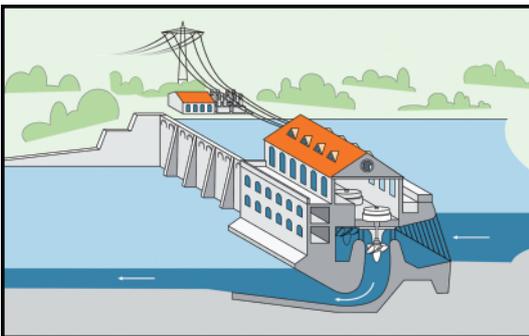
Kleinwasserkraftwerke funktionieren ähnlich wie große Lauf- oder Speicherkraftwerke, sie haben lediglich eine geringere Leistung von maximal **10 Megawatt**.





Wasserenergie gehört wie Wind- oder Sonnenenergie zu den so genannten „erneuerbaren Energien“. Im Unterschied zu den nicht erneuerbaren Energien wie Erdöl, Kohle oder Erdgas werden diese nicht „verbraucht“ und sind daher umweltfreundlich.

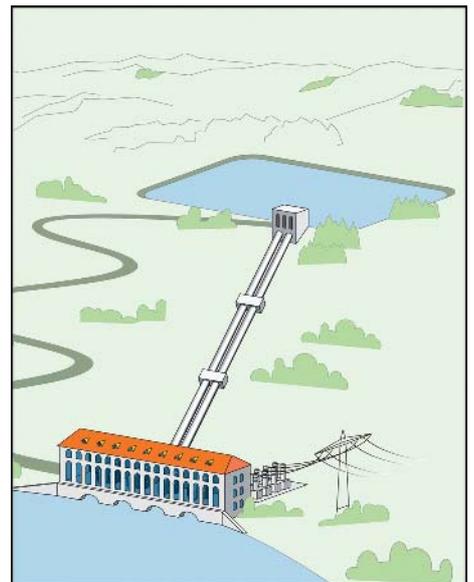
Wasserenergie entsteht aus der Bewegung des Wassers und wird seit mehr als hundert Jahren in Elektrizität umgewandelt. Dazu gibt es verschiedene Arten von Wasserkraftwerken.



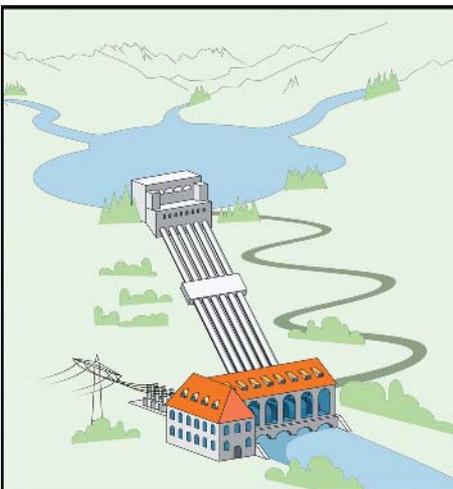
Laufkraftwerke werden an großen Flüssen gebaut. Das Flusswasser wird zunächst aufgestaut, um später die Strömungsgeschwindigkeit und die Fallhöhe vergrößern zu können. Dann wird es durch Rohre auf Turbinen (meist Kaplan-turbinen) geleitet. Diese sehen aus wie Schiffsschrauben und werden nur bei geringen Fallhöhen eingesetzt. Die Turbinen nehmen die Bewegungsenergie des

Wassers auf und geben sie an die Generatoren weiter, die dann die Energie in elektrischen Strom umwandeln.

Speicherkraftwerke findet man im Gebirge, wo man sich die großen Höhenunterschiede zunutze macht. Stauseen fangen das Fluss- oder Schmelzwasser von Gletschern auf. Durch Druckrohrleitungen fließt das Wasser mit hoher Geschwindigkeit bergab in tiefer gelegene Bereiche, wo die Bewegungsenergie des Wassers durch Pelton-turbinen in Strom verwandelt wird. Diese Turbinen gleichen großen Wasserrädern.



Auch in **Pumpspeicherkraftwerken** wird Wasser – und damit Energie – in einem höher gelegenen Becken gespeichert. Wenn zu viel Strom da ist (zum Beispiel nachts oder während des Sommers), befördern elektrisch betriebene Pumpen See- oder Flusswasser in das Speicherbecken. Ist kurzfristig zu wenig Strom vorhanden, werden die Druckrohrleitungen des Speicherbeckens geöffnet und die Turbinen mit Wasser versorgt. Schon nach 1½ Minuten kann elektrischer Strom produziert werden.



Kleinwasserkraftwerke sind kein eigener Kraftwerkstyp und funktionieren ähnlich wie große Lauf- oder Speicherkraftwerke, sie haben lediglich eine geringere Leistung von maximal 10 Megawatt.



1.) Welches Bild stellt welchen Kraftwerkstyp dar?

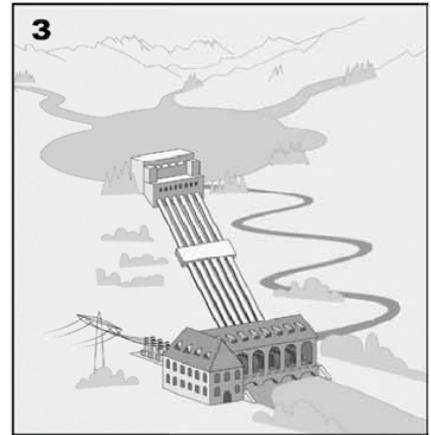
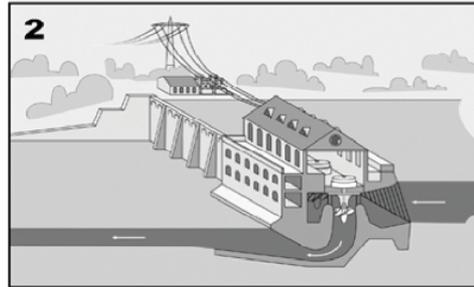
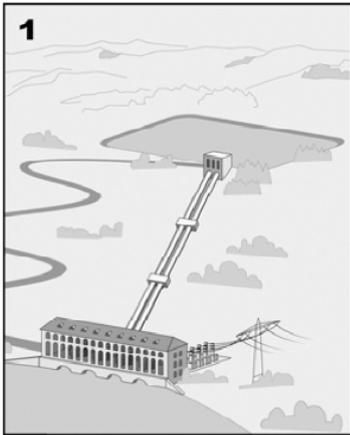


Bild 1:

Bild 2:

Bild 3:

2.) Erkläre die Funktionsweise der verschiedenen Kraftwerkstypen!

Laufkraftwerke:

.....
.....
.....

Speicherkraftwerke:

.....
.....
.....

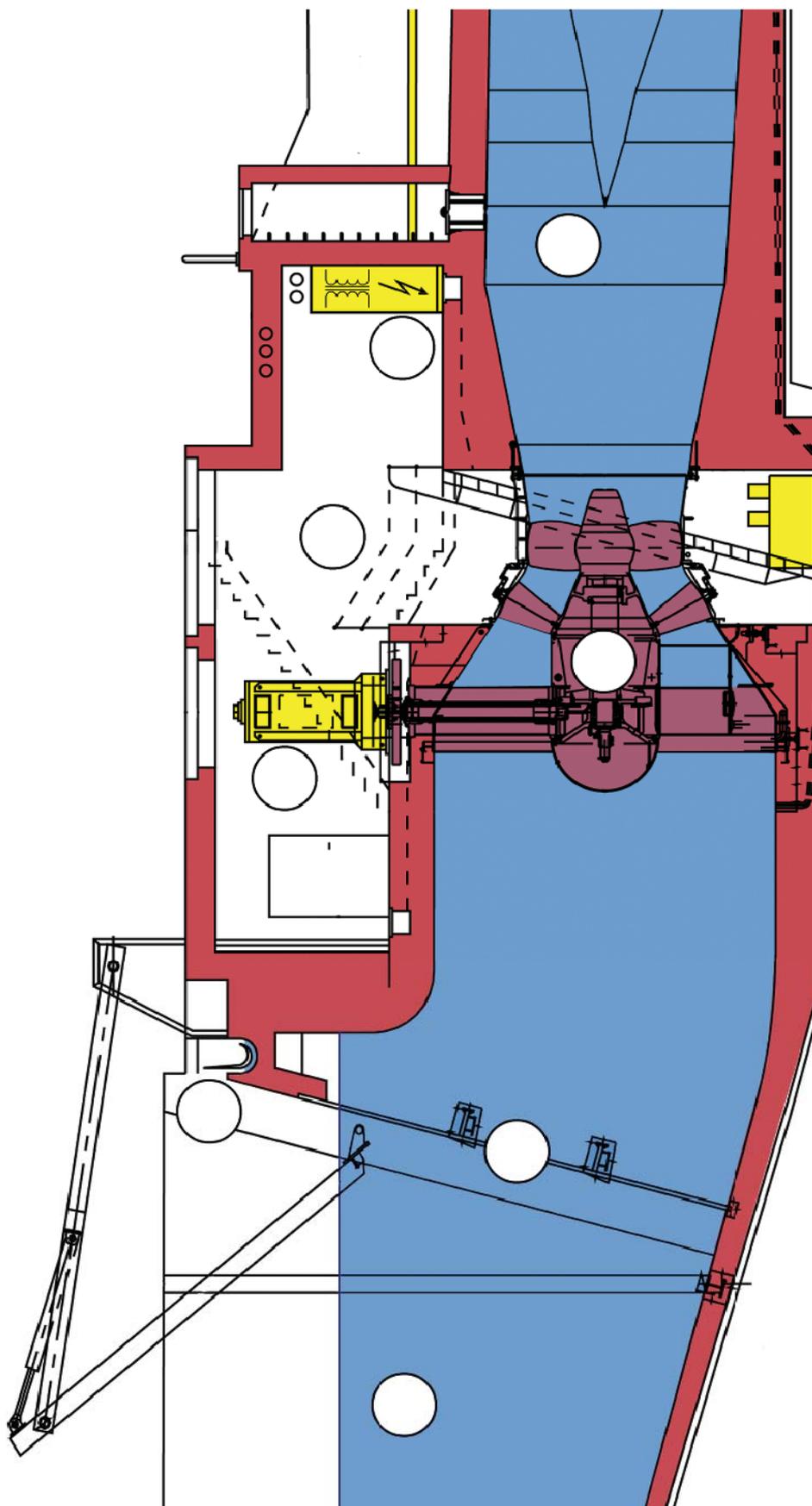
Pumpspeicherkraftwerke:

.....
.....
.....



Setze die Buchstaben am richtigen Ort ein:

- A Turbine
- B Maschinsaal
- C Unterwasser
- D Generator
- E Rechen
- F Transformator
- G Oberwasser
- H Treibgutrinne



**Ersetze die fehlenden Begriffe!**

Über dem Text findest du eine Wörterliste. Sobald du ein Wort eingesetzt hast, streiche es durch. Es sind aber auch falsche Worte dabei!

Pumpspeicherkraftwerk, 10 Megawatt, Strömungsgeschwindigkeit, Bewegungsenergie, elektrische Energie, Wasserräder, 1 ½ Minuten, Stauseen, Fallhöhe, gepumpt, wenig, Kleinwasserkraftwerke, 12 Minuten, Kaplan turbinen, gesaugt, Pelton turbinen, mehr, geringer

In Wasserkraftwerken wird die des Wassers mit Hilfe von Turbinen und Generatoren in umgewandelt.

Laufkraftwerke stauen Flusswasser auf, um die und die zu vergrößern. Dann wird es durch Rohre auf geleitet.

Speicherkraftwerke fangen das Fluss- oder Schmelzwasser zunächst in auf. Durch Druckrohrleitungen fließt das Wasser mit hoher Geschwindigkeit in tiefer liegende Bereiche. In solchen Kraftwerken werden verwendet, weil das Wasser aus Fallhöhe mit enormer Energie herunterstürzt.

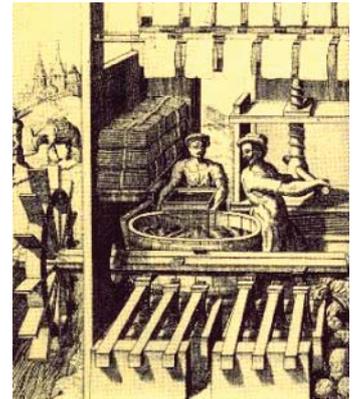
In einem kann man Energie speichern, indem Wasser mit überschüssigem Strom in ein höher gelegenes Speicherbecken wird. Wenn zu Strom da ist, werden die Druckrohrleitungen des Speicherbeckens geöffnet und die Bewegungsenergie des herabstürzenden Wassers kann genutzt werden. Bereits später erreicht ein Pumpspeicherkraftwerk seine volle Leistung.

funktionieren ähnlich wie große Lauf- oder Speicherkraftwerke, sie haben lediglich eine geringere Leistung von maximal .

2.2.1. Turbinentypen

Wasserkraft wird schon seit Jahrtausenden genutzt - die Bewegungsenergie des Wassers wird in mechanische Arbeit umgewandelt. Zunächst wurden Wasserräder verwendet, etwa zur Bewässerung, zum Antrieb von Mühlsteinen oder später für Säge- und Hammerwerke.

Bei einem Wasserkraftwerk tritt an die Stelle eines sich gemächlich drehenden Wasserrades eine schnelllaufende Turbine, die ein geschlossenes System bildet und einen hohen Wirkungsgrad erreicht. Die mechanische Arbeit der Turbine wird auch nicht mehr unmittelbar genutzt, sondern über einen angekoppelten Generator in elektrische Energie umgewandelt.



Die Leistung einer Turbine hängt von der Fallhöhe des Wassers und der Durchflussmenge ab. Vergleichsweise geringe Wassermengen eines Gebirgsbaches mit Fallhöhen von mehreren hundert Metern können mehr Strom erzeugen als die große Wassermenge eines Flusses, die lediglich den Niveauunterschied eines Stauwehres nutzt.

Turbinentyp	Fallhöhe	Leistung	Wirkungsgrad	Drucktyp
Pelton-Turbine	200-2000 m	bis 500 MW	90-95 %	Hochdruck
Francis-Turbine	bis 700 m	bis 750 MW	90 %	Mitteldruck (Hochdruck)
Kaplan-Turbine	bis 100 m	bis 125 MW	80-95 %	Niederdruck (Mitteldruck)

Die größte Verbreitung hat die Francis-Turbine, gefolgt von der Pelton-Turbine und der Kaplan-Turbine.

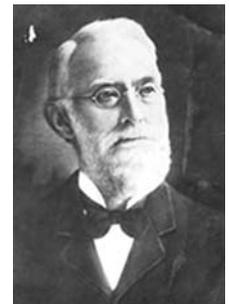
Francis-Turbine

Sie ist nach dem anglo-amerikanischen Ingenieur James B. Francis benannt und wurde bereits 1849 erstmals gebaut. Die Francis-Turbine liegt vollständig im Wasserstrom, das Wasser wird durch ein feststehendes „Leitrad“ mit verstellbaren Schaufeln auf die gegenläufig gekrümmten Schaufeln des Laufrades gelenkt. Da das Wasser vor dem Eintritt in die Turbine unter höherem Druck steht als nach dem Austritt, spricht man auch von einer Überdruckturbine. Dieser Turbinentyp wird bei Speicherkraftwerken mit mittleren Höhen und konstanten Wassermengen verwendet. Francis-Turbinen und Generator werden oft auch als „Pumpturbine“ in Pumpspeicherkraftwerken verwendet, die sich wahlweise auf (stromverbrauchenden) Pumpbetrieb oder (stromerzeugenden) Generatorbetrieb umstellen lässt.



Pelton-Turbine (oder Freistrahlturbine)

Sie wurde um 1880 vom amerikanischen Ingenieur Lester Pelton konstruiert. Hier wird ausschließlich die Bewegungsenergie des Wassers genutzt, das aus einer oder mehreren Düsen auf die becherförmigen Schaufeln des Laufrades trifft. Da das Antriebswasser nach dem Austritt aus der Düse auf Umgebungsdruck entspannt wird, spricht man auch von einer Gleichdruck-Turbine. Die Wasserzufuhr ist regelbar. Die Pelton-Turbine wird in Speicherkraftwerken mit sehr großen Fallhöhen und vergleichsweise geringen Wassermengen eingesetzt. Sie ist typisch für Speicherkraftwerke im Hochgebirge. Bei einer Fallhöhe von 1000 Metern schießt das Wasser mit einer Geschwindigkeit von etwa 500 km/h aus der Düse.



Kaplan-Turbine

Sie wurde nach dem österreichischen Ingenieur Viktor Kaplan benannt und erstmalig 1912 als Weiterentwicklung der Francis-Turbine gebaut, speziell für geringen Wasserdruck. Das Laufrad gleicht einer Schiffsschraube, die 3-6 Schaufeln des Laufrads sowie auch das Leitwerk sind verstellbar. Dies ermöglicht das Anpassen an Schwankungen der Wasserführungen und des Gefälles. Große Kaplan-Turbinen werden vor allem vertikal eingebaut, sodass das Wasser von oben nach unten durchströmt. Kaplan-Turbinen werden hauptsächlich in großen Laufwasserkraftwerken mit sehr niedrigen Fallhöhen eingebaut. Weiterentwicklungen der Kaplan-Turbine sind die Rohr-Turbine für besonders geringe Fallhöhen und die Straflo-Turbine, bei der Generator und Turbine eine Einheit bilden.



Vorschläge für die Unterrichtspraxis

- o **Physik, Werken:** Bau eines einfachen Wasserrades (siehe Anhang)
- o **Arbeitsblatt:** Turbinenrätsel

**Ein schwieriges Rätsel!**

Die Beantwortung der folgenden Fragen ist nicht so einfach. Du musst dir daher zunächst einiges an Wissen über Wasserkraftwerke aneignen.

Trage die Buchstaben der richtigen Antworten in die Kästchen ein!

1. Woher stammte der Erfinder Kaplan?

N Deutschland W Österreich T Schweiz

2. Turbinen besitzen gegenüber Wasserrädern einen

Z niedrigen J mittleren A hohen Wirkungsgrad

3. Große Fallhöhen sind typisch für folgendes Kraftwerk?

G Laufkraftwerk S Speicherkraftwerk D Kleinkraftwerk

4. Welche Turbine ersetzte erstmals die Wasserräder?

V Peltonturbine E Kaplan turbine S Francisturbine

5. Welche Turbine gibt es in keinem Wasserkraftwerk?

E Resselturbine M Peltonturbine K Francisturbine

6. Welche Turbine sieht aus wie eine Schiffsschraube?

R Kaplan turbine K Peltonturbine V Strafloturbine

7. In welchem Land wurde die erste Turbine gebaut?

T England R Amerika B Frankreich

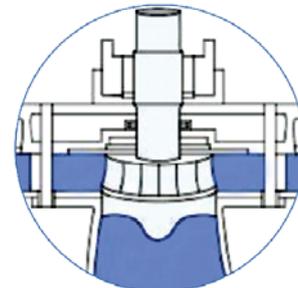
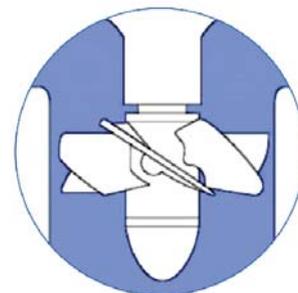
8. Welchen Kraftwerkstyp gibt es nicht in Österreich?

O Pumpspeicherkraftwerk E Ausleitungskraftwerk A Gezeitenkraftwerk

9. Wie heißt der Bereich eines Laufkraftwerks, der das Wasser von Schwemmgut reinigt?

P Schreibanlage D Rechenanlage S Leseanlage

--	--	--	--	--	--	--	--	--



Lösungswort: W A S S E R R A D



Vorschlag für die Unterrichtspraxis

- o **Strom-Wege:** "Vom Großwasserkraftwerk zum Verbraucher" bzw. "Vom Kleinwasserkraftwerk zum Verbraucher"

Diese beiden Bildermontagen sollen den SchülerInnen verdeutlichen, dass der Weg des Stromes vom Erzeuger zum Verbraucher unterschiedlich ist.

Bei Großwasserkraftwerken wird Strom mit 110 kV bis 380 kV produziert und dann mit großen Freileitungen über große Entfernungen transportiert, anschließend mit Umspannwerken und Transformatorstationen in mehreren Schritten auf die benötigte Stromstärke gebracht und an die Verbraucher geliefert.

Bei Kleinwasserkraftwerken wird Strom mit 10 kV bis 30 kV produziert und entweder gleich vor Ort oder in der Region durch Umspannwerke und Transformatorstationen in Kraftstrom (400 V) oder Lichtstrom (230 V) umgewandelt.

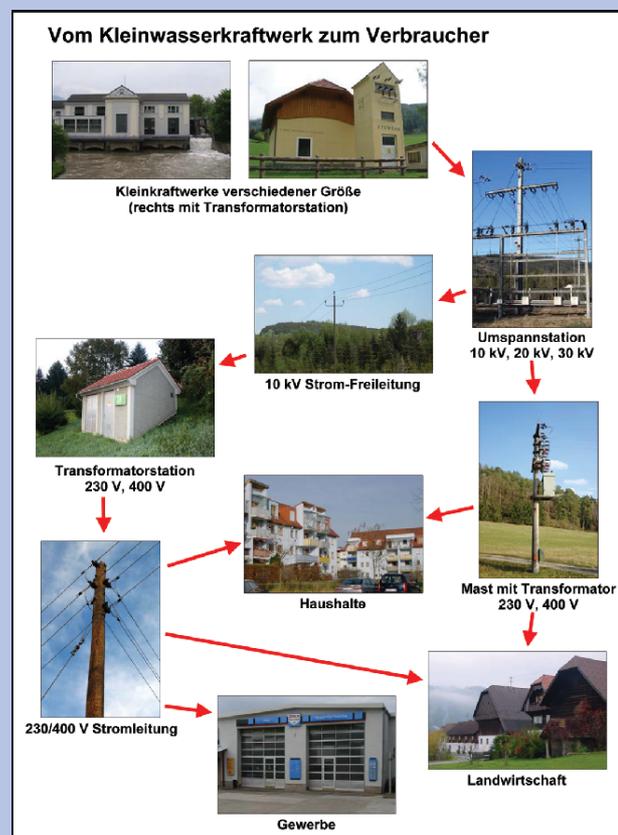
1. Schritt: Impulskarten

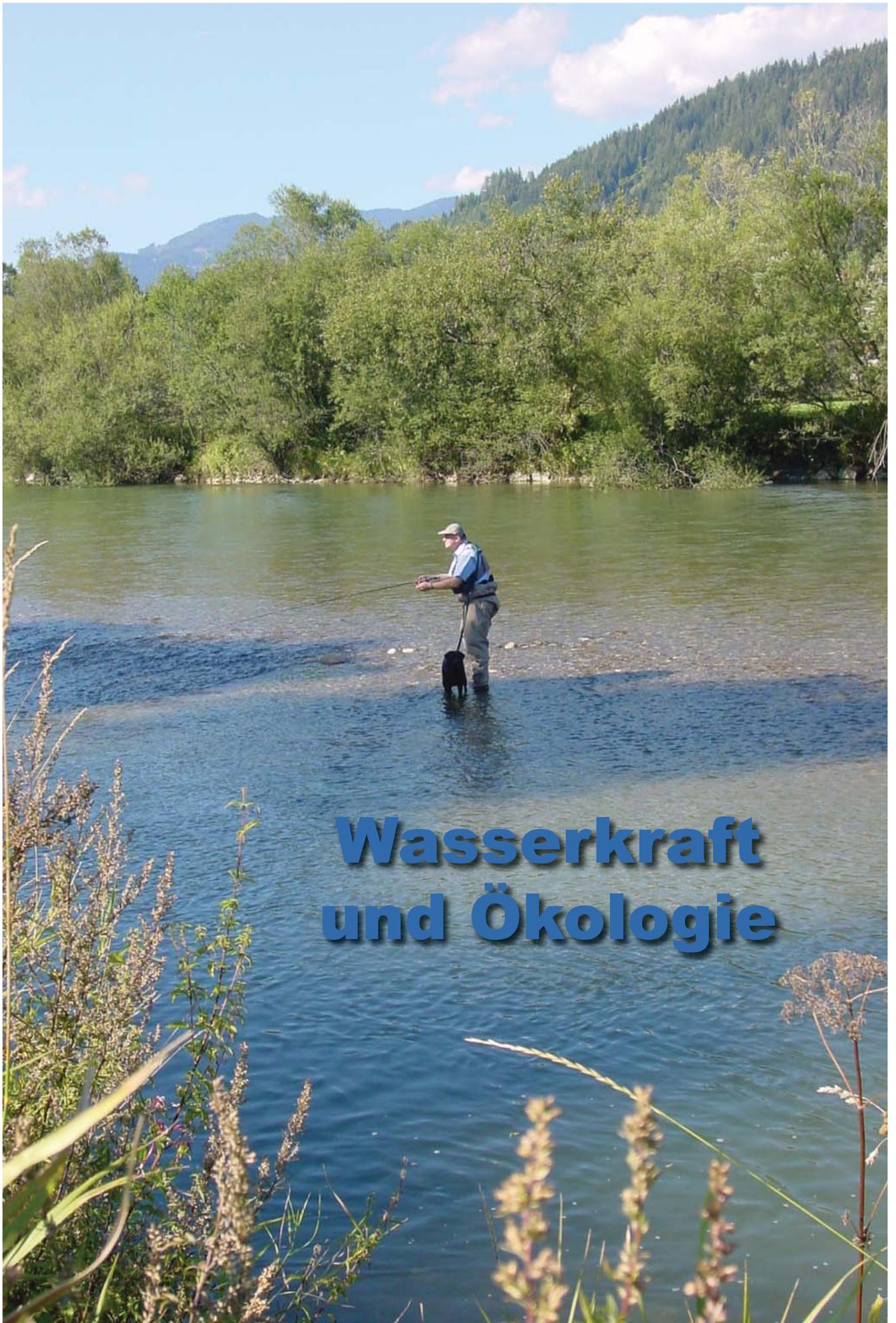
Die Impulskarten (siehe Anhang) ausdrucken, folieren und ausschneiden. Die SchülerInnen ziehen je eine Karte aus dem Stoß und erklären, was darauf abgebildet ist.

2. Schritt: Beschriftungskarten

Die Beschriftungskarten (siehe Anhang) werden ausgeschnitten und ebenfalls aufgelegt. Anschließend versuchen die SchülerInnen, mit Hilfe der Beschriftungskarten den Weg von den Stromerzeugern zu den Stromverbrauchern aufzulegen.

3. mögliche Lösungsbilder





Wasserkraft und Ökologie

3. Wasserkraft und Ökologie

Wasserkraft ist eine erneuerbare Energiequelle, die zur CO₂-Reduzierung beiträgt und Strom in relativer Nähe zum Energieverbraucher (Industrie, Gewerbe, Haushalte) produziert. Bei der Errichtung von neuen Wasserkraftwerken – auch bei Kleinwasserkraftwerken bis 10 MW Leistung – sowie bei der Revitalisierung und Modernisierung von bestehenden Anlagen ist auf die Gewässerökologie zu achten, denn Fließgewässer sind auch Lebensraum und prägen das Landschaftsbild. Neue Standorte sollen bevorzugt dort gesucht werden, wo es bereits wasserbautechnische Anlagen gibt; dort können Fließkontinuums-Unterbrechungen beseitigt bzw. ökologische Verbesserungen geschaffen werden.



Grundsätzlich sollte das Qualitätsziel eines „guten hydromorphologischen Zustandes“ erreicht werden, „Gewässer in sehr gutem Zustand“ genießen laut Klassifikation der EU-Wasserrahmenrichtlinie besonderen Schutz vor energetischer Nutzung.

3.1. Einwirkungen auf die Morphologie eines Fließgewässers

Damit Fließgewässer ihre Funktion als Lebensraum erfüllen können, braucht es eine gute Wasserqualität sowie naturnahe morphologische und hydrologische Bedingungen. Zu den Merkmalen eines natürlichen oder naturnahen Fließgewässers gehören

- o eine gut strukturierte Gewässersohle mit vielen steinigen oder sandigen Strecken,
- o ein laufender Wechsel von schnell und langsam fließenden Bereichen,
- o flache Kiesbänke und Ausspülungen (Kolke),
- o eine gute Verzahnung des Gewässers mit einem intakten Uferbereich,
- o eine standortgerechte Ufervegetation mit ausreichender Beschattung,
- o eine gute Durchgängigkeit im Längsverlauf.



Mit dem Bau von Siedlungen, Industrie- und Gewerbeflächen sowie Verkehrswegen, aber auch durch die Intensivierung der Landwirtschaft oder die Errichtung von Wasserkraftanlagen wurde in den vergangenen Jahrzehnten der Raum der Fließgewässer zunehmend verändert. Umfangreiche bauliche Maßnahmen veränderten außerdem den natürlichen Lauf der Fließgewässer, um Infrastruktur und landwirtschaftliche Kulturen vor Schäden durch Hochwasser zu schützen. Diese Verbauungen beeinträchtigen nun vielerorts die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer.



Die **EU-Wasserrahmenrichtlinie** erfordert eine Bewertung der Fließgewässer nach folgendem Schema: sehr guter Zustand, guter Zustand, mäßiger Zustand, unbefriedigender Zustand, schlechter Zustand.

Die hydromorphologischen Qualitätskomponenten sind

- o der Wasserhaushalt (Menge und Dynamik der Strömung, Verbindung zum Grundwasser ...),
- o die Durchgängigkeit des Fließgewässers (Wanderung aquatischer Organismen, Sedimenttransport) sowie
- o die Morphologie (Laufentwicklung, Breiten- und Tiefenvariationen, Substrate, Strömungsbedingungen, Struktur der Uferbereiche ...).

Durch Nichtbeachtung von Rahmenbedingungen können **negative Auswirkungen** nicht ausgeschlossen werden:

- o Veränderung des Sauerstoffgehalts im Gewässer durch Stau bzw. Reduktion der Fließgeschwindigkeit (Turbulenzen sorgen für Sauerstoffeintrag)
- o stärkere Sedimentation im Fluss- bzw. Bachbett durch die geringere Transportkapazität des Gewässers
- o durch Sedimentation von Feinmaterial Veränderung des Lückensystems am Gewässergrund (hyporheisches Interstitial = Hyporheal) und damit Bedrohung des Lebensraumes vieler wirbelloser Tiere, aber auch der Fischbrut
- o durch geringe Fließgeschwindigkeit Rückgang von strömungsliebenden Tierarten (zB. Stein- und Eintagsfliegenlarven) und damit Veränderung der Nahrungsgrundlage von Fischen
- o durch geringe Wasserführung bedingte Algenentwicklung an Steinen bzw. Grundeisbildung im Winter wirken sich nachteilig für die Lebensgemeinschaft am Fluss- bzw. Bachgrund aus
- o durch Stauraumspülungen oder Schwallbetrieb massive Veränderung des gesamten Gewässers (umfangreiches Absterben von Tier- und Pflanzenarten, Wassertrübung, Verlust an Kleinlebensräumen)
- o starke Erwärmung von Staubereichen und stark erhöhte Sedimentation, Abnahme des Selbstreinigungsvermögens des Gewässers
- o durch Unterbrechung des Fließgewässers (Stauwerke ohne Umgehungsgerinne bzw. ohne Fischwanderhilfe) Veränderung des Artenspektrums (genetische Isolation, Aussterben von wandernden Tierarten)
- o Veränderung des Grundwasserspiegels durch die Errichtung von Stauräumen (ev. sogar Verunreinigung des Trinkwassers aus Brunnen)
- o Austrocknung von Altarmen bzw. feuchten Gräben in den Aubereichen durch Unterbindung der periodischen Überschwemmungen



- o Abnahme der Artenvielfalt im Gewässer wirkt sich nachteilig auf die angrenzenden Landlebensräume aus
- o Veränderung der Landschafts-/Gewässerästhetik durch fehlendes Fließwasser - Rinnsale sind nicht attraktiv

Daten und Informationen über den Gewässerzustand steirischer Fließgewässer stellen die zuständigen Abteilungen des Amtes der Stmk. Landesregierung zur Verfügung.

Vorschlag für die Unterrichtspraxis

- o **Projektthema** "Untersuchungspraxis Gewässermorphologie"

Für die Gesamtbewertung eines fließenden Oberflächengewässers sind verschiedene Qualitätskomponenten von Bedeutung. Im Rahmen eines mehrtägigen Projekts kann ein kleineres Gewässer von der Quelle bis zur Mündung untersucht werden, wobei eine vereinfachte Version der sog. "Screening-Methode" angewendet wird. Insgesamt werden 6 Parameter untersucht.

1. Schritt: Bildung von Arbeitsgruppen

Für die Projektarbeit, insbesondere die Arbeit im Gelände, werden die SchülerInnen in Gruppen von 4-6 Personen unterteilt.

2. Schritt: Infoblätter "Untersuchungspraxis Gewässermorphologie" sowie "Zu untersuchende Gewässerstrukturen 1 + 2"

Die Informationsblätter (siehe Anhang) für jede Gruppe farbig ausdrucken und folieren, damit sie auch im Freien verwendet werden können. Anschließend in der Klasse mit den SchülerInnen die Inhalte erarbeiten.

3. Schritt: Ausrüstung

Die benötigte Ausrüstung wird beschafft, jede Gruppe sollte damit ausgerüstet sein.

- Kartenmaterial (ÖK-Wanderkarte 25.000 oder 50.000), ev. Luftbilder
- ev. GPS-Gerät (für genaue Positionsangaben)
- Gummistiefel (ev. Wathose) und Regenmantel
- Programm mit Anweisungen zum Untersuchungsgebiet
- Infoblätter und Kartierungsprotokollbögen
- Lineal, Klemmbrett und Schreibzeug (auch Farbstifte, keine Filzschreiber!)
- fester Kübel an einem Seil
- Digitalkamera
- ev. notwendige Genehmigungen (Einfahrts-, Betretungserlaubnis)
- Im Freiland sind Fahrräder zweckmäßig

4. Schritt: Arbeitsschritte und Erhebungsbögen

Die Arbeitsschritt-Vorlage (siehe Anhang) für jede Gruppe ausdrucken, ebenfalls folieren und gemeinsam besprechen. Anschließend die 3 Protokollbögen an jede/n SchülerIn austeilen.

5. Schritt: Zusammenfassung

Die einzelnen Protokollbögen werden gemeinsam in der Klasse ausgewertet und in die Zusammenfassung (siehe Anhang) eingetragen. Fotos ergänzen die farbige Zusammenfassung - eine Collage kann das Projektergebnis entsprechend darstellen.

3.2. Möglichkeiten zur Minimierung von Eingriffen in die Gewässerökologie

3.2.1. Kontinuumsunterbrechung

Wasserkraftanlagen und alle anderen Querbauwerke in einem Fließgewässer unterbrechen das Fließkontinuum und beeinträchtigen die Wanderung von Fischen oder machen diese sogar unmöglich. Abhilfe schafft hier die Errichtung von Fischwanderhilfen. Fast alle heimischen



Fischarten, von denen ein Großteil auf der „Roten Liste“ steht, führen kürzere oder ausgedehntere Wanderungen durch (Laichwanderungen, Aufsuchen von Winterquartieren bei Niedrigwasser, Hochwassereinstände u. dgl.). Je naturferner ein Gewässer ist, desto größer ist der Wandertrieb.

Sowohl die EU-Wasserrahmenrichtlinie als auch das Österreichische Wasserrechtsgesetz schreiben als Ziel das Erreichen des „guten ökologischen Zustandes“ aller Gewässer fest. Bewertet wird anhand von festgelegten Qualitätskomponenten (biologisch, hydromorphologisch, chemisch-physikalisch), zu denen auch die Fische gehören. Somit ist in den nächsten Jahren sowohl für schon vorhandene (Klein)Kraftwerke

als auch für den Neubau von Anlagen die Errichtung von Fischwanderhilfen notwendig. Die Art und Weise der Ausführung und die Größe der Wanderhilfe hängt von den örtlichen Gegebenheiten, der Wasserführung des Gewässers und von der Zusammensetzung der Fischfauna ab. Eine Fischwanderhilfe ermöglicht meist auch eine Durchgängigkeit für wirbellose aquatische Organismen wie Strudelwürmer, Insektenlarven, Fluss- und Flohkrebse.

3.2.2. Restwasser

Ausleitungskraftwerke sind der häufigste Typ von Kleinwasserkraftwerken. Zwischen Entnahmewehr und Rückgabe entsteht eine Restwasserstrecke, die früher oft eine „Nullwasserstrecke“ war. Heute erübrigt sich aber die Diskussion über die Notwendigkeit einer Restwassermenge im Bachbett; sie zählt aus ökologischer Sicht zum „Stand der Technik“.



Ist die Restwassermenge zu gering, hat das vielfältige Auswirkungen: Das Wasser rinnt langsamer, es erwärmt sich im Sommer schneller. Im Winter kann es zu Grundeisbildung kommen. Etwaige Einleitungen aus Siedlungsgebieten und landwirtschaftliche Einträge (Gülle) werden weniger verdünnt. Die geringere Fließgeschwindigkeit kann zu Unterschieden in der Substratzusammensetzung führen. Statt Kies überwiegt plötzlich Feinsediment und Organismen des Makrozoobenthos verlieren ihren Lebensraum. Bettbildende Umlagerungsprozesse werden unterbunden, wenn bei einer hohen Ausbauwassermenge kaum Tage mit Überwasser auftreten. Größeren Fischen fehlen tiefere Zonen, sodass die Fischbiomasse drastisch zurückgeht.

Eine ökologisch begründete Mindestdotations ist daher sehr wichtig. Im Optimalfall wird die erforderliche Restwasserdotation individuell ermittelt und festgelegt. Je nach Fischregion gelten unterschiedliche Grenzwerte, denn ein großer Huchen oder ein hochrückiger Karpfen braucht tieferes Wasser als schlanke Forellen. Besonders wichtig ist, dass ein Wanderkorridor erhalten bleibt, durch den die Strecke für alle Fischarten durchwanderbar bleibt. Die schönste Fischwanderhilfe am Wehr ist sinnlos, wenn eine zu geringe ökologische Mindestwasserführung das Erreichen des Fischpasses verhindert.

3.2.3. Stau

Wasserkraftwerksanlagen weisen in den meisten Fällen einen Staubereich auf. Ein Stau verändert aber wesentlich den Charakter eines „fließenden Gewässers“ und bedeutet einen Typwechsel hin in Richtung „stehendes Gewässer“. Um die gewässerökologischen Auswirkungen so gering wie möglich zu halten, darf die Mindestgeschwindigkeit von 0,3 m/s im Querschnitt bei mittlerer Wasserführung nur auf kurzen Strecken unterschritten werden.



3.2.4. Strukturmaßnahmen

Das Anlegen von Buhnen, Gewässeraufweitungen oder das Einbringen von Totholz können wertvolle Ausgleichsmaßnahmen bei der Errichtung einer Wasserkraftanlage sein. Sie sind oft in der Lage, den guten fischökologischen Zustand einer Gewässerstrecke wiederherzustellen.

Vorschlag für die Unterrichtspraxis

- o **Projektthema** "Praxis der Fließgewässeruntersuchung"
Die Qualität von Fließgewässern ist auch mit einfachen Methoden zu bewerten. Neben allgemeinen Angaben sind chemisch/physikalische sowie biologische Faktoren für die Bewertung notwendig. Im Anhang finden sich die Kopiervorlagen.

Benötigte Ausrüstung

- *Kartenmaterial (ÖK-Wanderkarte 25.000 oder 50.000)*
- *ev. entsprechende Luftbilder*
- *Gummistiefel (ev. Wathose) und Regenmantel*
- *Thermometer zur Messung von Luft- und Wassertemperatur*
- *Maßstab und Meterband*
- *Klemmbrett und Schreibzeug*
- *Schnur, Taschenmesser*
- *Papierschnitzel*
- *Stoppuhr*
- *Messstreifen für pH-, Nitrit-, Nitrat-, Phosphat- und Gesamthärtemessung*

Gesetzliche Rahmenbedingungen für Wasserkraftwerke

22.12.2009
 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften
 L 327/1
 Richtlinie 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 über den Aufbau eines Gemeinschaftsrahmens für Maßnahmen der Gewässerschutz im Bereich der Wasserrahmenrichtlinie

Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan
 Donau – Rhein – Elbe
 (BMLFUW-UW.4.1.1/0003-IV/4/2009)

BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH
 Jahrgang 2006
 Ausgegeben am 2. März 2006

96. Verordnung: **Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG**
 (CELEX-Nr.: 31976L0464, 31982L0176, 31983L0513, 31984L0156, 31984L0491, 31986L0280, 32000L0060)

96. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG)
 Auf Grund des § 30a Abs. 2 Z 2 des Wasserrechtsgesetzes 1959 (WRG 1959), BGBl. I Nr. 215, zuletzt geändert durch das Bundesgesetz BGBl. I Nr. 87/2005, wird verordnet:

Ziel
 § 1. Ziel dieser Verordnung ist die Festlegung eines Zielzustandes für Oberflächengewässer. Dies erfolgt durch Umweltqualitätsnormen zur Beschreibung des guten chemischen Zustandes und der chemischen Komponenten des guten ökologischen Zustandes für synthetische und nicht-synthetische Schadstoffe in Oberflächengewässern, sowie durch Beschreibung der maßgeblichen Zustände für die Anwendung des Verschärfungsverbot.

Geltungsbereich
 § 2. Diese Verordnung gilt für alle Oberflächengewässerkörper (§ 30a Abs. 3 Z 2 WRG 1959) einschließlich erheblich veränderter und künstlicher Oberflächengewässerkörper (§ 30b Abs. 3 Z 1 und 2 WRG 1959).

Begriffsbestimmungen
 § 3. Im Sinne dieser Verordnung gelten als:

- 1. Parameter:** Ein durch ein Messverfahren erlassener Schadstoff gemäß § 30a Abs. 3 Z 6 WRG 1959 oder eine durch ein Messverfahren erlassene Summe von Schadstoffen gemäß § 30a Abs. 3 Z 6 WRG 1959, für den bzw. die in den Anlagen A und B eine Umweltqualitätsnorm festgelegt wird;
- 2. Synthetischer Schadstoff:** Schadstoff gemäß § 30a Abs. 3 Z 6 WRG 1959, der ausschließlich oder überwiegend aufgrund von anthropogenen Tätigkeiten in Oberflächengewässern gelangt. Hierzu zählen auch jene Schadstoffe, die sich durch chemische Umwandlungen in Gewässern aus synthetischen Schadstoffen bilden können;
- 3. Nicht-synthetischer Schadstoff:** Schadstoff gemäß § 30a Abs. 3 Z 6 WRG 1959, der nicht nur aufgrund anthropogener Tätigkeiten sondern in erheblichem Umfang auch durch natürliche Einträge aufgrund der geologisch-lithologischen Beschaffenheit des Bodens in Oberflächengewässern gelangen kann;
- 4. Gemeinschaftsrechtlich geregelte Schadstoffe:** Schadstoffe, für die auf gemeinschaftsrechtlicher Ebene Umweltziele festgelegt wurden oder wurden;
- 5. Sonstige relevante Schadstoffe:** Spezifische synthetische und nicht-synthetische Schadstoffe, die in die österreichischen Oberflächengewässer
 - a) in signifikanten Mengen eintragen oder
 - b) in signifikanten Konzentrationen vorgefunden werden;
- 6. Umweltqualitätsnorm:** Zahlenmäßig festgelegte Konzentration eines Parameters, der den in Oberflächengewässern zu erreichenden guten chemischen Zustand bzw. eine chemische Komponente des zu erreichenden guten ökologischen Zustandes beschreibt. Für nicht-synthetische Schadstoffe errechnet sich die Umweltqualitätsnorm als Summe aus der in den An-



Energiestraße Steiermark
 2025

Vorlage für die Steiermärkische Landesregierung

E25 energiestrategie
 STEIERMARK 2025

4. Gesetzliche Rahmenbedingungen für Wasserkraftwerke

Zahlreiche rechtliche Vorgaben auf europäischer, auf Bundes- und auf Landesebene haben Einfluss auf die Wasserkraftnutzung und sind in diesem Zusammenhang zu beachten.

4.1. EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen

Mit dem Europäischen Energie- und Klimapaket verpflichten sich die Mitgliedstaaten nicht nur zu einer Reduktion der Treibhausgase um 20 % bis 2020, sondern auch zu einer Erreichung eines Anteils von 20 % erneuerbarer Energie am Energieaufkommen.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Situation der Mitgliedstaaten und deren jeweiliger wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit wurde das europäische Ziel auf die Staaten umgelegt, sodass jeder Staat einen entsprechenden Beitrag zum Gesamtziel leistet. Für Österreich ergab das die Zielsetzung von 34 % erneuerbarer Energie bis 2020. Damit ist nicht nur der Strombereich gemeint, sondern auch die Wärmebereitstellung und der Verkehr.

In Aktionsplänen berichten die Mitgliedstaaten an die EU, wie diese Ziele erreicht werden sollen.

„Der Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern müssen stärker in andere politische Maßnahmen der Gemeinschaft integriert werden, so zB. in die Energiepolitik, die Verkehrspolitik, die Landwirtschaftspolitik, die Fischereipolitik, die Regionalpolitik und die Fremdenverkehrspolitik. Diese Richtlinie soll die Grundlage für einen kontinuierlichen Dialog und für die Entwicklung von Strategien für eine stärkere politische Integration legen. Sie kann somit auch einen bedeutenden Beitrag in anderen Bereichen der Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten, unter anderem im Zusammenhang mit dem Europäischen Raumentwicklungskonzept (ESDP), leisten.“

EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EC)

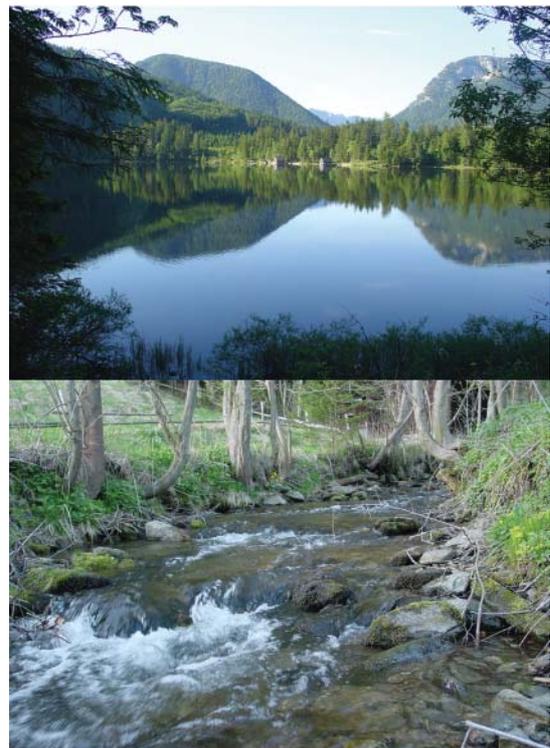
4.2. Relevante Bundesgesetze

4.2.1. Wasserrechtsgesetz (WRG)

Das Österreichische Wasserrechtsgesetz regelt die Benutzung der Gewässer, die nachhaltige Bewirtschaftung und hier insbesondere den Schutz, die Reinhaltung und die Erhebung des Zustandes von Gewässern.

Im Wasserrechtsgesetz sind auch die Bewilligung und die Verlängerung von Wasserbenutzungen zur Energieerzeugung geregelt. Es bildet die Basis für die erforderliche wasserrechtliche Bewilligung für den Betrieb einer Wasserkraftanlage.

Im Jahr 2003 wurde die europäische Wasserrahmenrichtlinie ins österreichische Wasserrecht integriert. Damit wurden europaweit gleiche Maßstäbe für den Zustand von Oberflächengewässern (Flüsse, Bäche, Seen) und Grundwasser festgelegt. Nach einem abgestimmten Vorgehen soll der Zustand der Gewässer sukzessive verbessert werden, als Lebensraum für die angestammten Tier- und Pflanzenarten und als



Lebensadern für uns und unsere Nachkommen. Eine Verschlechterung der Gewässer soll verhindert werden. Ein wesentlicher Vorteil der Richtlinie ist, dass die gesamten Einzugsgebiete betrachtet werden, also Flusssysteme über Staatsgrenzen hinweg von der Quelle bis zur Mündung.

Die zentralen Ziele der Wasserrahmenrichtlinie sind die Erreichung eines „guten Zustandes“ der Gewässer. Dahingehend gibt es ein Verbesserungsgebot und ein Verschlechterungsverbot. Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, die Zielvorgaben der EU zu erfüllen. Das wesentliche Instrument ist dabei der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan, in dem einerseits die Bestandsaufnahme zum Zustand der Gewässer enthalten ist und andererseits festgeschrieben wird, welche Schritte bis wann und wo zu setzen sein werden, um die Zielvorgaben der EU zu erfüllen. Auch Österreich hat einen solchen Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan erstellt.

Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP)

Zur Verbesserung und für eine nachhaltige Nutzung der Gewässer muss eine flussgebietsbezogene Planung von der Quelle bis zur Mündung gewährleistet werden. Schwerpunkt bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist der nationale Gewässerbewirtschaftungsplan. Dieser soll zusammen mit entsprechenden Maßnahmenprogrammen (sind das Kernstück des NGP) die Erreichung und Erhaltung eines guten Gewässerzustandes sicherstellen. Der NGP muss als Planungsgrundlage die anzustrebende wasserwirtschaftliche Ordnung in größtmöglicher Abstimmung der verschiedenen Interessen (Lebensraum, Wirtschaft) darstellen. Dies betrifft in Österreich die Flusseinzugsgebiete von Donau, Rhein und Elbe.



Der NGP ist eine Verordnung zum WRG. Gemäß den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie war bei der Erstellung des nationalen Gewässerbewirtschaftungsplanes die Öffentlichkeit zu beteiligen. Der erste NGP wurde im Jahr 2010 erlassen und ist in der Folge alle 6 Jahre zu überprüfen und zu aktualisieren.

Grundlage für die Erlassung bildet eine Bestandsaufnahme (Ist-Analyse aus dem Jahr 2005), in der alle wasserwirtschaftlich bedeutenden Gegebenheiten und vor allem die signifikanten menschlichen Belastungen der Gewässer sowie die voraussehbaren Veränderungen und Entwicklungen darzustellen sind.

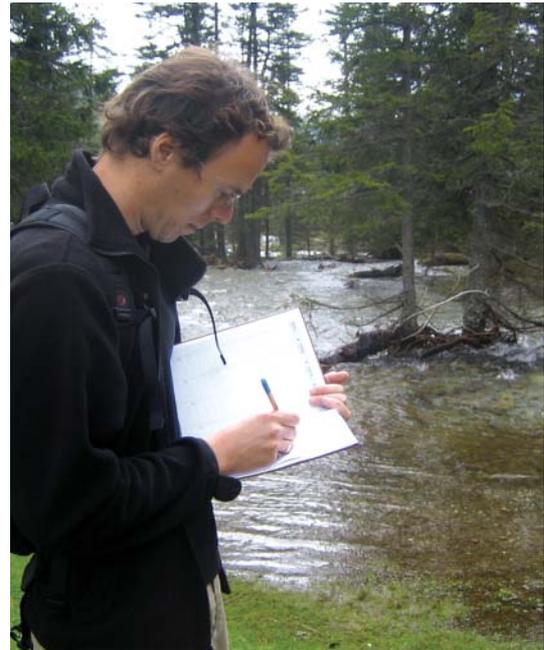
Der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan beinhaltet folgende Kapitel:

- Rahmenbedingungen (rechtlich, institutionell, administrativ, technisch)
- Allgemeine Beschreibung der Merkmale von Flussgebieten (Oberflächengewässer, Grundwasserkörper, Schutzgebiete)
- Zusammenfassung der wirtschaftlichen Analyse der Wassernutzungen (Landwirtschaft, Produktion, Elektrizitätserzeugung, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung)
- Abschätzung der Auswirkungen von Belastungen



bzw. anthropogenen Einwirkungen auf den Gewässerzustand

- Überwachung (chemische, ökologische, mengenmäßige Überwachungsprogramme) sowie Schutzgebiete (Trinkwassergewinnung, Fisch- und Badegewässer, gefährdete Gebiete, Lebensraum- und Artenschutz)
- Qualitäts- und Umweltziele (Chemie und Ökologie)
- Anzustrebende wasserwirtschaftliche Ordnung im öffentlichen Interesse (hydromorphologische Belastungen, Schadstoffeinleitungen, veränderte und künstliche Fließgewässer, Wasserentnahmen, qualitative und quantitative Beeinträchtigungen ...)
- Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft
- Öffentlichkeitsbeteiligung



4.2.2. Ökostromgesetz (ÖSG)

Das Ökostromgesetz (novelliert im Dezember 2009) regelt Zielsetzungen und Förderungsbedingungen für die Produktion von Ökostrom in Österreich. Das Gesetz bezieht sich dabei auf die Produktion von Strom aus Kleinwasserkraft, Mittlerer Wasserkraft, Windenergie, Biogas, Biomasse, Photovoltaik und Ablauge. Ziel dieses Bundesgesetzes ist es, im Interesse des Klima- und Umweltschutzes

1. den Anteil der Erzeugung von elektrischer Energie in Anlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger zu erhöhen (Zielwert 78,1 %),
2. finanzielle Mittel zur Förderung von erneuerbaren Energieträgern effizient einzusetzen,
3. neue Technologien zur Marktreife zu bringen,
4. eine Investitionssicherheit für bestehende und zukünftige Anlagen zu gewährleisten,
5. die Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern EU-konform zu fördern.



4.3. Relevante Rahmenbedingungen des Landes Steiermark

4.3.1. Naturschutz

Zur Beachtung des Schutzes der Natur müssen Wasserkraftanlagen oftmals auch auf Basis der Naturschutzgesetze der Länder genehmigt werden. Insbesondere fallen unter die Bestimmungen dieses Gesetzes der Schutz und die Pflege von Naturschutzgebieten, Landschaftsschutzgebieten, geschützten Landschaftsteilen sowie allen natürlichen stehenden Gewässern und deren Uferbereichen. Außerdem sind die Artenschutzverordnung, das Nationalparkgesetz, die Alpenkonvention, das Raumordnungsgesetz sowie das Fischereigesetz zu beachten.

4.3.2. „Energiestrategie Steiermark 2025“

Die Energiestrategie 2025 bildet die Grundlage für die Energiepolitik des Landes Steiermark, in der sämtliche Energiekonzepte und Landtagsbeschlüsse eingearbeitet sind. Ziel ist es, unter Berücksichtigung sozialpolitischer und wirtschaftlicher Aspekte den Energieeinsatz bestmöglich zu reduzieren und den Restbedarf mit einem möglichst hohen Anteil an erneuerbaren Energieträgern zu decken.

Die 5 strategischen Bereiche der „Energiestrategie 2025“ umfassen:

1. Energieeffizienz und Energiesparen
2. Erneuerbare Energien
3. Fernwärme und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
4. Energieinfrastruktur, Raumordnung und Mobilität
5. Forschung und Bildung, Energieberatung

Die Energiestrategie 2025 beschreibt die in diesen fünf Bereichen vorgesehenen Einzelmaßnahmen und bewertet sie hinsichtlich der anfallenden Kosten sowie der damit zu erzielenden Energie- und CO₂-Einsparung.



Im strategischen Maßnahmenbereich „Erneuerbare Energie“ gibt es ua. den „Aktionsplan Wasserkraft“. Faktum ist, dass der Anteil der Wasserkraft an der Stromerzeugung in der Steiermark sinkt. Es ist deshalb neben der unabdingbaren Bedarfsreduktion notwendig, Wasserkraft als erneuerbaren Energieträger auszubauen, vorrangig durch Revitalisierung und Erneuerung bestehender alter Wasserkraftwerke, aber auch durch einen mit ökologischen Rahmenbedingungen abgestimmten Ausbau weiterer Wasserkraftwerke. Ein Aktionsplan soll unter Berücksichtigung ökologisch wertvoller Gewässer (zB. solche mit sehr gutem Zustand) die Möglichkeiten des Wasserkraftausbaues aufzeigen und potenzielle Investoren in geeigneter Form informieren.

Im Jahr 2008 wurde der Öffentlichkeit gemeinsam vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Energie-Control GmbH, Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs (VEÖ), Kleinwasserkraft Österreich und der Vereinigung Österreichischer Elektrizitätswerke (VÖEW) der „Masterplan-Wasserkraft für Österreich“ präsentiert. Aus der Abschätzung ergaben sich ein technisch-wirtschaftliches Gesamtpotenzial von 56 TWh pro Jahr und nach Abzug des bereits ausgebauten Potenzials ein technisch-wirtschaftliches Restpotenzial von rund 18 TWh pro Jahr. Für die Steiermark ergab sich daraus ein technisch-wirtschaftliches Restpotenzial von 2.200 GWh pro Jahr. Aufgabe des Landes wird es nun sein, dieses Potenzial einzugrenzen und Gewässerstrecken auszuschließen, die aufgrund ihrer sehr guten Qualität entsprechend den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie nicht verbaut werden dürfen.

4.4. Bewilligungsverfahren für Wasserkraftwerke

Die wichtigsten Bewilligungsverfahren sind

- **Wasserrechtliche Bewilligung:**
Notwendig für den Neubau von Anlagen oder wenn sich durch eine Revitalisierung die „Konsensdaten“ ändern (zB. Maß der Wasserbenutzung, Zweck der Anlage, Ausbaudurchfluss, Fallhöhe). Die zuständige Behörde ist die Bezirksverwaltungsbehörde für Anlagen bis 500 kW, der Landeshauptmann für Anlagen über 500 kW.
- **Elektrizitätsrechtliche Bewilligung:**
Erforderlich bei Errichtung, wesentlicher Änderung und Betrieb von Stromerzeugungsanlagen mit einer installierten Engpassleistung von 30 kW und darüber. Die zuständige Behörde ist die Landesregierung.
- **Naturschutzrechtliche, baurechtliche Bewilligungen:**
Die Notwendigkeit hängt vom Einzelfall ab. Die zuständigen Behörden sind die Bezirksverwaltungsbehörden (Naturschutz), Bürgermeister bzw. Magistrate (Baurecht).
Anlagen mit einer Leistung von mehr als 15 MW müssen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterzogen werden.





Kleinwasser- kraftnutzung



5. Kleinwasserkraftnutzung

Die Energiequelle Wasser wird in der Steiermark schon seit Jahrhunderten genutzt. Diente sie anfangs noch zum Betrieb von Getreidemühlen und später auch von Sägewerken, so steht heutzutage die Gewinnung von elektrischem Strom eindeutig im Vordergrund. Kleinwasserkraftwerke sind in allen Regionen der Steiermark vorhanden und sehr oft in die regionale Wirtschaft eingebunden.

5.1. Die Elektrifizierung der Steiermark

Um 1890 steckte die Nutzung der elektrischen Energie auf der ganzen Welt noch in ihren Anfängen. Während in der Reichshauptstadt Wien noch die Gaslaternenanzünder durch die Gassen wanderten, erhellte im Umland von Wien bereits elektrisches Licht einige Gemeinden. Die erste elektrische Straßenbeleuchtung in der Monarchie gab es 1886 in Scheibbs.



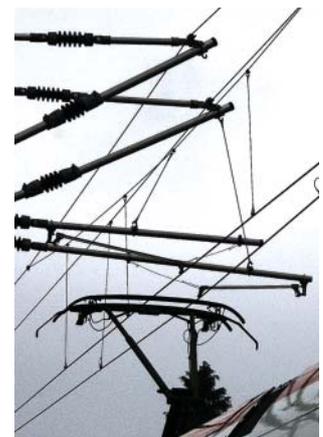
Das erste Kraftwerk für die öffentliche Stromversorgung in der Steiermark wurde im Jahre 1891 in Bad Aussee von der Firma Schwarz, Wagendorfer & Co. in Betrieb genommen. Ein Jahr später folgte das von Ing. Franz Pichler errichtete Kraftwerk in Weiz. Mit einer Leistung von 80 kW wurde die Stadt Weiz fortan mit Strom versorgt. Im selben Jahr erhielt Ing. Franz Pichler auch die Konzession zur gewerbsmäßigen Erzeugung elektrischer Maschinen und zur Errichtung von Fremdanlagen, womit der Grundstein für das Unternehmen ELIN gelegt wurde.

Die Voraussetzungen für das Entstehen der Elektrizitätswirtschaft in der Steiermark waren gut. Viele Flüsse und Bäche des Landes boten die günstige Möglichkeit zur Wasserkraftnutzung.

Die eigentliche Elektrifizierung der Steiermark begann damit, dass vorhandene Wasserkraftanlagen wie Mühlen zu Zwecken der Stromerzeugung umgebaut wurden. Bereits an der Wende zum 20. Jahrhundert wagte man sich an den Bau größerer Wasserkraftwerke an der Mur. So wurden 1903 das Murkraftwerk Lebring und 1908 das Murkraftwerk Peggau-Deutschfeistritz in Betrieb gesetzt. Beide Murkraftwerke waren für die Stromversorgung des Raumes Graz bestimmt und wurden 1910 in der „Steiermärkischen Elektrizitäts-Aktiengesellschaft“ (StEG) zusammengefasst.

Der planmäßige Ausbau der steirischen Wasserkraft und der Aufbau eines das Land überziehenden und die Landesgrenzen überschreitenden Hochspannungs-Leitungsnetzes begann im Jahre 1921. In diesem Jahr wurde die „Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-Aktiengesellschaft“ (STEWEAG) gegründet. Industrie, Gewerbe und private Haushalte wurden fortan flächendeckend mit elektrischer Energie versorgt.

Ein interessantes und sich über viele Jahrzehnte hinziehendes Kapitel ist die Elektrifizierung des steirischen Eisenbahnnetzes. Die Strecken der ÖBB wurden grundsätzlich mit 15.000 Volt Wechselstrom elektrifiziert.



Einige Beispiele:

- 1924 – Salzkammergutbahn (Stainach-Irdning über Bad Aussee nach Attnang-Puchheim)
- 1958/1959 – Ennstalbahn (Eben im Pongau über Schladming nach Selzthal)
- 1959 – Südbahn zwischen Payerbach-Reichenau und Mürzzuschlag
- 1963 – Südbahn von Mürzzuschlag über Bruck/Mur nach Leoben
- 1966 – Südbahn zwischen Bruck/Mur und Graz Hauptbahnhof
- 1972 – Südbahn zwischen Graz Hauptbahnhof nach Spielfeld-Straß
- 1977 – Südbahn von Spielfeld-Straß nach Maribor



5.2. Kleinwasserkraftwerke in der Steiermark

Rund 430 anerkannte steirische Kleinwasserkraftwerke liefern jährlich ca. 1,35 Mrd. kWh Ökostrom ins öffentliche Netz. Auf diese Weise versorgen sie etwa 386.000 Haushalte und übernehmen so einen wichtigen Beitrag zur Energieproduktion der Steiermark. Durch die Nutzung der Kleinwasserkraft können im Vergleich zur Produktion mit fossilen Energieträgern jährlich ca. 945.000 Tonnen CO₂ vermieden werden.



Um das Thema Kleinwasserkraft der Bevölkerung näherzubringen, wurden in der Steiermark 10 Kleinwasserkraftwerke (Stand Sept. 2009) als sog. „Schaukraftwerke“ zugänglich gemacht.

Kraftwerk Authal (Kleinwasserkraft & Ökologie)

ÖKR Anton Hubmann, 8763 Bretstein, Tel. 03576-307, Mail: ewerk-hubmann@aon.at

Hochdruckanlage mit großer Fallhöhe, Besichtigung eines Tümpelpasses (Fischaufstieg)



Kraftwerk Berghofer-Mühle (Kleinwasserkraft & regionales Gewerbe)

Familie Berghofer, 8350 Fehring, Tel. 03155-2222, Mail: office@berghofer-muehle.at, www.berghofer-muehle.at

Einsatz je einer Kaplan- und Francis-Turbine, Tradition und Moderne gehen Hand in Hand (zB. barockes Wasserrad und Wehr), Kleinwasserkraft als Motor der Industrialisierung, Stromproduktion für Eigenbedarf und öffentliches Stromnetz, ältestes Schaukraftwerk



Kraftwerk Krakauschatten (Kleinwasserkraft & Gemeindeleben)

Kleinkraftwerk Krakauschatten GmbH, Ing. Josef Schröcker, 8854 Krakaudorf, Tel. 03535-8626, kw@krakauschatten.at

Hochdruckanlage mit großer Fallhöhe und einer Pelton-Turbine, besonders leiser Betrieb, Kraftwerk ist Teil des Ziels einer energieautarken Gemeinde, neuestes Schaukraftwerk



Kraftwerk Lugitsch (Kleinwasserkraft & Energieerlebnis)
 Florian Lugitsch KG, 8330 Feldbach, Gniebing, Tel. 03152-2554-0, Mail: office@lugitsch.at, www.e-lugitsch.at
 Einziges Kraftwerk mit Kaplan-Rohr-Turbine, Ergänzung des Kraftwerks durch mehrere Photovoltaik-Anlagen, Attraktion sind Experimente mit Strom



Kraftwerk Murinsel (Kleinwasserkraft & Old Fashion und High-tech)

Stadtwerke Bruck/Mur, Murinsel, 8600 Bruck/Mur, Tel. 03862-51581-44, Mail: office@stadtwerke-bruck.at, www.stadtwerke-bruck.at

Kraftwerk im Wandel der Zeit, vollautomatische Rechenreinigungsanlage, fünf Francis-Zwillings-Turbinen, moderne Regel- und Steuerungselektronik, eine virtuelle Reise mittels modernster Videografik ermöglicht spannende Einblicke in die Welt der Stromerzeugung, größtes Schaukraftwerk



Kraftwerk Neuper (Kleinwasserkraft & Tradition)

E-Werk & Kabel-TV Neuper GmbH, 8782 Unterzeiring, Tel. 03571-2307, Mail: ew-neuper@ew-neuper.at, www.ew-neuper.at
 Niederdruckanlage mit zwei Francis-Zwillings-Turbinen, 100-jährige Tradition (alte Transformatoren mit Luftkühlung, alte Dieselturbine), Attraktion ist der Hammerhof (Erzverarbeitung zur Zeit Maria Theresias)



Kraftwerke Niederöblarn und Walchenbach (Kleinwasserkraft & Business)

E-Werk Niederöblarn GesmbH, c/o Manfred Peer, 8962 Gröbming, Tel. 03685-22358, Mail: office@elektro-peer.at, www.elektro-peer.at

Hochdruckanlagen mit sehr großer Fallhöhe, zwei Pelton-Turbinen, zusätzliche Attraktionen sind der Steinkeller (im Ort Niederöblarn) sowie der Kupferbergwerkweg nahe dem Krafthaus Walchenbach



Kraftwerk Stubenberg (Kleinwasserkraft & Revitalisierung)

Feistritzwerke - STEWEAG GmbH, 8223 Stubenberg, Tel. 03112-2653-0, Mail: office@feistritzwerke.at, www.feistritzwerke.at
 Ausleitungskraftwerk mit Ausleitungskanal und Druckrohrleistung, drei Francis-Spiral-Turbinen, Bauwerke und Maschinensätze noch im Originalzustand von 1905, vollautomatischer Kraftwerksbetrieb durch modernste Computertechnologie, Fischeaufstiegshilfen und Restwasserabgabe, Attraktionen sind ein Glastunnel sowie eine Livecam mit Onlinebildern



Kraftwerk Teichenbach (Kleinwasserkraft & Forstwirtschaft)

Liechtenstein Energie GmbH & Co KG, 8775 Kalwang, Tel. 03846-8262, Mail: energie@sfl.at, www.liechtenstein-energie.at
 Lauf- oder Flusskraftwerk mit Druckrohrleitung, unterschiedliche Stromproduktion durch schwankende Wasserführung, je eine Francis-Turbine sowie Andritzer Kompakt-Turbine

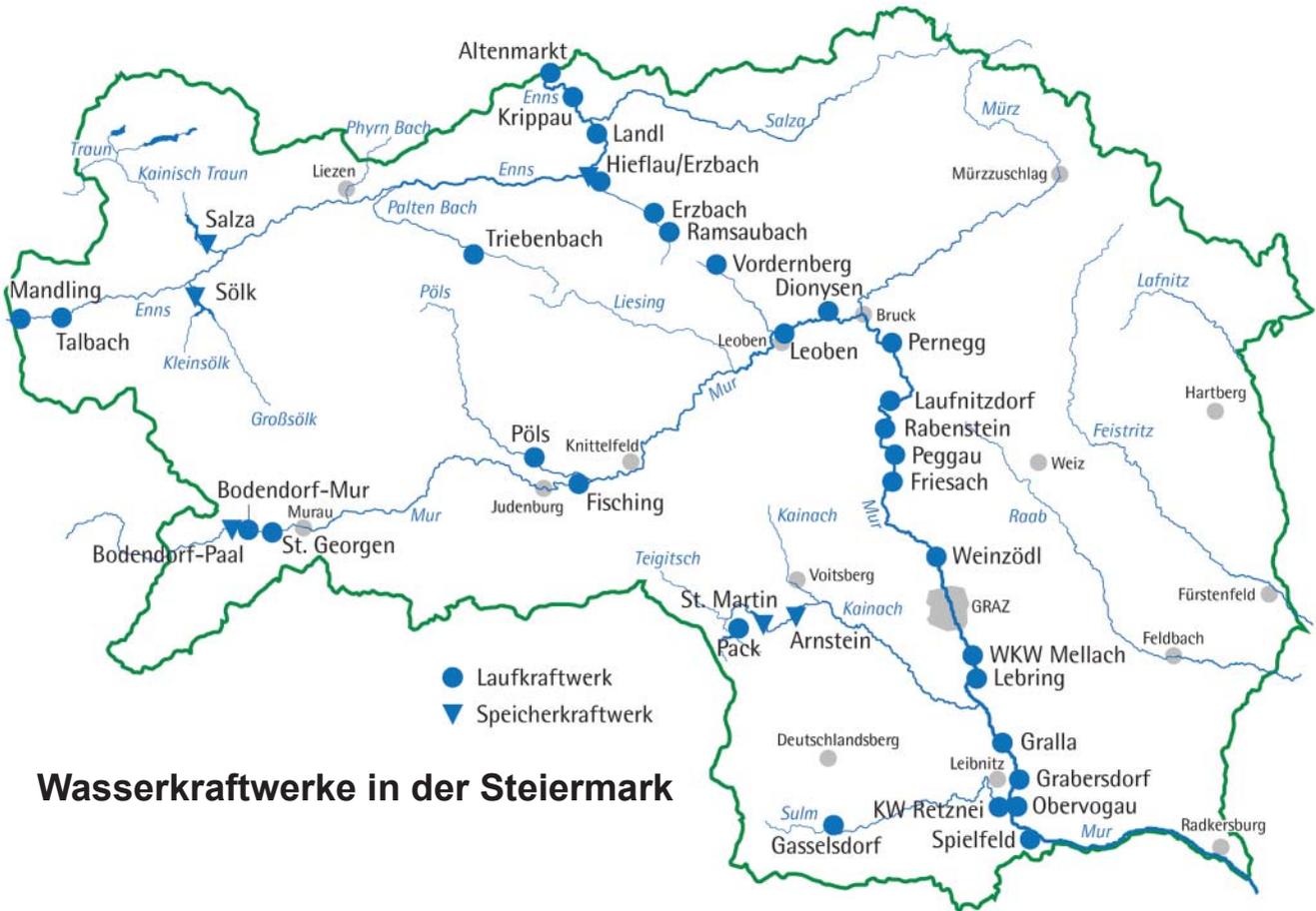


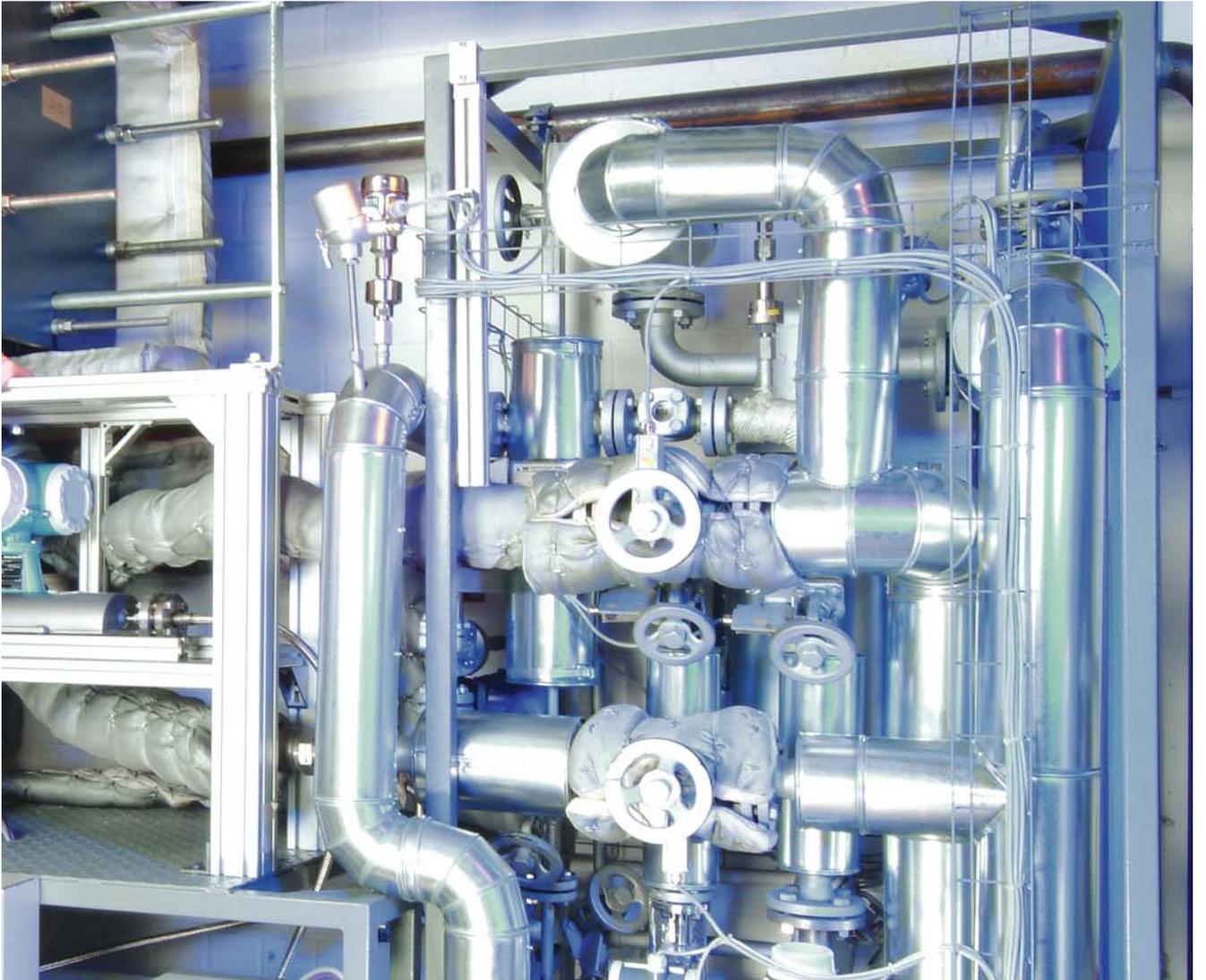
Kraftwerk Trattenbach (Kleinwasserkraft & Klimaschutz)
 Johann Machherndl, 8992 Altaussee, Tel. 0664-4242628, Mail: machherndl.hans@aon.at
 Zweidüsige Pelton-Turbine, in Eigenregie errichtet, kleinstes Schaukraftwerk

5.3. Der Verein „Kleinwasserkraft Österreich“

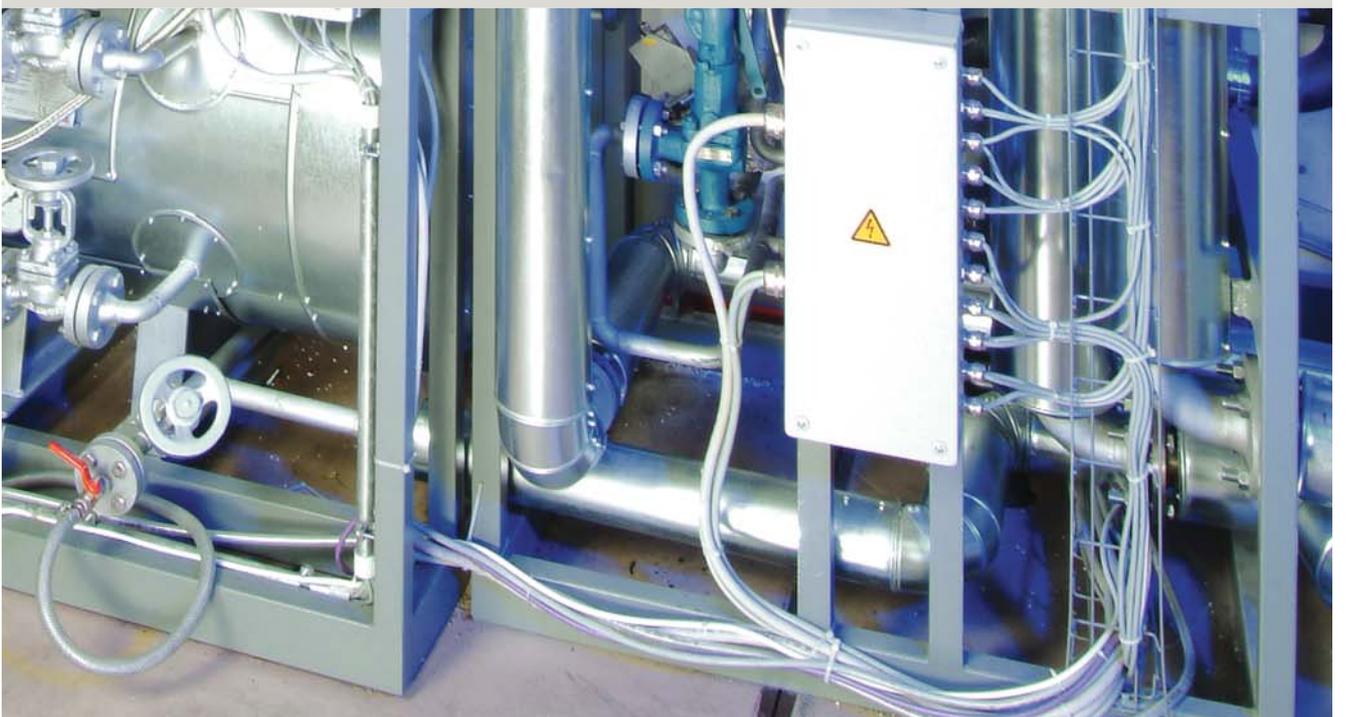
„Kleinwasserkraft Österreich“ vertritt seit 1979 die Interessen der Kleinwasserkraftbranche und all jener Unternehmen, Körperschaften oder Einzelpersonen, denen der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieformen ein Anliegen ist. Die Vereinstätigkeiten werden großteils aus den Beiträgen der Mitglieder finanziert. Es ist „Kleinwasserkraft Österreich“ ein großes Anliegen, für die erneuerbare Energiequelle „Kleinwasserkraft“ ein positives Umfeld zu schaffen und deren zahlreiche Vorteile der Bevölkerung näherzubringen.







Glossar



6. Glossar

Abfluss-Dauerlinie

stellt die Häufigkeit der Über- und Unterschreitungen des Normalabflusses dar

Ausleitungskraftwerk

das durch eine Wehranlage aufgestaute Wasser (Triebwasser) wird über einen Kanal oder Stollen zu einem Krafthaus geleitet, welches in einiger Entfernung zur Wehranlage steht; oft wird die Fließstrecke stark verkürzt, um damit Fallhöhe zu gewinnen

Buhnen

wasserbauliches Element; dammartige Baukörper, die vom Ufer aus in das Gewässer hineinragen; dadurch wird die Strömung gelenkt

Durchgängigkeit eines Gewässers

bedeutet die ungestörte Möglichkeit für Organismen (insb. Fische), das Gewässer auf- und abwärts zu wandern; wenn Querbauwerke (Wehre) das Fließkontinuum unterbinden, ist die Durchgängigkeit nicht mehr gegeben; Fischtreppe schaffen hier Abhilfe

Einzugsgebiet

Fläche innerhalb der Wasserscheiden

Energieeffizienz

bedeutet im allgemeinen die erreichte Wirkung eines Energieaufwandes pro eingesetzter Energiemenge (der gewünschte Nutzen soll mit möglichst wenig Energieeinsatz erreicht werden). Vorgänge sind auf Dauer nur dann nachhaltig erfolgreich, wenn jeder unnütze Verbrauch vermieden wird; das gilt im Besonderen auch für die Energie, die sich mit der Zeitdauer der wirkenden Leistung ergibt

Energieumwandlung

Umwandlung von einer in die andere Energieart oder innerhalb einer Energieart; aufgrund der vielfältigen Erscheinungsformen von Energie existieren auch zahllose Arten der Umwandlung von Energie. Energie wird oft mehrmals umgewandelt. Dies lässt sich anschaulich mit Diagrammen des Energieflusses darstellen; zB. bei der

Wasserkraftnutzung wird kinetische oder Bewegungs-Energie in elektrische Energie umgewandelt; eine Solarzelle wandelt die Strahlungsenergie des Lichtes in elektrische Energie um

Engpassleistung

höchstmögliche Leistung, die ein Kraftwerk erbringen kann

EU-WRRL

Europäische Wasserrahmenrichtlinie; vereinheitlicht die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Wasserpolitik in den EU-Mitgliedstaaten in Bezug auf eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung über die Ländergrenzen hinweg; es werden gleiche Maßstäbe für den Zustand von Oberflächengewässern und Grundwasser festgelegt

Fallhöhe (Nutzgefälle)

Differenz zwischen Ober- und Unterwasser eines Wehres bzw. Höhenunterschied zwischen oberem und unterem Wasserstand eines Wasserkraftwerks

Fischregionen

charakteristische Längszonierung von Fließgewässern nach der Artenzusammensetzung der auftretenden Fischfauna; unterschieden wird typischerweise zwischen einer oberen und unteren Forellenregion (Leitfischart: Bachforelle), der Äschenregion (Leitfischart: Äsche), der Barbenregion (Leitfischart: Barbe), der Brachsenregion (Leitfischarten: Brachse, Schleie, Karpfen etc.) und der Kaulbarsch-Flunderregion (Brackwasser, bereits vom Meer beeinflusst)

Geschiebe

die am Grund eines Fließgewässers rollend oder schiebend mitgeführten Steine, Kiese und Sande bis zu einem Durchmesser von 0,63 mm

Grundlast

Netzbelastung, die während eines Tages in einem Stromnetz nicht unterschritten wird

Hydromorphologie

beschreibt die tatsächlichen Gegebenheiten sowie das Entwicklungspotenzial eines Ge-

wässers; dazu zählen zB. Uferbefestigung, Struktur des Gewässerbodens, Art des Substrats der Sohle, Umfang des direkt angrenzenden Au-Bereichs; nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist sie ein wesentliches Merkmal zur Beschreibung eines Gewässerzustandes

Kleinwasserkraftwerk

Nutzung der hydraulischen Wasserenergie durch dezentrale, kleine Kraftwerke; man versteht darunter eine „Anlage auf Basis der erneuerbaren Energiequelle Wasserkraft“ mit einer Engpassleistung bis einschließlich 10 MW

Kolk

örtliche strömungsbedingte Vertiefung im Flussbett

Kraft-Wärme-Kopplung

gleichzeitige Gewinnung von nutzbarer Wärme für Heizzwecke und mechanischer Energie, die in der Regel unmittelbar in Elektrizität umgewandelt wird; meist in einem Heizkraftwerk

Laufkraftwerk (Flusskraftwerk)

Bezeichnung für ein Wasserkraftwerk ohne Speichermöglichkeit für das Betriebswasser; meist sind die Fallhöhen gering, dann spricht man von einem Niederdruckkraftwerk; das Flusswasser wird meist direkt durch eine Wasserturbine geleitet

Mittellast

Bereich des Tagesstromverbrauchs, der durch normale periodische Schwankungen im Energiebedarf über die Grundlast hinausgeht

Mittelwasser (MQ)

mittlere jährliche Abflussmenge laut Hydrographischem Jahrbuch

Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP)

flussgebietsbezogene Planungsgrundlage (von der Quelle bis zur Mündung) für eine nachhaltige Nutzung der Gewässer; Kernstück sind Maßnahmenprogramme in größtmöglicher Abstimmung der verschiedenen Interessen (Lebensraum, Wirtschaft); ist ein

Schwerpunkt bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Oberwasser

höher gelegene Wasserseite oberhalb eines Wasserkraftwerks

Pumpspeicherkraftwerk

Typ eines Speicherkraftwerks, bei dem das Wasser zusätzlich oder ausschließlich durch Pumpen in das Oberbecken (Stausee) befördert wird

Regelarbeitsvermögen (RAV)

Bezeichnung für jene elektrische Energiemenge, die bei Laufwasserkraftwerken im Regeljahr erzeugt werden kann (Regeljahr = fiktives Jahr, dessen wasserwirtschaftliche Werte Durchschnittswerte aus möglichst vielen Jahren sind)

Restwasserdotation

Mindestdotations von Wasser im Hauptgerinne (Restwasserstrecke); muss individuell festgelegt werden, da die Gewässerstruktur eine große Rolle spielt und je nach Fischregion unterschiedliche Grenzwerte gelten; kann jahreszeitlich gestaffelt sein

Rückführung

Wiedereinleitung des ausgeleiteten Triebwassers nach dem Kraftwerk in das Fluss- bzw. Bachbett; Ende der Restwasserstrecke

Schwallbetrieb

besondere Betriebsform eines Wasserkraftwerks zur Deckung von Spitzenbedarf an Strom; entweder wird das Kraftwerk nur zeitweise betrieben (Speicherkraftwerk) oder es werden zusätzliche Turbinen in Betrieb genommen; daher kommt es im Unterwasser zu unterschiedlichen Wasserführungen (Schwall und Sunk)

Sedimentation

Ablagerung von Stoffen, deren spezifisches Gewicht zu hoch ist, um in Schwebelage gehalten zu werden; in stehenden Gewässern sedimentieren Partikel dann, wenn ihr Gewicht höher ist als der Auftrieb des Wassers. In Fließgewässern werden Partikel in Abhängigkeit der Schleppkraft des Wassers selektiv abgelagert; somit gibt die Korngrößen-

verteilung an der Sohle Aufschluss über die vorherrschenden Fließgeschwindigkeiten

Selbstreinigung

Gesamtheit aller Vorgänge in einem Gewässer, durch die organische Wasserinhaltsstoffe und andere organische Nährstoffe in den natürlichen Stoffkreislauf einbezogen, abgebaut, mineralisiert und langfristig auch aus ihm ausgeschieden werden; dieser Vorgang wird vorwiegend durch Aktivitäten von Organismen bewirkt

Speicherkraftwerke

diese werden abhängig vom Füll-Entleerungsrhythmus in Tages-, Wochen-, Monats- und Jahresspeicher (häufigster Typ in den Alpen) unterteilt; in den Sommermonaten werden die Staubecken durch das Schmelzwasser der Gletscher aufgefüllt, im zwar schneereichen, aber wasserarmen Winterhalbjahr wird dann meist Spitzenlast-Strom produziert

Spitzenlast

kurzzeitig auftretende hohe Leistungsnachfrage im Stromnetz

Stauanlage

Sammlung von Wasser in einem Becken („Stausee“), das entweder natürlichen Ursprungs ist oder durch Aufstauen mittels einer Staumauer (bzw. eines Staudammes) entsteht; der Stausee wird durch einen Zufluss gespeist, außerdem werden ggf. Stollen zu anderen Gewässern errichtet, um zusätzliches Wasser in den Stausee einzuleiten

Staustufe

Anlage zum Aufstauen eines Fließgewässers zur Regelung des Wasserstandes flussaufwärts und flussabwärts; eine Staustufe besteht aus dem Absperrbauwerk (Wehr, Staumauer), seitlichen Dämmen sowie dem Stauraum, ggf. auch einem Krafthaus

Stauräumspülung

Methode zur Befreiung des Stauraumes eines Wasserkraftwerks von Ablagerungen (Sedimente); dazu werden die Wehrklappen bzw. Grundablässe geöffnet und große Wassermengen ins Unterwasser entlassen

Totwasser

Strömungsgebiet hinter der Ablöselinie eines umströmten Körpers, in dem neben einer stark verzögerten Grundströmung eine wirbelige (turbulente) Strömungsform vorhanden ist; die Totwasser hinter großen Steinen bieten den im Fließwasser lebenden Tieren einen Schutz vor der Strömung

Unterwasser

tiefer gelegene Wasserseite unterhalb eines Wasserkraftwerks

Vertical-Slot-Pass

spezielle Form einer Fischwanderhilfe: hier werden in eine Rinne zwischen Ober- und Unterwasser Querwände eingezogen; Fische wandern durch vertikale Schlitze, durch Schlupflöcher oder Kronenausschnitte; Vorteile: einfache Planung und Errichtung, geringer Raumbedarf; Nachteile: regelmäßige Wartung und relativ viel Wasser erforderlich

Wasserschloss

dient zur Verminderung des Druckstoßes beim Öffnen des Verschlusses einer Rohrleitung eines Speicherkraftwerks; verhindert das Bersten von Rohrleitungen bzw. die Beschädigung von Turbinen

Wehr (Stauwehr, Stauwerk)

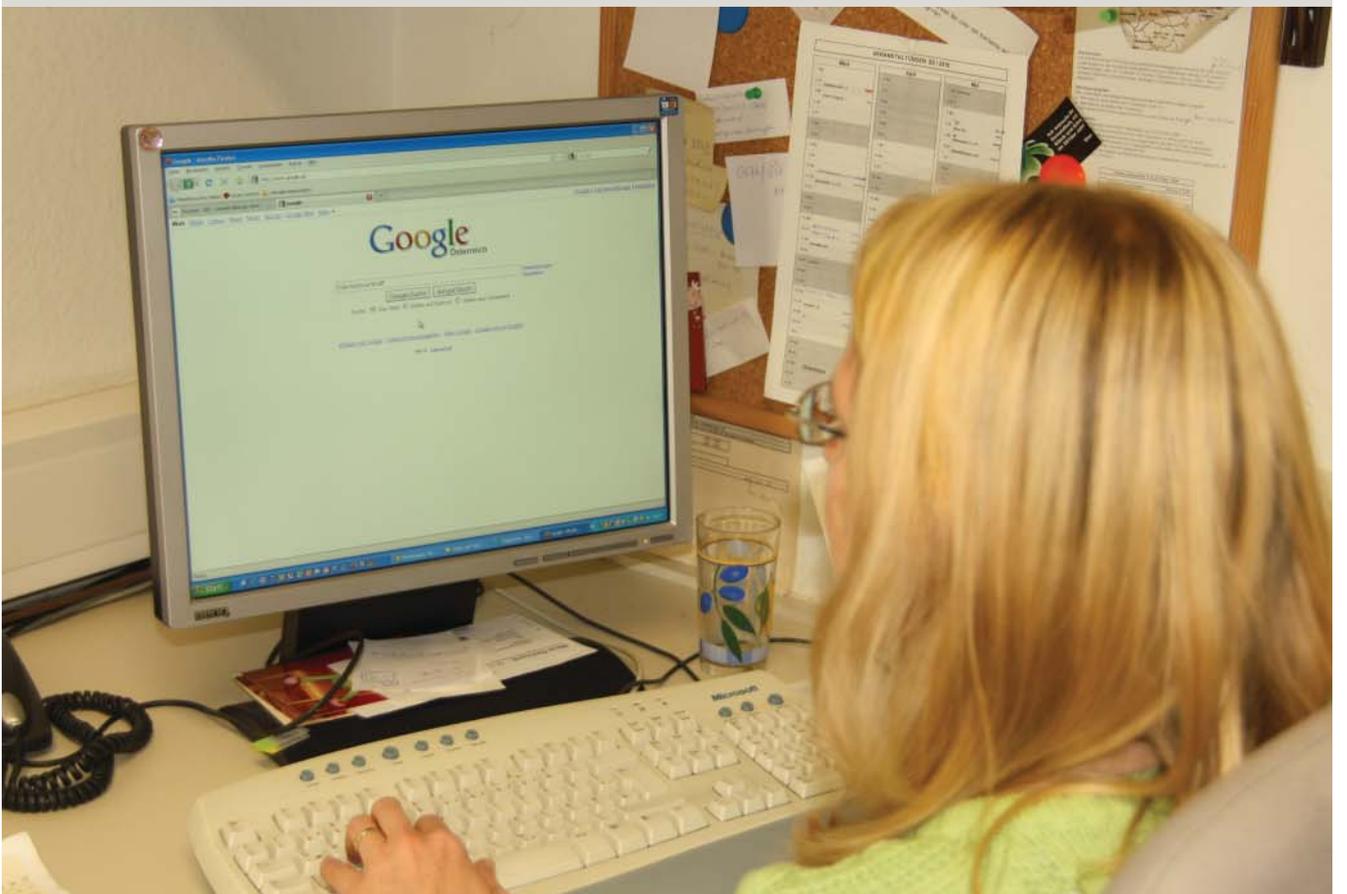
technische Anlage, die einen Fließgewässerbereich abschließt; kann zeitweise überströmt oder durchströmt werden (ev. beides gleichzeitig); wird für Wasserkraftnutzung, Bewässerung bzw. Schifffahrtsanlagen (Schleusen) verwendet

Wirkungsgrad

Wirkungsgrad = Leistungsabgabe / Leistungsaufnahme; Energie wird umgewandelt, um sie in einer anderen Qualität verfügbar zu machen: so wird zB. in einem Kohlekraftwerk die chemische Energie des Brennstoffs Kohle zunächst in Wärme umgewandelt und diese dann in elektrische Energie; die Definition gilt sowohl für die Umwandlung von einer Energieart in die andere wie auch für die Umwandlung hoher elektrischer Spannung auf ein niedrigeres Niveau (innerhalb einer Energieart)



Literatur & Links



7.1. Literatur

Geitmann S.: Buch über Energie & Kraftstoff - Erneuerbare Energien. Mit neuer Energie in die Zukunft. Hydrogeit Verlag, Oberkrämer 2005

Geitmann S.: Erneuerbare Energien. Mit neuer Energie in die Zukunft. Hydrogeit Verlag, Oberkrämer 2009

Giesecke J., Mosonyi E.: Wasserkraftanlagen – Planung, Bau und Betrieb. Springer Verlag, Heidelberg/Wien 2009

Hrsg. ÖKOBÜRO: Weniger ist mehr! Energieverbrauch und zukunftsfähige Entwicklung. Eigenverlag, Wien 2008

Hrsg. Ökologie-Institut: Die Umweltchecker. Nachhaltigkeit für die 2. bis 6. Schulstufe. Eigenverlag, Wien 2009 (Download auf www.umweltchecker.at)

Hrsg. VWEW: Lernsequenzen. Unterrichtsmaterialien zum Thema Energie / Sekundarstufe 1. Lernhefte 1-6 inkl. CD-Rom mit Zusatzmaterialien zum Thema. VWEW Energieverlag GmbH, Bildung und Schule, D-60326 Frankfurt am Main

Hrsg. VWEW: Themenhefte „Eyes on Energy“. Brennstoffzelle, Windkraft, Wasserkraft, Solarenergie. VWEW Energieverlag GmbH, Bildung und Schule, D-60326 Frankfurt am Main

Hrsg. VWEW: Elektrizität. Computerunterstütztes Lernsystem für die 7. und 8. Klassen. CD-Rom. VWEW Energieverlag GmbH, Bildung und Schule, D-60326 Frankfurt am Main

Hrsg. Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e.V. (WBW): Leitfaden für den Bau von Kleinwasserkraftanlagen, Franckh-Kosmos-Verlag, Stuttgart 1994

Hrsg. Zukunftsforum Österreich: Spannungsfeld Energie - Energieautonomes Österreich - Utopie oder Notwendigkeit? ÖGB Verlag, Wien 2006

Hütte M.: Ökologie und Wasserbau: Ökologische Grundlagen von Gewässerausbau und Wasserkraftnutzung. Verlag Paul Parey, Berlin 2000

Jetzer P.: Die Wasserkraft. Weltweit Carlsen Verlag, Hamburg 2009

König F., Jehle Ch.: Bau von Wasserkraftanlagen. Praxisbezogene Planungsgrundlagen. VDE-Verlag, Berlin 2010

Quaschnig V.: Erneuerbare Energien und Klimaschutz. Hintergründe - Techniken - Anlagenplanung - Wirtschaftlichkeit. Carl Hanser Verlag, München 2009

Scheer H.: Energieautonomie. Eine neue Politik für erneuerbare Energien, Verlag Antje Kunstmann, München 2005

Uhrmeister B., Reiff N., Falter R.: Rettet unsere Flüsse – Kritische Gedanken zur Wasserkraft. Pollner-Verlag, Oberschleißheim 1998

7.2. Links

www.kleinwasserkraft.at (Kleinwasserkraft Österreich, mit Informationen zu Kleinwasserkraft Steiermark)

www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/beitrag/10177661/4748031 (Wasserwirtschaftliche Interessen bei Kraftwerken)

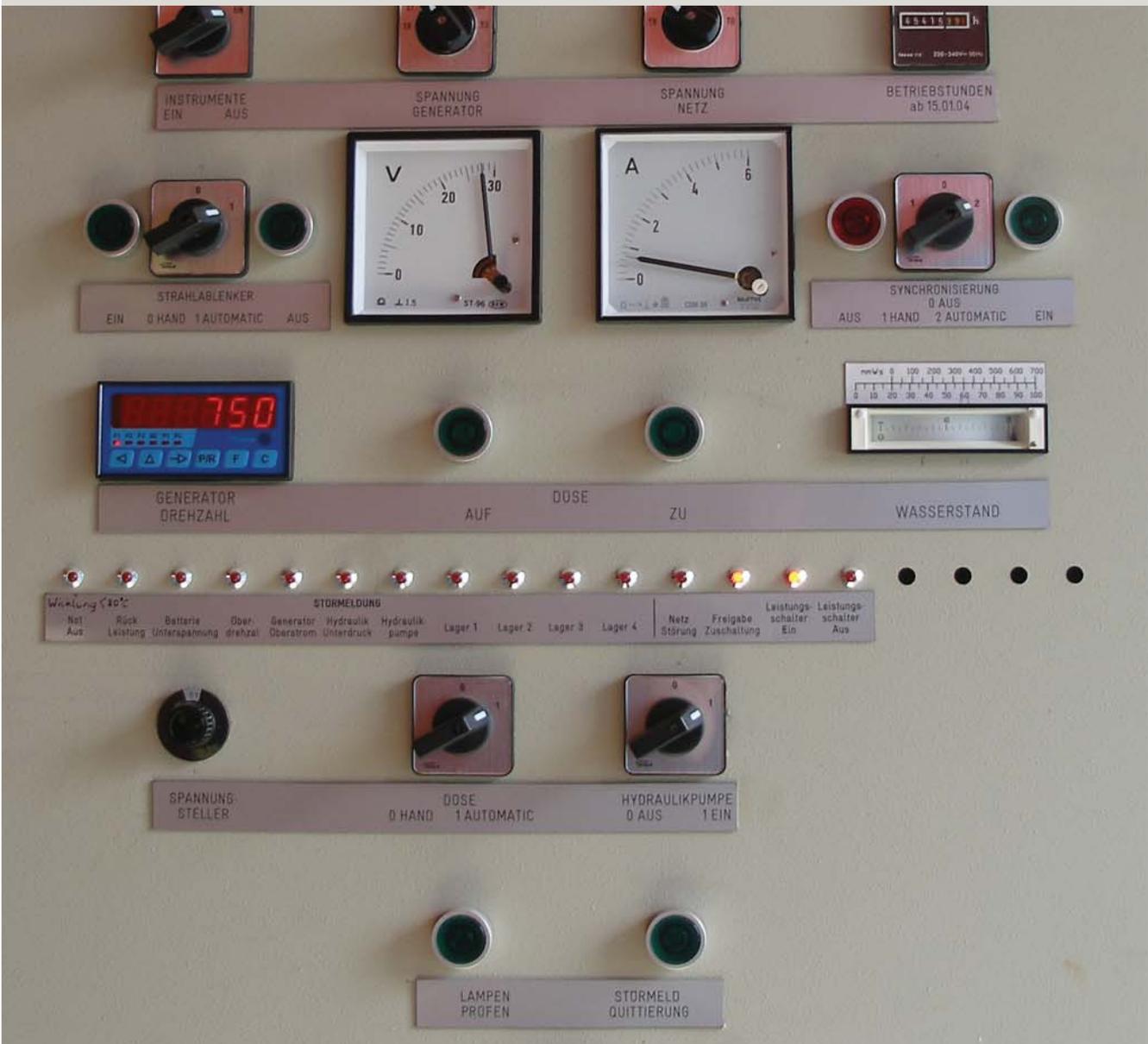
www.wasseraktiv.at/aktuelle-wasserinfos (Website des Lebensministeriums: Europäische Wasserrahmenrichtlinie, Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan, Informationen zum guten Zustand für unsere Gewässer, aktueller Zustand der Gewässer)

www.ubz-stmk.at/projekte/index.php?cmid=747 (Projekt „Kleinwasserkraft Steiermark“)

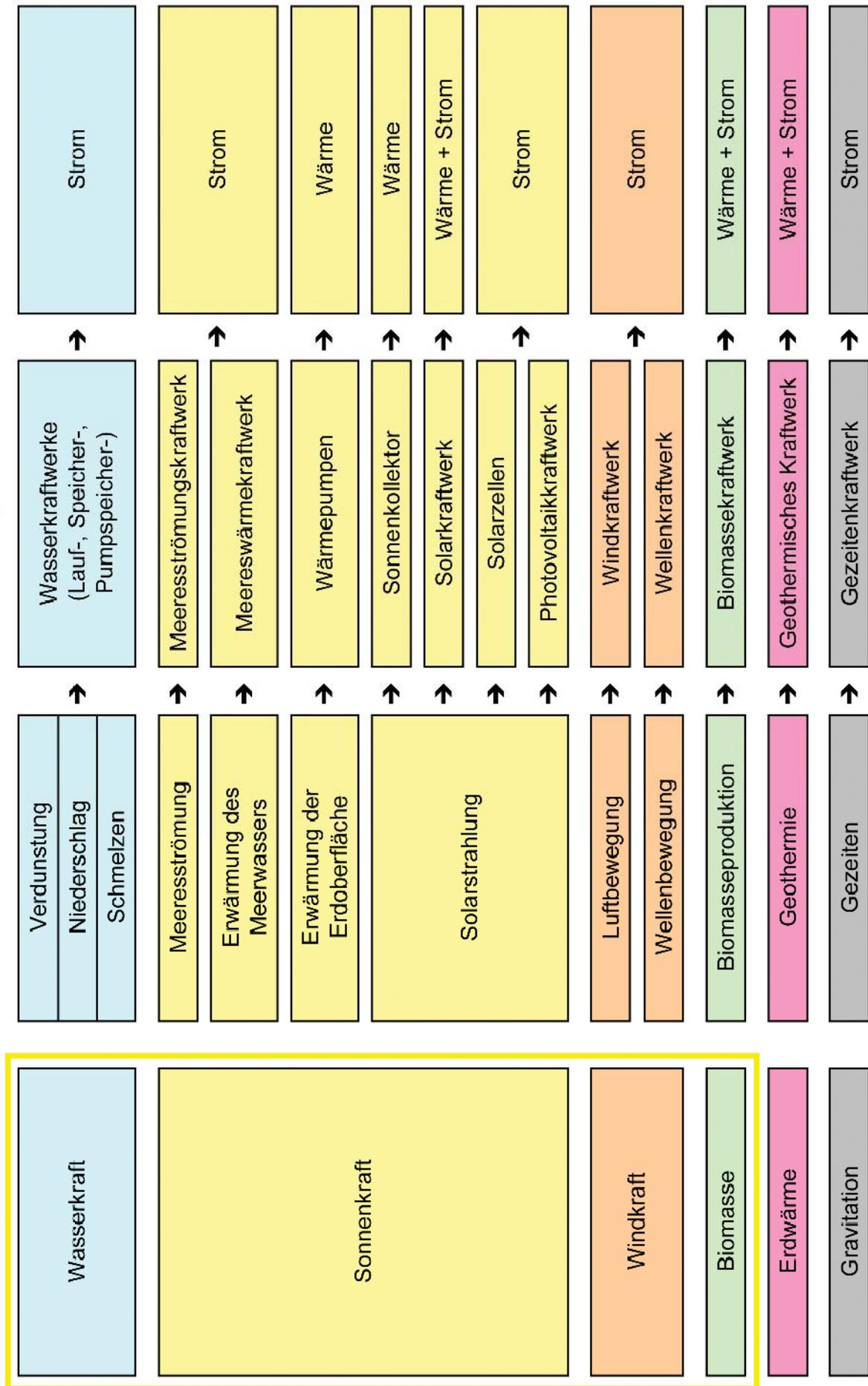
www.wasserkraft-deutschland.de (Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke)



Anhang



Erneuerbare Energien



Arbeitsauftrag "Wasserdruck" (Kopiervorlage)

Vielleicht ist dir schon aufgefallen, dass bei allen Wasserkraftwerken das gestaute Wasser in Bodennähe entnommen wird, also aus der Wassertiefe. Warum leitet man das Wasser nicht von der Wasseroberfläche aus auf die Turbinen? Ein kleines Experiment soll bei der Erklärung helfen.



Benötigtes Material:

- 1 leere Plastikflasche (gut geeignet sind 1,5 l Flaschen)
- 1 dicke Nadel oder 1 dicker Draht
- 1 Korken
- Feuerzeug
- Klebestreifen (Isolierband)
- Plastikwanne
- Wasser
- etwas Tinte

Durchführung: Führe das Experiment am besten draußen und gemeinsam mit einem/einer zweiten SchülerIn durch!

1. Befestige die Nadel oder den Draht im Korken (er soll verhindern, dass du dich verbrennst).
2. Erhitze anschließend Nadel oder Draht und stich ca. 3 bis 4 cm über dem Flaschenboden ein Loch (nicht zu groß!) in die Plastikflasche. Dann bohre ein zweites, drittes usw. Loch in die Flaschenwand, jeweils 4-5 cm voneinander entfernt.
3. Verschließe die Löcher mit Klebestreifen.
4. Fülle die Flasche mit gefärbtem Wasser und halte sie über die Wanne. Stelle die Wanne so auf den Tisch oder Boden, dass das Wasser aus den Flaschen-Löchern hineinlaufen kann.
5. Löse die Klebestreifen und beobachte, was passiert!

Frage:

Welcher Wasserstrahl schießt stärker aus der Flasche? Warum?

Erklärung:

Der unterste Wasserstrahl ist der stärkste, der oberste der schwächste. Das Gewicht des „oberen Wassers“ lastet auf dem „unteren Wasser“, daher wird dieses mit mehr Energie aus dem unteren Loch gedrückt. Die Bewegungsenergie des Wassers ist also größer, wenn man es aus dem unteren Wasserbereich entnimmt.



Arbeitsauftrag "Einfaches Wasserrad" (Kopiervorlage)

Ein Wasserrad ist einfach zu bauen, man braucht nicht viel dafür.



Benötigtes Material:

- 1 Korken
- 2 Nägel
- 1 Jogurtbecher
- 2 Astgabeln
- Messer
- Schere
- Unterlage

Bauanleitung: in der Reihenfolge der Aufzählung

1. Wasserradwelle: Zunächst mit dem Messer 4 Schnitte in den Korken schneiden.
2. Wasserradschaufeln: Zuerst den Becherboden abschneiden. Anschließend den Jogurtbecher so zerschneiden, dass vier Schaufeln entstehen.
3. Die 2 Nägel in die Mitte des Korkens (oben und unten) stecken, danach wieder herausziehen.
4. Zusammenbau: Nun die Schaufeln in die Schlitze des Korkens stecken und zum Schluss die Nägel wieder hineinstecken.
5. Das fertige Wasserrad zwischen die Astgabeln geben.

Achtung! Nicht nur mit dem Messer, auch mit den Kanten des Jogurtbechers kann man sich schneiden!



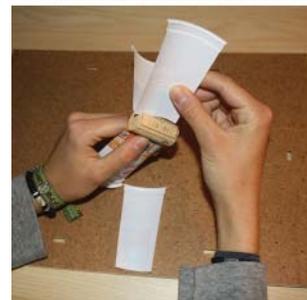
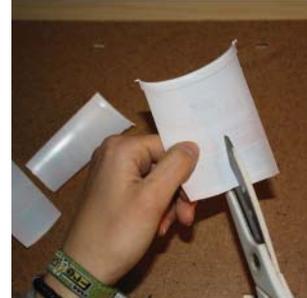
Das Wasserrad funktioniert auch am Wasserhahn, besser ist es aber, wenn es an einem Bach ausprobiert wird.

Frage:

Wann dreht sich das Wasserrad schneller? Wenn die Schaufeln mehr oder weniger ins Wasser eintauchen?

Antwort:

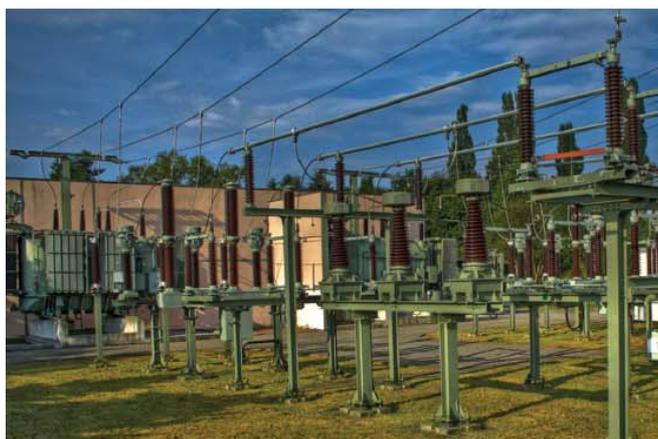
Wenn die Schaufeln zu tief eintauchen, bleibt das Rad stehen, wenn sie nur wenig ins Wasser eintauchen, dann ist der Widerstand des Wassers geringer und die Hebelwirkung größer..



Impulskarten "Stromversorgung 1" (ausdrucken, folieren, ausschneiden)



Impulskarten "Stromversorgung 2" (ausdrucken, folieren, ausschneiden)



Impulskarten "Stromversorgung 3" (ausdrucken, folieren, ausschneiden)



Beschriftungskarten (ausdrucken, folieren, ausschneiden)

Laufkraftwerk Ybbs-Persenbeug	Strommast 230/400 V
Speicherkraftwerk Kaprun	Mast mit Transformator 230/400 V
Kleinwasserkraftwerk Bruck	Dachständer
Kleinwasserkraftwerk Walchenbach	Stromverbraucher Industrie
Kleinwasserkraftwerk Authal	Stromverbraucher Eisenbahn
Umspannwerk 110 kV, 220 kV, 380 kV	Stromverbraucher Gewerbe
Umspannwerk 10 kV, 20 kV, 30 kV	Stromverbraucher Verkehr
Umspannstation 10 kV, 20 kV, 30 kV	Stromverbraucher Haushalte
Transformatorstation 230 V, 400 V, 600 V	Stromverbraucher Landwirtschaft
Transformatorstation 230 V, 400 V	Sicherungskasten
Strom-Freileitung 220 kV, 380 kV	Stromzähler
Strom-Freileitung 10 kV	Strom aus der Steckdose

Infoblatt "Untersuchungspraxis Gewässermorphologie"

(Kopiervorlage)

Hintergrundinformation

Wesentlich für eine ökologische Gesamtbewertung eines Oberflächengewässers sind **hydromorphologische Qualitätskomponenten** (Wasserhaushalt, Morphologie, Durchgängigkeit des Gewässers), diverse **chemisch-physikalische Qualitätskomponenten** (Temperatur, Sauerstoffhaushalt, Versauerung, Nährstoffverhältnisse) sowie verschiedene **biologische Qualitätskomponenten** (Phytoplankton, Wasserpflanzen, wirbellose Bodentiere und Fische).

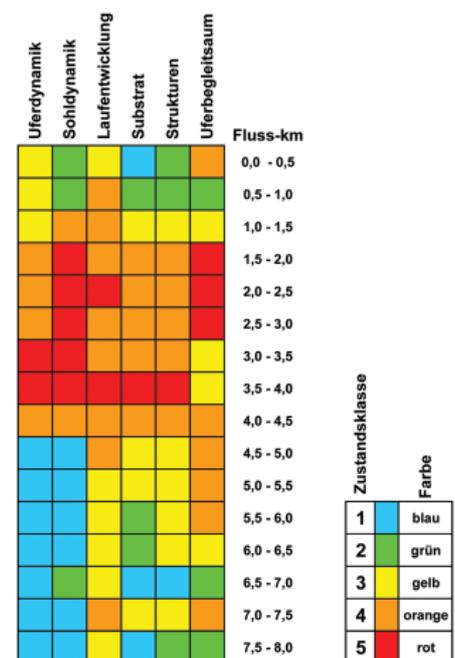
Jedes Gewässer weist unterschiedliche charakteristische Merkmale auf – ein Gebirgsbach beispielsweise andere als ein Fluss im Flachland. Die EU-WRRL teilt daher die Gewässer in Typen ein und bewertet ihren ökologischen Zustand. Weitgehend intakte, variable Gewässerstrukturen sowie möglichst natürliche hydrologische Verhältnisse sind eine Grundvoraussetzung für das Erreichen eines „guten ökologischen Zustands“ und damit unverzichtbarer Bestandteil von Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen. Die Beeinflussung der Habitatvielfalt aquatischer Lebensräume und der vorkommenden Lebensgemeinschaften soll so gering wie möglich gehalten werden.

Zustandsklasse 1 natürlicher Zustand
Zustandsklasse 2 strukturell wenig beeinträchtigt
Zustandsklasse 3 strukturell stark beeinträchtigt
Zustandsklasse 4 naturferner Zustand
Zustandsklasse 5 naturfremder Zustand

Die Untersuchung von Fließgewässern erfolgt mit verschiedenen Methoden. Für die morphologische Bewertung von „**kleinen Gewässern**“ (das sind Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet von 10 bis 100 km²) wurde vom Umweltministerium gemeinsam mit den Bundesländern die sogenannte „**Screening-Methode**“ entwickelt. Bei dieser wird das Fließgewässer in 500m-Abschnitte aufgeteilt und auf Basis von Parametern (= charakteristische Eigenschaften)

beurteilt. Die beiden Ufer werden nicht gesondert beurteilt, die Bewertung erfolgt immer für den gesamten Gewässerabschnitt. Es gibt auch keine aufsummierte Gesamtbewertung, sondern es gilt der Wert nach dem „**worst case-Prinzip**“ (= der schlechteste Wert ist „bestimmend“). So gibt es auch keine Zwischenstufen in der 5-stufigen Skala.

Beispiel einer Screening-Erhebung (Kartierung) eines Baches



Zustandsklasse	Farbe
1	blau
2	grün
3	gelb
4	orange
5	rot

Allgemein gilt: Je weniger ein Gewässer (inkl. seiner Umgebung) vom Menschen beeinflusst ist, desto besser ist sein ökologischer Zustand.

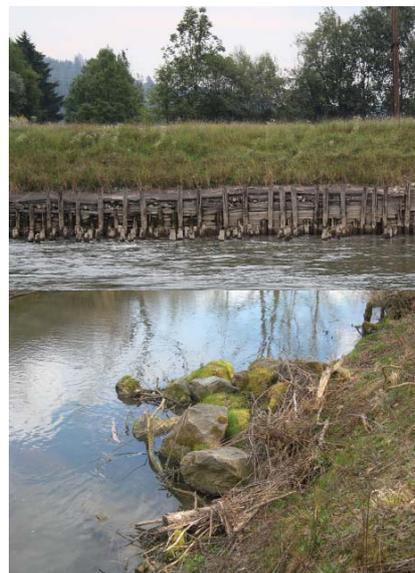
Infoblatt 1 "Zu untersuchende Gewässerstrukturen"

(Kopiervorlage)

Beurteilung der Uferdynamik:

Hier wird die Beeinträchtigung der Ufer von Fließgewässern durch künstliche Uferverbauungen untersucht. Als Verbauung gelten Beton- oder Steinmauer, Steinschichtung, Holzverbauung, Blockwurf, Flechtzäune, Faschinen (Strauchbündel), Buhnen, regelmäßige künstliche Uferkorrekturen (Baggerungen bzw. Materialschüttungen).

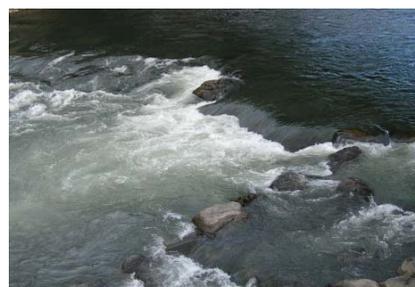
Merkmale einer uneingeschränkten Uferdynamik sind Mäander, Prall- und Gleitufer, Uferanbrüche, Unterspülungen, Gehölzstrukturen im Uferbereich, kleine Halbinseln ...



Beurteilung der Sohldynamik:

Untersucht wird die Beeinträchtigung von Fließgewässern durch Sohlverbaumaßnahmen; dazu zählen die Betonsohle, offene und verfugte Sohlpflasterung, Holzsicherungen, Sohlgurte oder -schwelle sowie schutzwasserbauliche Absturzbauwerke.

Merkmale einer uneingeschränkten Sohldynamik sind die Ausbildung von Kolken und Furten, Steinblöcke, Furkation (Aufzweigung in Nebenarme und Gerinne) mit Kies- und Sandbänken, Totholzansammlungen ...



Beurteilung der Laufentwicklung:

Hier ist keine exakte Beurteilung möglich, da sowohl historische Karten wie auch viel Expertenwissen notwendig sind. Erhoben werden daher nur gestreckt verlaufende Gewässer, die danach beurteilt werden, ob sie natürlich oder künstlich sind. Gewässerbegradigungsmaßnahmen sind Mäanderdurchstiche, Regulierungen (Laufverkürzung), Verlegungen eines Gewässers, Staubereiche ...



Infoblatt 2 "Zu untersuchende Gewässerstrukturen"

(Kopiervorlage)

Beurteilung der Substratzusammensetzung:

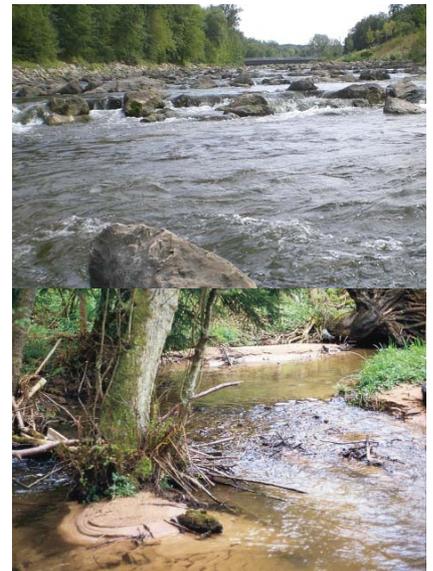
Auch hier ist ohne umfangreiches Fachwissen und genaue



Beprobung keine exakte Beurteilung möglich, es wird lediglich die Korngröße des Substrates ermittelt und abgeschätzt, was in dem untersuchten Gewässerabschnitt natürlich wäre.

Meist nimmt die Korngröße von der Quelle hin zur Mündung ab.

Für diese Beurteilung wird auch die Sohldynamik herangezogen.

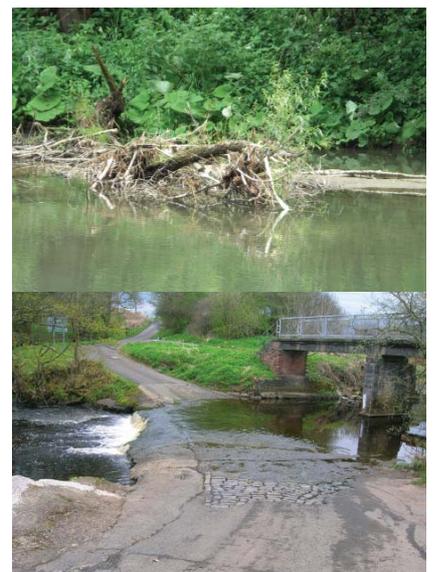


Beurteilung der Strukturen im Bachbett:

Die Verschiedenheit eines Bachbetts ist grundsätzlich bedingt durch den Gewässerverlauf, durch die Ausprägung der Ufer und deren Vegetation sowie durch das Substrat. Untersucht wird das Vorhandensein bzw. Fehlen von Strukturen.



Natürliche Strukturen sind Kolke (lokale Tiefstellen), Rinner (langgezogene tiefe Gewässerbereiche), Furten (Flachwasserzonen quer durch das ganze Gewässer), Totholzansammlungen, Steinblöcke, Schotter- und Sandbänke (bewachsen oder unbewachsen), unterspülte Ufer, Abbruchufer ...

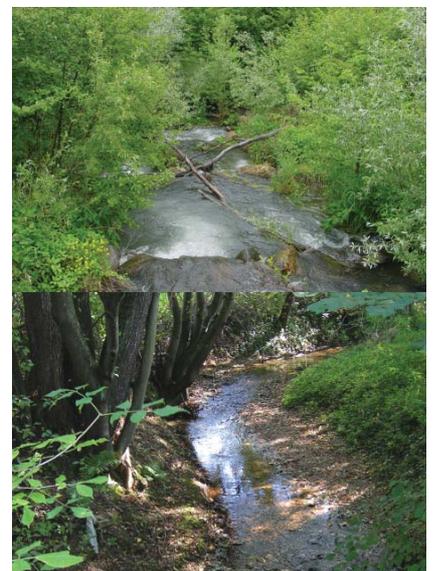


Beurteilung der Uferbegleitsaum-Vegetation:

Die natürliche Ausprägung des Uferbegleitsaums ist gewässerspezifisch und sehr unterschiedlich. Für die Beurteilung wird daher nur das Vorhandensein bzw. die Breite des uferbegleitenden Gehölzbestandes herangezogen, da der Grad der Beschattung ohne Fachkenntnis nicht bewertet werden kann. Grundsätzlich würden alle Fließgewässer ohne menschliche



Beeinflussung eine natürliche Ufervegetation mit entsprechender Beschattung aufweisen (Ausnahme Hochgebirgs- bzw. Schluchtstrecken).



Arbeitsschritte Gewässermorphologie

Um ein Gewässer morphologisch zu beurteilen ist es wichtig, die Erhebungen (= Kartierungen) in der vegetationslosen Zeit durchzuführen (Anfang November bis Anfang April). In der Vegetationszeit sind vor allem reich strukturierte Gewässer oft sehr stark zugewachsen und erschweren daher insbesondere die Beurteilung der Ufer- und Böschungsstruktur. Weiters ist durch dichte Vegetation oft die Zugänglichkeit zu den Gewässern erschwert. Außerdem ist die Kartierung bei Niederwasser-, maximal jedoch bei Mittelwasserführung durchzuführen, da bei erhöhter Wasserführung meist eine Sichtbeeinträchtigung sowie eine starke Trübung des Wassers vorliegen.

Für die Kartierung eignen sich Bäche und kleinere Flüsse am besten. Die Besichtigung sollte mit Fahrrädern durchgeführt werden. Bei der Arbeit im Gelände werden alle Besichtigungs- und Erhebungspunkte mit der Digitalkamera dokumentiert und so viele Informationen und Beobachtungen wie möglich im Protokollbogen eingetragen.

Eintragen der Untersuchungsorte:

In der ÖK-Wanderkarte das Fließgewässer von der Mündung bis zur Quelle in 500m-Abschnitte einteilen (auch Abschnittszahlen dazuschreiben) und die jeweiligen Zufahrtsstrecken bzw. Begehungspunkte eintragen.

Gruppenarbeit:

Für die Freilandarbeit wird die Klasse in Gruppen von 4-6 Personen geteilt, jede Gruppe übernimmt einen bestimmten Gewässerabschnitt, wobei jeweils beide Ufer besichtigt, aber gemeinsam beurteilt werden. Jede Gruppe wird mit entsprechendem Kartenmaterial ausgerüstet.

Beurteilung der Uferdynamik:

Bei der Begehung der Bachufer werden alle künstlichen Uferverbauungen festgestellt und in den Protokollbogen eingetragen.

Beurteilung der Sohldynamik:

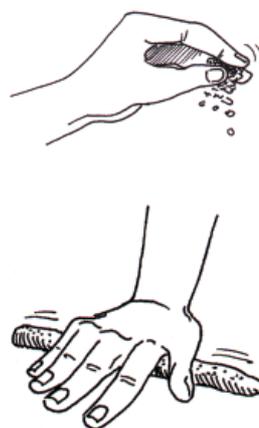
So gut als möglich wird die Gewässersohle beurteilt; durch Begehen des Gewässers mit Gummistiefeln bzw. durch Betrachtung von einem erhöhten Ufer oder von einer Brücke aus. Künstliche Sohlverbauungen werden im Protokollbogen eingetragen.

Beurteilung der Laufentwicklung:

Bachbegradigungen sind möglicherweise schon in der Wanderkarte (oder in einem Luftbild) feststellbar, im Gelände sind sie meist an durchgehenden Uferstabilisierungsmaßnahmen erkennbar. Die Art der festgestellten Begradigung wird aufgeschrieben.

Beurteilung der Substratzusammensetzung:

Bei größeren Steinen wird deren Größe vom Ufer (von einer Brücke) aus geschätzt, beim Begehen von Flachbereichen werden kleinere Steine untersucht, kleinere Korngrößen unter 2 cm Größe werden durch Beprobung ermittelt. Dazu entnimmt man bei flachen Gewässern Sohlsubstrat mit einem Kübel, misst kleine Steine mit einem Lineal oder untersucht das Feinmaterial mit der Fingerprobe (Unterscheidung von Sand = rau und Schlamm = glitschig).



Beurteilung der Strukturen im Bachbett:

Vom Ufer bzw. von Brücken aus werden die verschieden sichtbaren Strukturen ermittelt und im Protokollbogen eingetragen.

Beurteilung der Uferbegleitsaum-Vegetation:

Gehölzsäume können auch in Luftbildern festgestellt werden, sonst werden bei der Begehung beide Ufer untersucht und gemeinsam beurteilt. Schluchtstrecken bzw. Gebirgstrecken werden gesondert angegeben.

Zusammenfassung der Fließgewässerstrukturen:

Die einzelnen Protokollbögen werden gesammelt und in einem Übersichtsblatt zusammengefasst. Dabei werden die einzelnen Farbfelder der Gewässerabschnitte übertragen, sodass sich ein gesamtheitliches Bild des untersuchten Baches oder Flusses ergibt. Abschließend wird diese Übersicht besprochen und ev. Schutz- bzw. Verbesserungsmaßnahmen diskutiert.

Einfache Erhebung von Fließgewässerstrukturen - Blatt 1

(Kopiervorlage)

Allgemeine Angaben

ProtokollführerIn: Datum:

Namen der Gruppenmitglieder:

Name des Gewässers:

Gewässerabschnitt von km bis km (Abschnittszahl

Wasserführung: niedriger Wasserstand mittlerer Wasserstand

Zustandsklassen (jeweils Zahl und dazupassende Farbe eintragen):

1 = blau 2 = grün 3 = gelb 4 = orange 5 = rot

Uferdynamik:

Bewertung

uneingeschränkt möglich = 1

lokale Verbauungen = 2

nur noch kurze unverbaute Abschnitte = 3

durchgehende Verbauung = 4

Gewässer verrohrt oder im Kastenprofil = 5

Bemerkungen:

.....

Sohldynamik:

Bewertung

uneingeschränkt möglich, seltene Sohlschwellen = 1

wiederholte Sohlverbauungen, dazwischen aber offenes Substrat = 2

Gewässerabschnitt unterhalb einer Geschiebesperre = 2

verschiedene Sohlverbauungen, offenes Substrat selten, Verschlämmung = 3

vollständige Sohlumwandlung, dichte Abfolge von Querbauwerken = 4

Gewässer verrohrt oder im Kastenprofil = 5

Bemerkungen:

.....

Laufentwicklung:

Bewertung

uneingeschränkter Zustand = 1

einzelne lokale Begradigungen, Gewässerverlauf nicht wesentlich verändert = 2

offensichtliche, aber nicht durchgehende Begradigung = 3

durchgehende Begradigung, beidseitige Uferverbauung = 4

Gewässer verrohrt oder im Kastenprofil = 5

Bemerkungen:

.....

Einfache Erhebung von Fließgewässerstrukturen - Blatt 2

(Kopiervorlage)

Substratzusammensetzung:

Bewertung

größtenteils natürlich = 1

geringfügige Veränderungen durch Geschiebesperre, wenig Verschlammung = 2

deutliche Veränderungen durch Sohlverbauungen, vermehrte Verschlammung = 3

großflächige Verschlammungen durch Sohlpflasterungen,

nur vereinzelte Stellen mit offener Sohle = 4

durchgehende künstliche Sohlumwandlung = 5

festgestellte Korngrößen ankreuzen:

- größer 40 cm = anstehender Fels, große Steine, Blöcke
- 20 - 40 cm = grobes Blockwerk, etwa kopfgroße Steine
- 6 - 20 cm = faust- bis handgroße Steine
- 2 - 6 cm = Grobkies; taubenei- bis kinderfaustgroße Steine
- 2 mm - 2 cm = Fein- und Mittelkies
- 0,06 mm - 2 mm = Sand (rau zwischen den Fingern)
- unter 0,06 mm = Schlamm (glitschig)

Bemerkungen:

.....

Strukturen im Bachbett:

Bewertung

ungestörte Strukturvielfalt, keine menschliche Beeinflussung = 1

stellenweise Ufer- bzw. Sohlverbauung, dazwischen natürliche Strukturen = 2

erkennbare Strukturverarmung, nur noch stellenweise unverbaute Bereiche = 3

Bachbett größtenteils menschlich verändert, nur noch seltene Strukturen = 4

flächendeckende Veränderung des Bachbetts ohne natürliche Strukturen = 5

Bemerkungen:

.....

Uferbegleitsaum - Vegetation:

Bewertung

Begleitsaum vorhanden = 1

Hochgebirgs- oder Schluchtstrecke ohne natürlichen Gehölzbestand = 1

beidseitig durchgehender schmaler Saum oder einseitig breiter Gehölzbestand = 2

beidseitig nur noch schmaler, einreihiger Gehölzbestand, fehlt streckenweise = 3

Gehölzbestand lückenhaft, vereinzelte Baumgruppen, Einzelgehölze = 4

Gewässerabschnitt ohne Uferbegleitsaum = 5

Untersuchungsgebiet: im Hochgebirge Schluchtstrecke

Bemerkungen:

.....

Einfache Erhebung von Fließgewässerstrukturen - Blatt 3

(Kopiervorlage)

Gewässername:

Gewässerabschnitt: Datum:

	Bewertung	Farbe	Bemerkungen
Uferdynamik	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sohldynamik	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Laufentwicklung	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Substratzusammensetzung	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strukturen im Bachbett	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Uferbegleitsaum	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



Zusammenfassung der Fließgewässerabschnitte

(Kopiervorlage)

Gewässername: Datum:

Uferdynamik	Sohldynamik	Laufentwicklung	Substrat	Strukturen	Uferbegleitsaum	Fluss-km	Bemerkungen
						0,0 - 0,5	
						0,5 - 1,0	
						1,0 - 1,5	
						1,5 - 2,0	
						2,0 - 2,5	
						2,5 - 3,0	
						3,0 - 3,5	
						3,5 - 4,0	
						4,0 - 4,5	
						4,5 - 5,0	
						5,0 - 5,5	
						5,5 - 6,0	
						6,0 - 6,5	
						6,5 - 7,0	
						7,0 - 7,5	
						7,5 - 8,0	
						8,0 - 8,5	
						8,5 - 9,0	
						9,0 - 9,5	
						9,5 - 10,0	
						10,0 - 10,5	
						10,5 - 11,0	
						11,0 - 11,5	
						11,5 - 12,0	

Zustandsklasse mit Farbstift anmalen	Farbe
1	blau
2	grün
3	gelb
4	orange
5	rot

Arbeitsschritte Fließgewässeruntersuchung

Eintragen der Untersuchungsorte:

In der ÖK-Wanderkarte die Untersuchungsorte ausfindig machen und kennzeichnen.

Messung der Breite des Fließgewässers:

den Stein mit Schnur am Maßband befestigen; das Maßband mit dem Stein über den Bach werfen; die Breite messen und ins Messprotokoll eintragen.

Messung der Gewässertiefe:

mit Meterstab oder einem Maßband mit Stein, von allen Brücken aus möglich; an mind. drei Stellen zwischen Ufer und Gewässermittle messen, um einen Eindruck über die verschiedenen Tiefen zu bekommen; die durchschnittliche Tiefe ins Messprotokoll eintragen.

Querschnitt des Fließgewässers:

Die Berechnung ist nur ein Näherungswert, da die Gewässersohle sowie die Breite des Gerinnes unter Wasser sehr unterschiedlich sein können und natürlich den Gewässerquerschnitt laufend verändern. Die Breite multipliziert mit der durchschnittlichen Tiefe ergibt den durchschnittlichen Querschnitt des Baches in m^2 . Eintragung des Durchschnittswertes ins Messprotokoll.

Messung der Fließgeschwindigkeit:

Am Uferrand exakt 10 m abmessen und markieren. Am Beginn der Messstrecke mit Startkommando ein Holzstückchen (einige Papierschnitzel) ins Wasser geben. Am Ende der Messstrecke drückt ein/e MitschülerIn die Stoppuhr und stoppt die Zeit, in der das Holzstückchen 10 Meter zurückgelegt hat. Die Fließgeschwindigkeit errechnet sich so: 10 (Meter) geteilt durch die gestoppte Zeit in Sekunden ergibt die Fließgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde. Eintragung ins Messprotokoll.

Errechnung der Abflussmenge:

kann nicht direkt gemessen werden, sondern wird aus anderen Messgrößen berechnet; der Querschnitt in m^2 wird mit der Fließgeschwindigkeit multipliziert und ergibt

die Abflussmenge in m^3 pro Sekunde; Eintragung ins Messprotokoll.

Temperaturmessung:

Messung der Lufttemperatur und der Wassertemperatur an mehreren Messstellen - Eintragung der Temperaturen in das Messprotokoll.

Leitfähigkeitsmessung:

mit einem Messgerät. Die (elektrische) Leitfähigkeit eines Wassers ist abhängig von der Temperatur und lässt Rückschlüsse auf den Salzgehalt zu. Je mehr Salze (Ionen) vorhanden sind, desto größer ist die Leitfähigkeit. Eintragung ins Messprotokoll.



Einfacher Erhebungsbogen für ein Fließgewässer

(Kopiervorlage)

Allgemeine Angaben

ProtokollführerIn:

Name des Gewässers:

Gewässerabschnitt:

Datum:

Gewässerbreite: m

Gewässertiefen 1 - 3: m m m Durchschnitt: m

Gewässerquerschnitt durchschnittlich: m²

Geruch des Wassers: neutral faulig sauer/scharf chlorig fischig

Farbe des Wassers: klar trüb gelblich grünlich bräunlich

Chemische und physikalische Angaben

Fließgeschwindigkeit: m/s

langsam mittel schnell
 < 0,3 m/s 0,3 - 0,6 m/s > 0,6 m/s

Abflussmenge (Gewässerquerschnitt x Fließgeschwindigkeit): x = m³/sec

Temperatur: Wasser °C Luft °C

Leitfähigkeit: µs/cm

pH-Wert:

sauer neutral alkalisch
 1 - 6 7 8 - 14

Nitrat: mg/l

Nitrit: mg/l

Phosphat: mg/l

Gesamthärte: °dH

weich mittelhart hart
 < 10 °dH 10 - 20 °dH > 20 °dH

Einfacher Erhebungsbogen für biologische Wassergüte

(Kopiervorlage)

Allgemeine Angaben

ProtokollführerIn:

Name des Gewässers:

Gewässerabschnitt:

Datum:

Wasserlebewesen	Wie viele Tiere hast du gefunden?	mal	Gütezahl		Ergebnis
Steinfliegenlarven		x	1	=	
Eintagsfliegenlarven (flach)		x	1	=	
Graue Strudelwürmer		x	1	=	
Köcherfliegenlarven mit Köcher		x	1	=	
Tellerschnecken		x	2	=	
Eintagsfliegenlarven (rund)		x	2	=	
Bachflohkrebse		x	2	=	
Flussnapfschnecken		x	2	=	
Köcherfliegenlarven ohne Köcher		x	2	=	
Wasserasseln		x	3	=	
Rollegel		x	3	=	
Waffenfliegenlarven		x	3	=	
Rote Zuckmückenlarven		x	4	=	
Schlammröhrenwürmer		x	4	=	
Rattenschwanzlarven		x	4	=	
Glitschiger Abwasserpilz		x	4	=	
Gesamtanzahl					

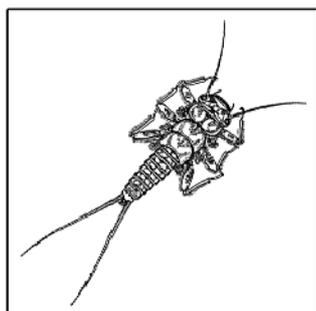
Güteklasse eines Gewässers = Gesamtanzahl Ergebnis : Gesamtanzahl Tiere

Güteklasse deines Gewässers ist → :

Güteklasse deines Gewässers =

Tiere im Fließgewässer (für biologische Wassergüte)

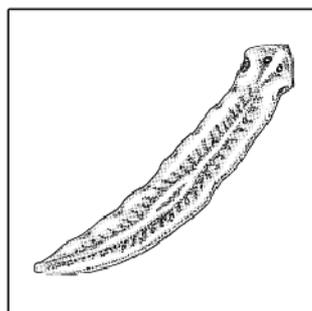
(Kopiervorlage)



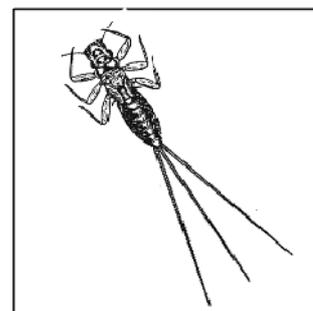
Steinfliegenlarve



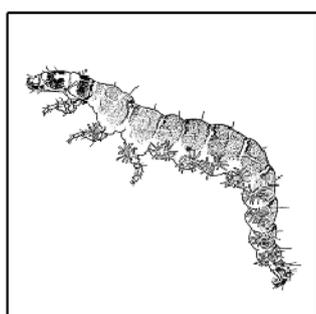
Köcherfliegenlarve
mit Köcher



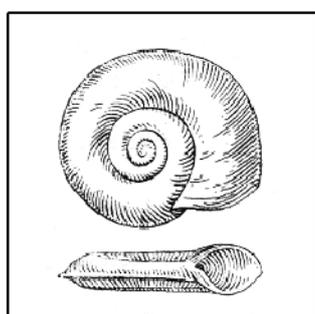
grauer Strudelwurm



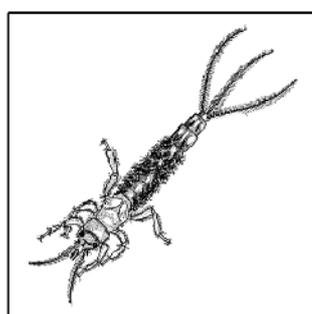
Eintagsfliegenlarve flach



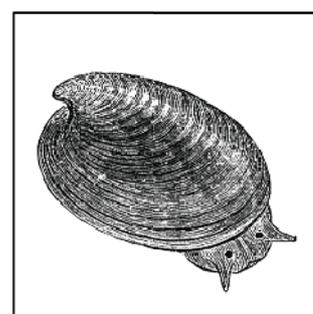
Köcherfliegenlarve
ohne Köcher



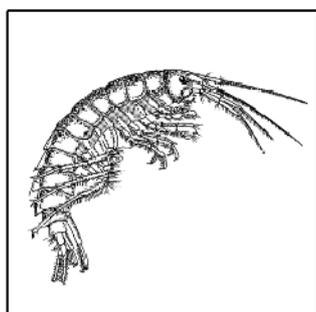
Tellerschnecke



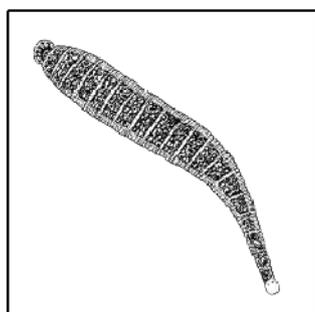
Eintagsfliegenlarve rund



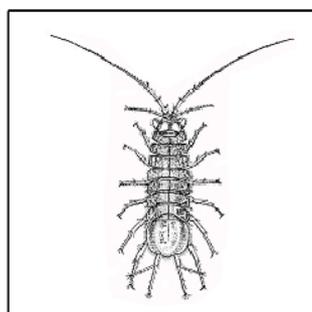
Flussnapfschnecke



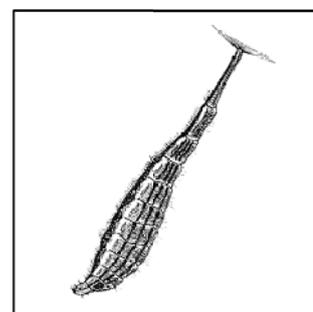
Bachflohkrebs



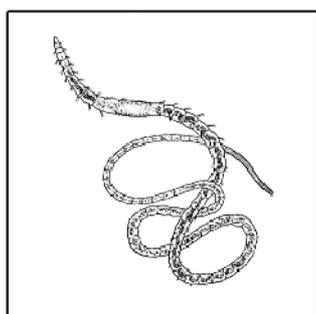
Rollel



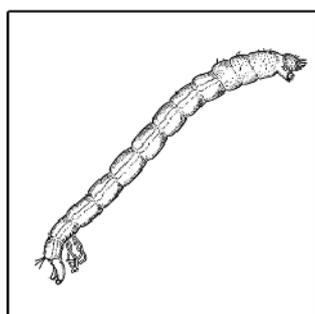
Wasserassel



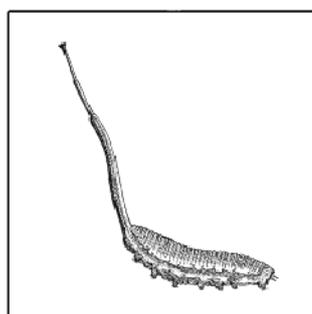
Waffenfliegenlarve



Schlammröhrenwurm



Rote Zuckmückenlarve



Rattenschwanzlarve



Abwasserpilz