

leXsolar-Hydropower Ready-to-go



Lehrerheft

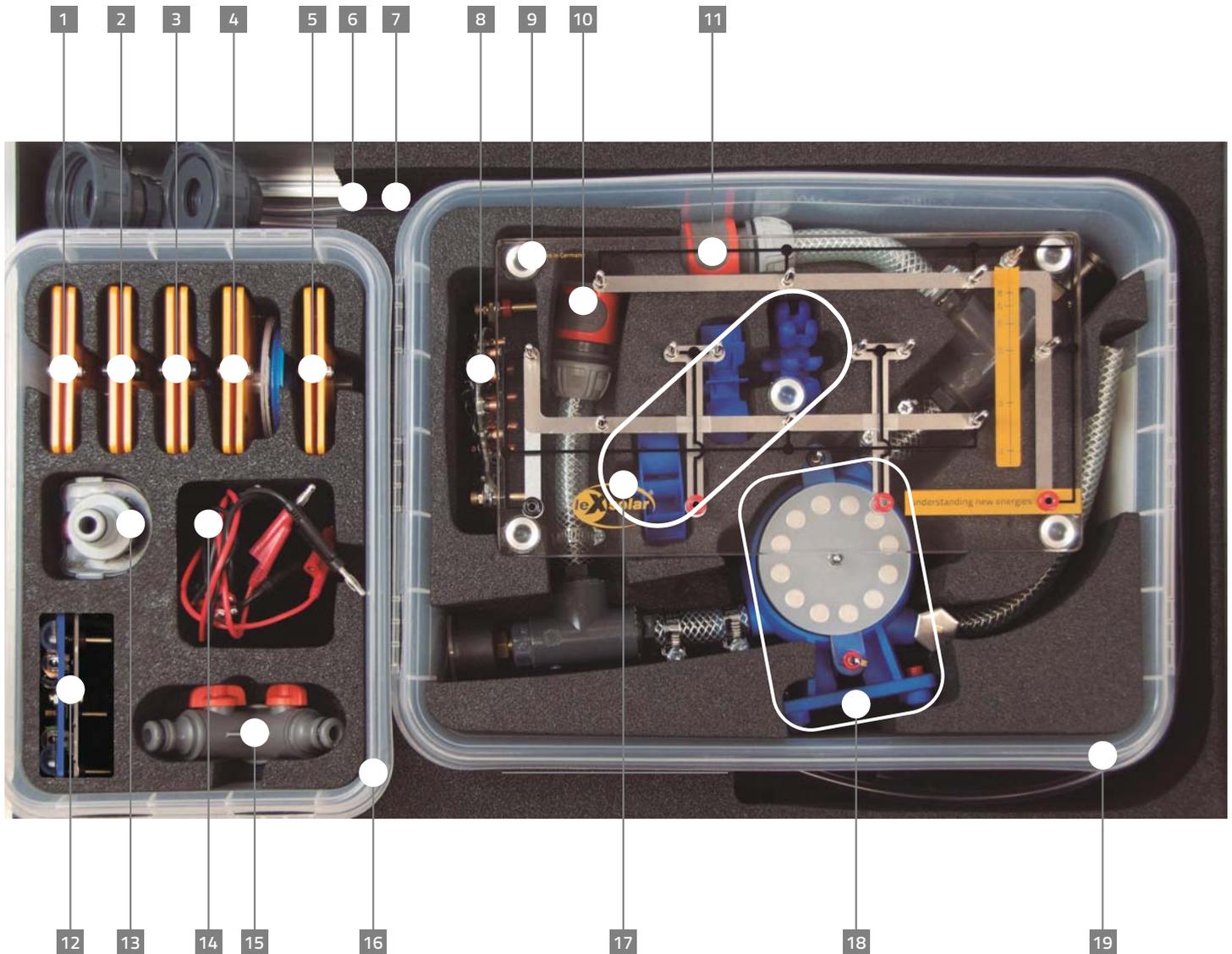


Layout diagram leXsolar-Hydropower Ready-to-go

Item-No.1905

Bestückungsplan leXsolar-Hydropower Ready-to-go

Art.-Nr.1905



- 1** 1100-26 Light bulb module
1100-26 Glühlampenmodul
- 2** 1400-08 LED-module 2mA, red
1400-08 LED-Modul 2mA, rot
- 3** 1100-22 Resistor module
1100-22 Widerstandsmodul
- 4** 1100-27 Motor module without gear with
1100-28 Color discs - Set 1
1100-27 Motormodul mit
1100-28 Farbscheiben-Set I

Version number
Versionsnummer

III-01.24_L3-03-272_30.08.2016

CE RoHS2

- 5** 1100-25 Buzzer module
1100-25 Hupenmodul
- 6** 1900-08/09/10 Flow set 4/8/12 mm
1900-08/09/10 Durchfluss-Set 4/8/12 mm
- 7** 1900-12 Connection set
1900-12 Anschlussset
- 8** 1905-02 Induction generator 12 fold
1905-02 Induktionsgenerator 12-fach
- 9** 1100-19 leXsolar-Base unit
1100-19 leXsolar Grundeinheit groß
- 10** 1900-06 Manometer set 4 bar
1900-06 Manometer Set 4 bar
- 11** 1900-05 Manometer set 2 bar
1900-05 Manometer Set 2 bar
- 12** 9100-03 AV-Modul
9100-03 AV-Modul
- 13** L2-02-066 Water flow meter
L2-02-066 Wassermengenzähler

- 14** L2-06-012 Test lead 25 cm, black
L2-06-012 Messleitung 25 cm, schw.
- L2-06-013 Test lead 25 cm, red
L2-06-013 Messleitung 25 cm, rot
- L2-06-014 Test lead 50 cm, black
L2-06-014 Messleitung 50 cm, schw.
- L2-06-015 Test lead 50 cm, red
L2-06-015 Messleitung 50 cm, rot
- 15** 1900-07 Intake connector
1900-07 Zulaufverbinder
- 16** L3-01-197 Container box 6L
L3-01-197 Auffang-Box 6L
- 17** 1900-03 Turbines set
1900-03 Turbinenset
- 18** 1900-02 Water turbine casing
1900-02 Wasserturbinengehäuse
- 19** 1900-11 Flow box
1900-11 Durchfluss-Box

leXsolar-Hydropower Ready-to-go

Lehrerheft

Inhalt

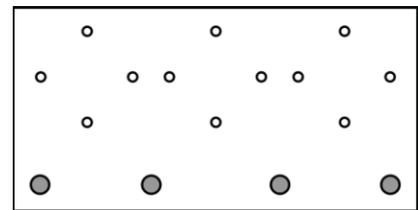
Bestandteile und Handhabung	6
Hinweise zur Handhabung des Wasserturbinenkomplexes	12
Wichtige Hinweise:	13
1 Grundlagenversuche zur Strömung	14
1.1 Leistung und Fließgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Höhen	15
1.2 Durchflussmenge bei unterschiedlichen Schlauchdurchmessern	18
2. Vergleich von Wasserrad, Durchström- und Pelton turbine	21
2.1 Vergleich der Turbinentypen mit unterschiedlichen Verbrauchern	22
2.2 Vergleich der Leistung unterschiedlicher Turbinentypen.....	25

II. Allgemeine Informationen zum Experimentiersystem

Bestandteile und Handhabung

In der folgenden Auflistung werden alle im leXsolar-Hydropower Ready-to-Go enthaltenen Einzelteile aufgeführt. Zu jeder Komponente finden Sie die Bezeichnung mit Artikelnummer, eine Abbildung, das Piktogramm in den Versuchsaufbauten und Hinweise zur Bedienung. Mit Hilfe der Artikelnummer können Sie jedes Einzelteil separat nachbestellen.

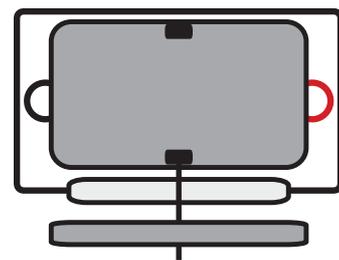
Grundeinheit 1100-19



Die Grundeinheit ist eine Steckplatine auf der bis zu 3 Module in Reihe oder parallel zueinander geschaltet werden können. Der Strom fließt über die an der Unterseite angebrachten Leitungen. Um die Komponenten auf der Grundeinheit mit anderen zu verbinden, befinden sich am unteren Ende 4 Anschlüsse.

Die beiden Schaltpläne zum Auflegen auf die Grundeinheit zeigen jeweils die Verbindungen für eine Reihen- oder Parallelschaltung. Zum Wechsel zwischen Reihen- und Parallelschaltung müssen die Module jeweils um 90° gedreht aufgesteckt werden.

Wasserturbinengehäuse 1900-02 mit Induktionsgenerator 12-fach 1905-02 und Turbinenset 1900-03



In das Wasserturbinengehäuse mit seinen 2 Zuflüssen und einem Abfluss können die drei verschiedenen Turbinentypen des Turbinensets eingesetzt werden können.

Zum Turbinenset gehört ein Wasserrad, eine Durchfluss- und eine Pelton-turbine. Die Experimente mit dem Wasserrad und der Durchflussturbine werden dabei mit dem oberen Zufluss und die mit der Pelton-turbine mit dem unteren Zufluss durchgeführt.

Eine Achse verbindet das Turbinenrad mit der weißen Magnetscheibe an der Außenseite des Gehäuses. Über ihr wird der Induktionsgenerator aufgesteckt. Dieser besteht aus Spulen, Dioden und Kondensatoren. Dreht sich das Turbinenrad, dreht sich auch die Magnetscheibe. Dadurch wird eine Änderung des Magnetfelds in den Spulen erzeugt und eine Spannung in ihnen induziert. Die Sinusförmige Spannung wird durch die Dioden gleichgerichtet und durch die Kondensatoren geglättet.

Manometer Set 2 bar 1900-05
Manometer Set 4 bar 1900-06



Mithilfe der Manometer Sets kann man den Druck an den zwei Zuläufen der Wasserturbine analog ablesen. Das 4 bar Set ist dabei an dem unteren und das 2 bar Set an dem oberen Zulauf montiert.

Zulaufverbinder 1900-07



Der Zulaufverbinder verbindet den oberen und den unteren Zulauf der Turbine miteinander. Über die Ventile an den Zuläufen lässt sich nun regeln, über welchen Zulauf die Turbine mit Wasser versorgt werden soll.

Wassermengenzähler L2-02-066



Der Wassermengenzähler wird auf den Zulaufverbinder aufgesteckt. Er hat verschiedene Programme, die man durch Betätigen der Taste wechseln kann. Für die hier beschriebenen Experimente wird immer die Einstellung in „Liter pro min“ verwendet.

Gewebeschauch 12/18mm L2-02-062



Der Gewebeschauch ist zum Anschluss der Wasserversorgung des Hauses an die Wasserturbine gedacht. Er wird auf den Wassermengenzähler aufgesteckt und am anderen Ende an einen Wasseranschluss angeschlossen.

Durchfluss-Set 4mm 1900-08
Durchfluss-Set 8mm 1900-09
Durchfluss-Set 12mm 1900-10



Die Durchfluss-Sets bestehen jeweils aus einem 1m langen Schlauch mit den Innendurchmessern 4mm, 8mm und 12mm und einer Anschlusskappe, die an die Unterseite der Durchflussbox angeschraubt werden kann. Zur Markierung der Fallhöhe gibt es an jedem Schlauch einen O-Ring, welcher an die gewünschte Stelle verschoben werden kann.

Durchfluss Box 1900-11



Die Durchfluss Box hat einen Auslass an den die Durchfluss Sets angeschraubt werden können. Außerdem ist sie mit einer schrägen Unterlage versehen, damit das Wasser bis zuletzt kontinuierlich abfließen kann.

Auffangbox 6L L3-01-197



Die Auffangbox ist als Behälter gedacht, in den das Ausströmende Wasser aus der Durchflussbox hineinlaufen kann.

Schlauchschelle L2-05-131

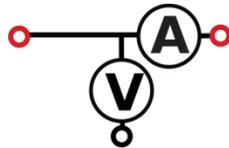
Schlauchschelle mit Drehknopf und Sechskantschraube, Edelstahl L2-05-135



Die Schlauchschellen dienen zur Befestigung und Abdichtung der Zu- und Abflussschläuche der Wasserturbine. Sie sind fest montiert.

Der Abflussschlauch der Wassertrubine ist mit einer drehbaren Schlauchschelle versehen. Diese sollte vor dem Experimentieren zunächst etwas gelöst werden, damit man den Schlauch nach unten drehen und ihn anschließend mit der Schelle wieder fixieren kann.

AV-Modul 9100-03



Das AV-Modul ist ein kombiniertes Spannungs- und Strommessgerät. Es besitzt 3 Tasten, deren Funktionen jeweils im Display angezeigt werden. Durch das Drücken einer beliebigen Taste wird das Modul eingeschaltet. Im ausgeschalteten Zustand ist im Display das leXsolar-Logo zu sehen. Wenn das Display nichts anzeigt oder beim Betrieb „Bat“ angezeigt wird, müssen die Batterien auf der Rückseite ausgetauscht werden (2 x AA Batterien oder Akkus 1,2 bis 1,5V; Die Polarität beim Einsetzen der Batterien gemäß Markierung am Boden des Batteriefachs ist zu beachten! Beim Einlegen der Batterien dürfen die Touchfelder nicht berührt werden).

Mit der Taste rechts oben kann zwischen den 3 Modi Spannungsmessung, Stromstärkemessung und kombinierte Spannungs- und Stromstärkemessung gewechselt werden. Der Messmodus und der Anschluss der Kabel an das Modul werden durch die Schaltsymbole im Display angezeigt. Im Modus der Spannungsmessung ist zu beachten, dass kein Strom zur rechten Buchse fließt. Im kombinierten Modus kann die Spannung sowohl über die rechte als auch die linke Buchse gemessen werden. Der Einfluss des Innenwiderstands der Stromstärkemessung wird intern kompensiert. Der Messwert ist vorzeichenbehaftet. Liegt der positive Pol an einer der roten und der negative Pol an der schwarzen Buchse an, ergibt die Spannungsmessung ein positives Ergebnis. Fließt der Strom von der linken zur rechten Buchse ist die angezeigte Stromstärke positiv.

Nach 30min ohne Tastendruck oder nach 10min ohne Messwertveränderung schaltet sich das Modul automatisch aus. Das AV-Modul kann Spannungen bis 12V und Stromstärken bis 2A messen. Falls eine dieser Größen überschritten wird, unterbricht das Modul den Stromfluss und es erscheint overvoltage bzw. overcurrent im Display. Diese Fehlermeldung kann durch Betätigen der entsprechenden Taste bestätigt werden. Befinden sich die Messwerte wieder im zulässigen Bereich, misst das Modul weiter.

Technische Daten:

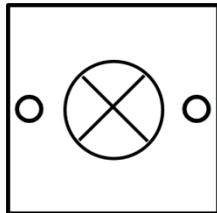
Spannungsmessung:

- Messbereich: 0...12 V
- Genauigkeit: 1mV
- Automatische Abschaltung bei Überspannung >12V (Wiedereinschalten durch Touchbutton)

Strommessung:

- Messbereich: 0...2 A
- Genauigkeit: 0,1mA (0...199mA) und 1mA (200mA...1A)
- Automatiksicherung >2A (Wiedereinschalten durch Touchbutton)
- Innenwiderstand <0,5 Ohm (0...200mA); <0,2 Ohm (200mA...2A)

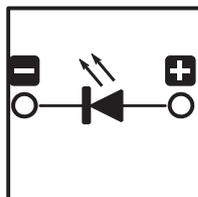
Glühlampenmodul 1100-26



Technische Daten:

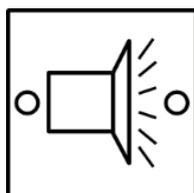
Mikroglühlampe $P_{typ} = 200\text{mW}$ (bei 3,5V)
Absicherung über Spannungsbegrenzung (6V)

LED- Modul 2mA 1400-08



Im Inneren des LED-Moduls befindet sich eine rote LED mit einer Wellenlängenemission von 697 nm. Um die Diode zum Leuchten zu bringen muss mindestens eine Spannung von 1,7 V angelegt werden.

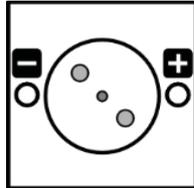
Hupenmodul 1100-25



Technische Daten:

Startspannung: 0,7V
Startstrom: 0,3mA

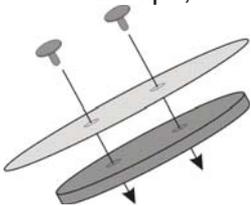
Motormodul ohne Getriebe (1100-27) mit Farbscheiben – Set 1 (1100-28)



Technische Daten:

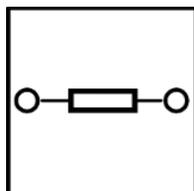
Anlaufstrom: 20mA
Anlaufspannung: 0,35V

Die enthaltenen Farbscheiben sind: Rot-Grün-Blau, Rot-Blau, Rot-Grün, Grün-Blau und 3 schwarz-weiß Farbscheiben. Gehalten werden die Farbscheiben auf dem Motormodul mittels einer Plasticscheibe. Diese enthält 2 Clips, die die Farbscheiben sicher auf der Plasticscheibe halten (Siehe Abbildung).



In der Mitte der Plasticscheibe befindet sich ein Loch, das auf den Stift des Motors aufgesteckt wird.

Widerstandsmodul 1100-22



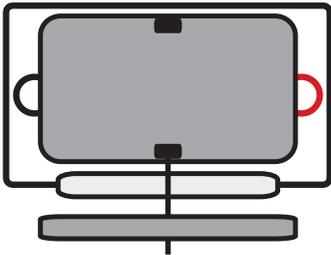
Technische Daten:

Maximalleistung: 2W

Hinweise zur Handhabung des Wasserturbinenkomplexes

Symbolik:

Zum Experimentieren wird, das Wasserturbinengehäuse immer im Komplex mit Induktionsgenerator, Turbinenrad, Schlauchverbinder und Durchflussmesser verwendet. Deshalb ist in der Anleitung immer nur das folgende Symbol für den gesamten Wasserturbinenkomplex zu finden:



Zusammenbauen:

Nimm das Wasserturbinengehäuse aus dem Koffer.

Stecke den Induktionsgenerator auf das Wasserturbinengehäuse auf. Beachte dabei die Polung (Schwarz zu schwarz und rot zu rot)

Löse die Schlauchschelle am Abfluss, drehe den Schlauch so dass er nach unten zeigt und ziehe die Schlauchschelle wieder fest.

Nimm nun den Schlauchverbinder aus dem Koffer und stecke damit den oberen und den unteren Zufluss der Wasserturbine zusammen. Oben auf den Schlauchverbinder wird anschließend der Durchflussmesser und schließlich der Gewebeschlauch aufgesteckt. Gib Acht, dass alle Verbindungen wirklich dicht sind. Das ist dann der Fall, wenn sie mit einem Klicken eingerastet sind.

Kontrolliere, ob die Ventile an den Zuflüssen der Turbine und am Gewebeschlauch auch wirklich geschlossen sind (Ventile stehen quer zum Schlauch).

Du kannst die Scheibe, die die Rückseite der Wasserturbine bildet, abnehmen indem du die Flügelschrauben löst. Nun kannst du eines der Turbinenräder in das Gehäuse einsetzen. Schiebe es auf die Achse mit der flachen Seite vornweg. Setze anschließend die Scheibe wieder auf und ziehe die Flügelschrauben fest. Achte darauf, dass der Dichtungsring richtig sitzt.

Jetzt kannst du die Wasserturbine auf die Grundeinheit stecken und mit dem experimentieren beginnen.

Auseinanderbauen:

Beim Auseinanderbauen ist zu beachten, dass sich der Schlauchverbinder durch zurückziehen der Verschlüsse lösen lässt, wohingegen man bei den Durchflussmesser und den Gewebeschlauch durch Drehen die Verschlüsse öffnet.

Wichtige Hinweise:

1. Vor dem Experimentieren ist die Dichtheit aller Komponenten die mit Wasser in Berührung kommen zu prüfen. Das betrifft insbesondere alle Anschlüsse am Wasserturbinengehäuse.
2. Beim Experimentieren muss ein sicherer Wasserabfluss gewährleistet sein. D.h. z.B. in ein Waschbecken oder einem geeigneten Auffangbehälter.
3. Stelle sicher, dass alle Steckverbindungen dicht zusammengeführt und alle Ventile zu Beginn des Experiments verschlossen sind.
4. Stelle sicher, dass die Grundeinheit auf einer nicht leitenden Fläche steht. Spühlbecken mit Edelstahlabtropf sind daher nicht geeignet bzw. sollte eine zusätzliche Unterlage verwendet werden.



1 Grundlagenversuche zur Strömung

Ziele

Experiment 1.1: Leistung und Fließgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Höhen

- Die Schüler lernen, wie die Fallhöhe definiert ist.
- Die Schüler messen die Zeit, die das Wasser braucht um vollständig abzufließen.
- Sie berechnen daraus die Fließgeschwindigkeit, die potentielle Energie und die Leistung.
- Die Schüler lernen, dass Leistung und Fließgeschwindigkeit mit zunehmender Schlauchdicke ansteigen.

Experiment 1.2: Durchflussmessung bei unterschiedlichen Schlauchdurchmessern

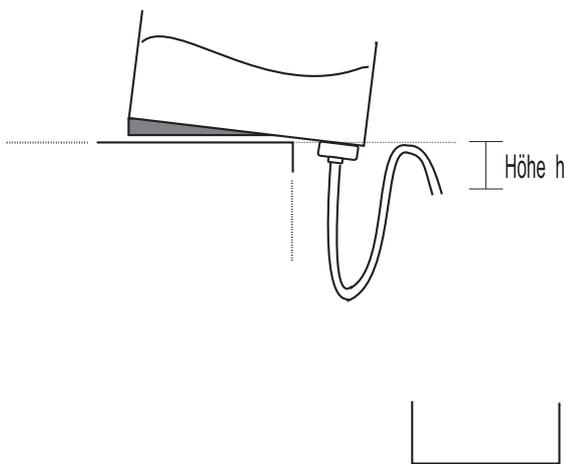
- Die Schüler messen die Zeit, die das Wasser braucht um vollständig abzufließen.
- Sie berechnen daraus die Durchflussmenge und die Leistung.
- Sie verstehen, dass die Durchflussmenge bei größeren Schlauchdurchmessern zunimmt und stellen fest, dass dies nicht linear geschieht, da man auch die Reibungsverluste beachten muss.
- Die Schüler übertragen die Erkenntnisse aus dem Experiment in die Realität.

1.1 Leistung und Fließgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Höhen

Aufgabe

Untersuche die Leistung und Geschwindigkeit von Wasser das durch einen Schlauch fließt in Abhängigkeit des Höhenunterschiedes.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Durchfluss Box
- Auffangbox
- Durchfluss Set 12 mm
- Durchfluss Set 8 mm

- Messbecher
- Stoppuhr
- Lineal

Durchführung

1. Suche dir einen geeigneten Aufbau um die zwei Behälter mit einer Höhendifferenz von ca. 0,5 Meter aufstellen zu können. Stelle die Durchflussbox oben so auf, dass der Anschluss für den Schlauch über die Kante deiner Stellfläche ragt. Schraube das 12mm Durchfluss Set an die Fassung der Durchflussbox an.
2. Miss mit einem Lineal die erste Höhe (10cm) vom freien Ende des Schlauches ab und markiere dir die Stelle, indem du den O-Ring dorthin verschiebst.
3. Fülle den oberen Behälter mit 5 Liter Wasser. Achte dabei darauf, dass das freie Schlauchende über dem Höhenniveau des Wasserspiegels liegt, damit das Wasser nicht sofort abfließt.
4. Senke das freie Schlauchende so weit ab, bis der Wasserspiegel etwa 1 cm vor dem Schlauchende steht und halte das Schlauchende mit dem Daumen zu.
5. Halte den Schlauch nun mit der Markierung so an die Kante der Stellfläche, dass das freie Ende, welches du zu hältst nach unten zeigt.
6. Sobald du den Daumen vom Schlauchende nimmst, beginnt das Wasser zu fließen. Sei dir dabei sicher, dass der untere Behälter geeignet aufgestellt ist um das Wasser aufzufangen.
7. Miss mit der Stoppuhr die Zeit, von dem Moment, wo du deinen Daumen wegnimmst und das Wasser zu fließen beginnt bis der Schlauch Luft ansaugt. Trage die Werte in die Tabelle ein.
8. Führe die Messung für alle weiteren in der Tabelle gegebenen Höhen durch und wiederhole den Versuch mit dem 8mm Durchfluss Set.
9. Berechne die verbleibenden Werte in der Tabelle.
10. Zeichne die Fließgeschwindigkeit und Leistung in Abhängigkeit der Höhe in das Diagramm ein.



1.1 Leistung und Fließgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Höhen

Messwerte

Für Schlauch mit **12 mm** Durchmesser

Fläche des Querschnitts vom Schlauch mit 12 mm Innendurchmesser: $A_{12\text{ mm}} = 113,01\text{ mm}^2$

Höhe h in cm	10	20	30	40
Zeit $t_{12\text{ mm}}$ in s	55	40	35	27
Fließgeschwindigkeit $v_{12\text{ mm}}$ in m/s	0,80	1,11	1,26	1,64
Potentielle Energie E_{pot} in J	4,9	9,81	14,7	19,6
Leistung $P_{12\text{ mm}}$ in W	0,09	0,25	0,42	0,73

Für Schlauch mit **8 mm** Durchmesser

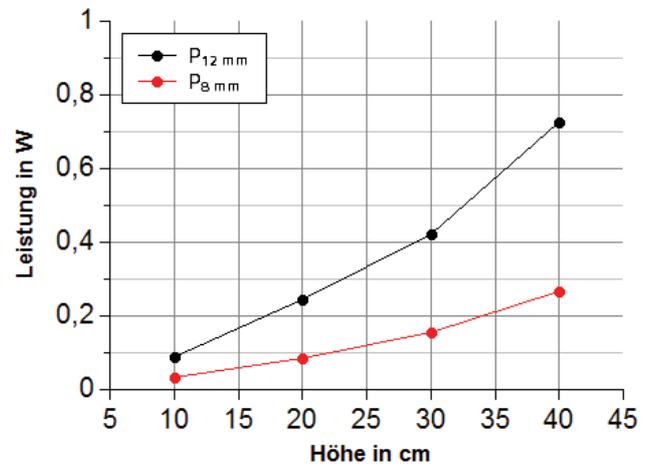
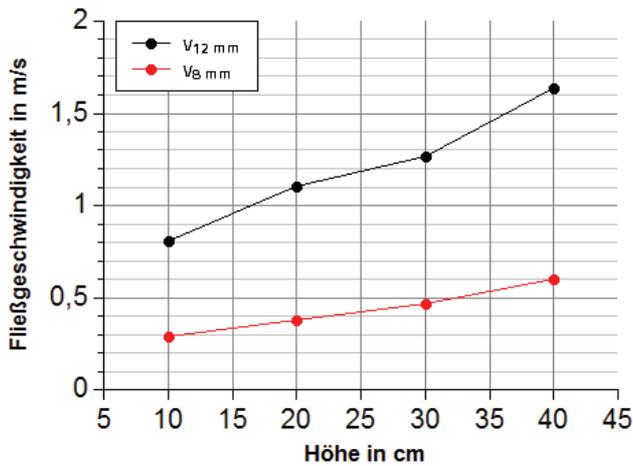
Fläche des Querschnitts vom Schlauch mit 8 mm Innendurchmesser: $A_{8\text{ mm}} = 50,27\text{ mm}^2$

Höhe h in cm	10	20	30	40
Zeit $t_{8\text{ mm}}$ in s	152	116	95	74
Fließgeschwindigkeit $v_{8\text{ mm}}$ in m/s	0,29	0,38	0,47	0,60
Potentielle Energie E_{pot} in J	4,9	9,81	14,7	19,6
Leistung $P_{8\text{ mm}}$ in W	0,03	0,08	0,15	0,27



1.1 Leistung und Fließgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Höhen

Auswertung



1. Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Abstand einer Markierung vom Schlauchende und der Fallhöhe des Wassers. Begründe deine Aussage!

Der Abstand einer Markierung vom Schlauchende entspricht genau den Fallhöhen des Wassers, da nur über diese Strecke das Wasser durch den Schlauch fließt und somit das Ansaugen des Wassers aus dem Behälter bewirken kann.

2. Welche Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit und Leistung von der Höhe kannst du beobachten?

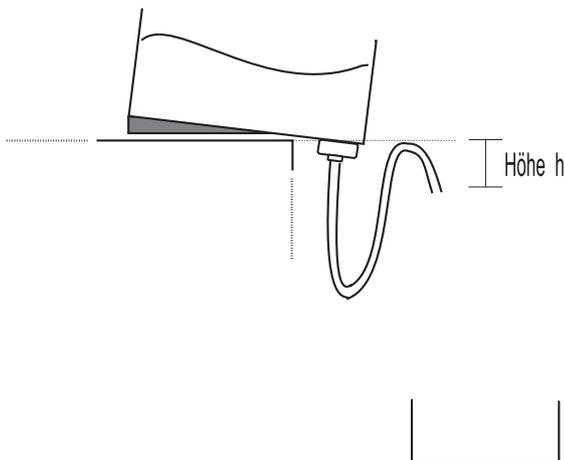
Mit zunehmender Höhe benötigt das Wasser weniger Zeit um vollständig in den unteren Behälter abzufließen. Dabei steigt sowohl die erbrachte Leistung als auch die Fließgeschwindigkeit des Wassers an.

1.2 Durchflussmenge bei unterschiedlichen Schlauchdurchmessern

Aufgabe

Untersuche den Zusammenhang zwischen der Durchflussmenge und dem Schlauchdurchmesser.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Durchfluss Box
- Auffangbox
- Durchfluss Set 12 mm
- Durchfluss Set 8 mm
- Durchfluss Set 4mm

- Messbecher
- Stoppuhr
- Lineal

Durchführung

1. Suche dir einen geeigneten Aufbau um die zwei Behälter mit einer Höhendifferenz von ca. 0,5 Meter aufstellen zu können. Stelle die Durchflussbox oben so auf, dass der Anschluss für den Schlauch über die Kante deiner Stellfläche ragt. Schraube das 12 mm Durchfluss Set an die Fassung der Durchflussbox an.
2. Miss mit einem Lineal die Höhe 40 cm vom freien Ende des Schlauches ab und markiere dir die Stelle, indem du den O-Ring dorthin verschiebst.
3. Fülle den oberen Behälter mit 5 Liter Wasser. Achte dabei darauf, dass das freie Schlauchende über dem Höhenniveau des Wasserspiegels liegt, damit das Wasser nicht sofort abfließt.
4. Senke das freie Schlauchende so weit ab, bis der Wasserspiegel etwa 1 cm vor dem Schlauchende steht und halte das Schlauchende mit dem Daumen zu.
5. Halte den Schlauch nun mit der Markierung so an die Kante der Stellfläche, dass das freie Ende, welches du zu hältst nach unten zeigt.
6. Sobald du den Daumen vom Schlauchende nimmst, beginnt das Wasser zu fließen. Sei dir dabei sicher, dass der untere Behälter geeignet aufgestellt ist um das Wasser aufzufangen.
7. Miss mit der Stoppuhr die Zeit, von dem Moment, wo du deinen Daumen wegnimmst und das Wasser zu fließen beginnt bis der Schlauch Luft ansaugt. Trage die Werte in die Tabelle ein.
8. Wiederhole den Versuch mit dem 8mm und 4mm Durchflusset. Beim Versuch mit $d = 4$ mm kannst du aus Zeitgründen auch 2 statt 5 Liter in den oberen Behälter füllen. Rechne die gemessene Zeit dann auf 5 Liter um und trage diesen Wert in die Tabelle ein.
9. Berechne die verbleibenden Werte in der Tabelle.
10. Zeichne die Durchflussmenge in Abhängigkeit des Durchmessers in das Diagramm ein.



1.2 Durchflussmenge bei unterschiedlichen Schlauchdurchmessern

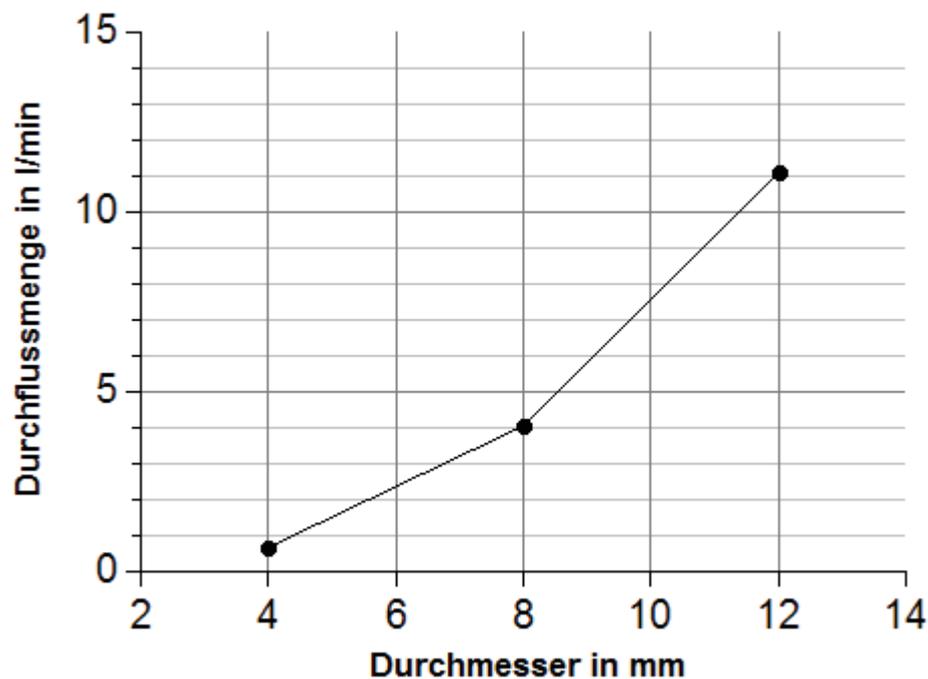
Auswertung

Vielfache der Querschnittsflächen A_n :

$$C_1 = \frac{A_{12\text{ mm}}}{A_{8\text{ mm}}} = 2,25$$

$$C_2 = \frac{A_{12\text{ mm}}}{A_{4\text{ mm}}} = 9,00$$

Schlauchdurchmesser d in mm	12	8	4
Zeit t in s	27	74	453
Leistung P_n in W	0,73	0,27	0,04
Durchflussmenge q_n in l/min	11,11	4,05	0,66
Vielfache der Querschnitte C_n	1	$C_1 = 2,25$	$C_2 = 9,00$
Produkt aus den Vielfachen der Querschnitte und der Durchflussmenge: $q_n \cdot C_n$ in l/min	11,11	9,12	5,96
Produkt aus den Vielfachen der Querschnitte und der Leistung: $P_n \cdot C_n$ in W	0,73	0,60	0,39



1. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Durchflussmenge und dem Schlauchdurchmesser?
Je größer der Schlauchdurchmesser ist, desto höher ist die Durchflussmenge.



1.2 Durchflussmenge bei unterschiedlichen Schlauchdurchmessern

2. Vergleiche die Durchflussmenge und Leistung des Schlauches mit $d = 12$ mm mit den Durchflussmengen aus den Vielfachen der Querschnitte $q_n \cdot C_n$ und der Leistungen $p_n \cdot C_n$. Was stellst du fest?

Der Querschnitt des Schlauches mit $d = 12$ mm ist 9 mal größer als der Querschnitt des Schlauches mit $d = 4$ mm. Dabei ist die Durchflussmenge $q_{12\text{ mm}} = 11,11$ l/min, während das Produkt $q_{4\text{ mm}} \cdot 9$ nur 5,96 l/min beträgt. Obwohl also der Querschnitt des Schlauches mit $d = 12$ mm genauso groß ist wie die Summe der Querschnitte 9 einzelner Schläuche mit $d = 4$ mm, fließt durch den größeren Schlauch deutlich mehr Wasser in der gleichen Zeit. Auch das Produkt aus der Leistung $p_n \cdot C_n$ zeigt dieses Verhalten. Gleiches gilt für den Schlauch mit $d = 8$ mm.

3. Übertrage die Erkenntnis aus 2. auf ein Wasserkraftwerk bezüglich der erbrachten Leistung. Ein Wasserkraftwerk kann mit einer großen Wasserzuleitung eine höhere Leistung aufbringen als mit mehreren kleinen Zuläufen.



2. Vergleich von Wasserrad, Durchström- und Pelton turbine

Ziele

Experiment 2.1: Vergleich der Turbinentypen mit unterschiedlichen Verbrauchern

- Die Schüler untersuchen qualitativ bei Wasserrad, Durchström- und Pelton turbine ab welcher Durchflussmenge Hupe, LED, Motor und Glühlampe funktionieren.
- Daraus können sie Rückschlüsse auf die Charakteristik der verschiedenen Turbinen ziehen.
-

Experiment 2.2: Durchflussmessung bei unterschiedlichen Schlauchdurchmessern

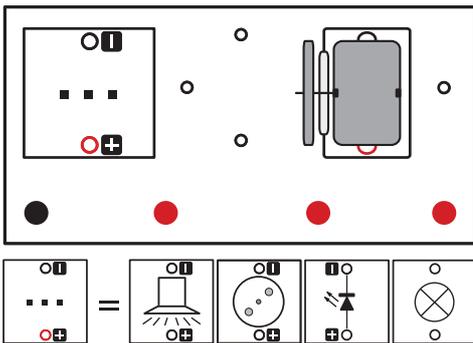
- Die Schüler nehmen mit Hilfe des AV Moduls die Strom- und Spannungswerte der drei Turbinentypen bei unterschiedlichen Durchflussmengen auf.
- Sie berechnen daraus die Leistung und zeichnen das Leistungs-Durchflussmengen Diagramm.
- Aus dem Diagramm können die Schüler ablesen, welcher Turbinentyp für welche natürlichen Bedingungen geeignet ist.

2.1 Vergleich der Turbinentypen mit unterschiedlichen Verbrauchern

Aufgabe

Untersuche die Leistung unterschiedlicher Turbinentypen mit verschiedenen Verbrauchern in Abhängigkeit der Durchflussmenge.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Wasserrad, Durchströmturbine und Pelton-turbine
- Wasserturbinenkomplex
- Hupen-Modul
- Motor-Modul
- LED-Modul
- Glühlampen-Modul

Durchführung

1. Baue den Versuch gemäß der Abbildung auf. Starte das Experiment mit dem Wasserrad.
2. Überprüfe ob der Ablauf vom Aufbau sicher in den Abfluss führt.
3. Versichere dich, dass alle drei Ventile (zwei am Verteilerstück, eins vor dem Durchflussmesser) geschlossen sind und verbinde den Aufbau mit dem Wassernetz. Öffne den Zulauf vom Wassernetz nur langsam und beobachte ob alles dicht miteinander verbunden ist.
4. Öffne nun langsam das Ventil vor dem Durchflussmesser. Beobachte wieder ob alles dicht ist.
5. Öffne nun langsam das Ventil zum oberen Zulauf in das Turbinengehäuse und teste bei den vorgegebenen Durchflussmengen jeden der vier Verbraucher auf seine Funktion. Ist die Durchflussmenge ausreichend um den Verbraucher zu betreiben, dann notiere das in der entsprechenden Zeile mit einem „X“.
6. Wiederhole den Versuch mit der Durchströmturbine. Verwende auch hier wieder den oberen Zulauf.
7. Wiederhole den Versuch mit der Pelton-turbine. Verwende hier aber den unteren Zulauf.



2.1 Vergleich der Turbinentypen mit unterschiedlichen Verbrauchern

Auswertung

Wasserrad am **oberen** Zulauf:

Durchflussmenge	Hupen-Modul	Motor-Modul	LED-Modul	Glühlampen-Modul
2 l/min				
4 l/min	X			
6 l/min	X	X		
8 l/min	X	X	X	X
10 l/min	X	X	X	X
12 l/min	X	X	X	X

Durchströmturbine am **oberen** Zulauf:

Durchflussmenge	Hupen-Modul	Motor-Modul	LED-Modul	Glühlampen-Modul
2 l/min				
4 l/min	X	X		
6 l/min	X	X	X	X
8 l/min	X	X	X	X
10 l/min	X	X	X	X
12 l/min	X	X	X	X

Peltonturbine am **unteren** Zulauf:

Durchflussmenge	Hupen-Modul	Motor-Modul	LED-Modul	Glühlampen-Modul
2 l/min	X	X		
4 l/min	X	X	X	X
6 l/min	X	X	X	X
8 l/min	X	X	X	X
10 l/min	X	X	X	X
12 l/min	X	X	X	X



2.1 Vergleich der Turbinentypen mit unterschiedlichen Verbrauchern

Welchen qualitativen Unterschied kannst du zwischen den verschiedenen Turbinentypen beobachten?

Das Wasserrad benötigt im Vergleich zur Durchströmturbine eine sehr hohe Durchflussmenge um die Verbraucher zu betreiben. Das LED- und Glühlampen-Modul funktionieren mit dem Wasserrad erst bei Durchflussmenge 8 l/min.

Die Durchströmturbine schafft es die Verbraucher mit ca. 2 l/min weniger zu betreiben.

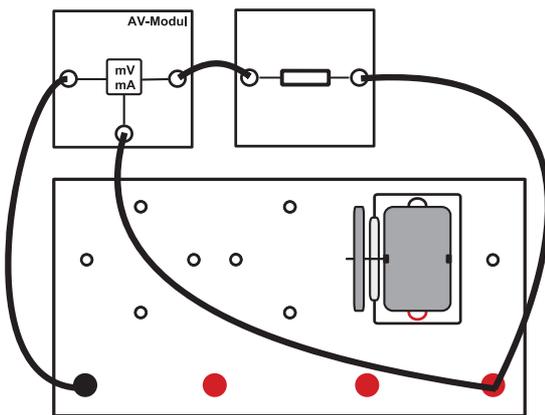
Die Pelton-turbine ist die leistungsstärkste und betreibt alle Verbraucher bei den geringsten Durchflussmengen.

2.2 Vergleich der Leistung unterschiedlicher Turbinentypen

Aufgabe

Untersuche die Leistung unterschiedlicher Turbinentypen in Abhängigkeit der Durchflussmenge.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Wasserrad, Durchströmturbine und Pelton-turbine
- Wasserturbinenkomplex
- Widerstands-Modul
- AV-Modul

Durchführung

1. Baue den Versuch gemäß der Abbildung auf. Starte das Experiment mit dem Wasserrad.
2. Überprüfe ob der Ablauf vom Aufbau sicher in den Abfluss führt.
3. Versichere dich, dass alle drei Ventile (zwei am Verteilerstück, eins vor dem Durchflussmesser) geschlossen sind und verbinde den Aufbau mit dem Wassernetz. Öffne den Zulauf vom Wassernetz nur langsam und beobachte ob alles dicht miteinander verbunden ist.
4. Öffne nun langsam das Ventil vor dem Durchflussmesser. Beobachte wieder ob alles dicht ist.
5. Miss bei den vorgegebenen Durchflussmengen die Spannung und den Strom für alle drei Turbinentypen. Die Durchflussmenge wird über die Ventile am Verteilerstück eingestellt.
12. Berechne die Leistung in den Tabellen.
13. Zeichne die Leistung in Abhängigkeit der Durchflussmenge in das Diagramm ein.



2.2 Vergleich der Leistung unterschiedlicher Turbinentypen

Auswertung

Wasserrad am **oberen** Zulauf:

Durchflussmenge	Spannung U in V	Strom I in mA	Leistung P in mW
2 l/min	-	-	-
3 l/min	-	-	-
4 l/min	-	-	-
5 l/min	-	-	-
6 l/min	0,28	8,6	2,4
7 l/min	0,47	14,2	6,7
8 l/min	1,01	30,2	30,5
9 l/min	1,28	35,1	44,9
10 l/min	1,5	44,6	66,9
11 l/min	1,62	48,2	78,1
12 l/min	1,8	52	93,6

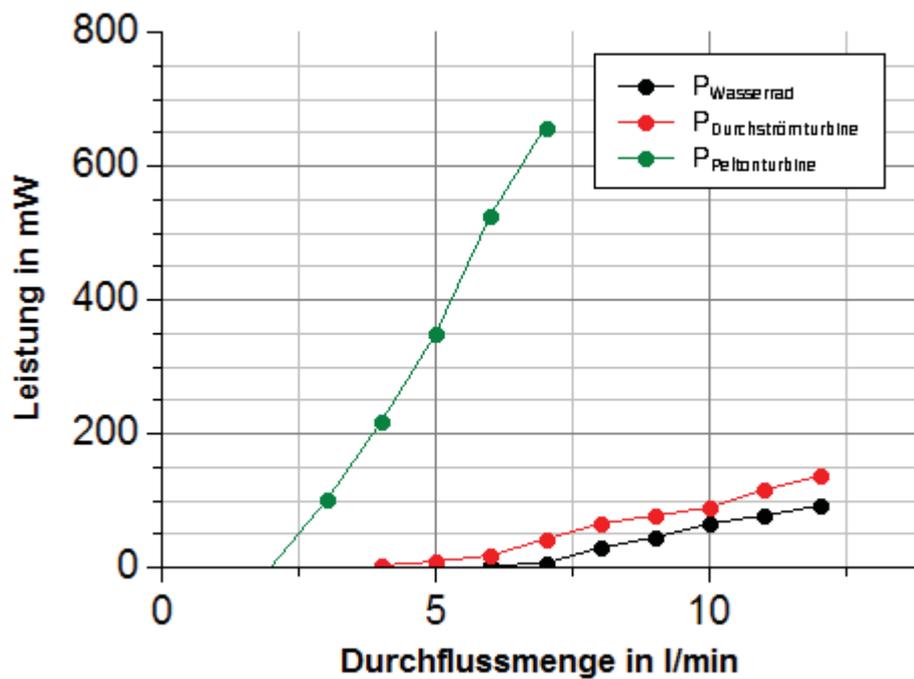
Durchströmturbine am **oberen** Zulauf:

Durchflussmenge	Spannung U in V	Strom I in mA	Leistung P in mW
2 l/min	-	-	-
3 l/min	-	-	-
4 l/min	0,28	8,2	2,3
5 l/min	0,58	17,0	9,9
6 l/min	0,80	23,5	18,8
7 l/min	1,1	36,8	40,5
8 l/min	1,5	44,1	66,2
9 l/min	1,61	48,0	77,3
10 l/min	1,75	51,5	90,1
11 l/min	1,99	58,6	116,6
12 l/min	2,17	63,8	138,4

Pelton turbine am **unteren** Zulauf:

Durchflussmenge	Spannung U in V	Strom I in mA	Leistung P in mW
2 l/min	0,13	3,7	0,5
3 l/min	1,85	54,1	100,1
4 l/min	2,73	80,1	218,7
5 l/min	3,45	101,3	349,5
6 l/min	4,23	124,5	526,6
7 l/min	4,7	140	658,0
8 l/min	-	-	-
9 l/min	-	-	-
10 l/min	-	-	-
11 l/min	-	-	-
12 l/min	-	-	-

2.2 Vergleich der Leistung unterschiedlicher Turbinentypen



1. Vergleiche in Worten die unterschiedlichen Turbinentypen in Bezug auf die Leistung und den Zulauf.
Die Durchströmturbine erzeugt eine etwas höhere Leistung als das Wasserrad, obwohl beide durch den oberen Zulauf betrieben werden. Man kann gut sehen, dass die Form der Turbine eine entscheidende Rolle für die Leistung spielt.
Die Pelton-turbine benötigt den unteren Zulauf. Sie erzeugt mit Abstand die höchste Leistung.