

TUMLab im Deutschen Museum
am Fachgebiet Museumspädagogik der TUM School of Education
der Technischen Universität München

Umwelt & Technik
– ein neues Kursprogramm für Kinder und Jugendliche
zwischen Forschung, Experiment und Ausstellungen

Abschlussbericht über ein Projekt der Umweltinformationsvermittlung,
gefördert unter dem Az: 29982-41 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Prof. Dr. Annette Noschka-Roos & Dr. Miriam Voß

Oktober 2014

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	2
Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	2
Zusammenfassung.....	3
Einleitung	4
Dokumentation zum neuen Kursprogramm Umwelt & Technik	5
Lernort Wasser – „Schülergerecht und trotzdem wissenschaftlich!“	5
Wasserkraft - „Die Freiheit, verschiedene Lösungswege auszuprobieren“	9
Standby/Energieverbrauch – „Ich fand das Energiefahrad am besten,weil man auch sieht wie anstrengend es ist und wie viel man benötigt.“	15
Lernort Wald	19
Öffentlichkeitsarbeit	21
Fazit	21
Literaturverzeichnis	22
Anhang.....	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Blick von der Zenneckbrücke auf das Deutsche Museum während des Hochwassers 2013.....	6
Abbildung 2: Treppe an der Probenahmestelle während des Hochwassers 2013.	6
Abbildung 3: Schachtwasserkraftwerk-Modell.	9
Abbildung 4: Bauteile Schachtwasserkraftwerk-Modell.....	10
Abbildung 5: Konstruktionen der SuS in den Wasserkraftkursen	11
Abbildung 6: Strom-Boje - Testmodell	13
Abbildung 7: Strom-Boje - Weiterentwicklung des Testmodells	13
Abbildung 8: Schüler-Praktikanten im TUMlab konzipierten und konstruierten das Wasserkraftschiff.....	13
Abbildung 9: Schüler beim Energie-Fahrad in der Ausstellung Energietechnik. Foto: Deutsches Museum.....	16

Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

MINT: Abkürzung für „Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik“

SuS: Abkürzung für „Schülerinnen und Schüler“

Stereomikroskop: Lichtmikroskop, das für beide Augen einen getrennten Strahlengang bereitstellt und, aufgrund der dadurch entstehenden etwas unterschiedlichen Blickwinkel, einen räumlichen Eindruck des untersuchten Objekts ermöglicht. Wird im Laborjargon auch als Binokular bezeichnet.

TN: Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Zusammenfassung

Das Kursprogramm Umwelt & Technik wurde im TUMlab implementiert und als dritter Schwerpunkt neben den bisher bestehenden Programmen „Technik“ und „Naturwissenschaft“ in das ständige Kursangebot des Labors aufgenommen. Seit Projektbeginn haben insgesamt über 580 Schülerinnen und Schüler (im Folgenden: SuS) sowie mehr als 70 Multiplikatoren an Umwelttechnik-Kursen teilgenommen. Weitere Buchungen für das Jahr 2015 liegen bereits vor. Mehr als 100 in- und ausländische Bildungsadministratoren lernten das Programm im Rahmen von TUMlab-Präsentationen kennen. Bei allen Kursmodulen wurden Studierende und SuS in Lehrveranstaltungen und Praktika intensiv an der Konzeption und Weiterentwicklung beteiligt.

Die Kurse des Moduls „**Lernort Wasser**“ wurden für verschiedene Jahrgangsstufen zielgruppengerecht entwickelt, im Anschluss erprobt und als erste in das permanente Angebot des TUMlab integriert. Um gegebenenfalls ungünstige Witterungsbedingungen abfangen zu können, wurden die Kurse in zwei Varianten – der ursprünglich geplanten Outdoor-Version und einer darüber hinaus eingeführten modifizierten Indoor-Fassung – realisiert. Für dieses Modul wurden mehrere Studierende als Kursleiter ausgebildet, was eine Fortsetzung des Angebots ermöglicht. Der summativen Evaluation zufolge wurde für die Kurse ein insgesamt passendes Anspruchsniveau gefunden, das von kompetenten Kursleitern umgesetzt wird und den SuS eigenständiges Arbeiten ermöglicht.

Für das Kursmodul „**Wasserkraft**“ wurden in aufwendiger Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit zwei funktionsfähige Schachtwasserkraftwerks-Modelle gebaut. Die Modelle erlauben einen äußerst flexiblen Einsatz der inneren Bauteile und eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten in der Konstruktion des eigenen Wasserkraftwerks. Die Kurspraxis, bei der jede Veränderung in der Konstruktion einen direkten Output als Änderung in der Stromerzeugung generiert, erlaubt das Einbringen eigener Ideen und ein forschendes Lernen ohne vorgegebenen Lösungsweg. Kursinhalte, Anspruchsniveau, Organisation und Ablauf des Kurses sowie die Kompetenz der Kursleiter werden von den SuS insgesamt positiv eingeschätzt. Studierende wurden als Kursleiter ausgebildet und das Modul in das reguläre TUMlab-Kursprogramm integriert.

Das Modul **Energieverbrauch/Standby** wurde für verschiedene Jahrgangsstufen konzipiert, erprobt und in das reguläre Kursangebot des TUMlab implementiert. Das Modul demonstriert sehr schön die fruchtbare Verbindung zwischen Exponaten im Museum und Kurspraxis im TUMlab: Es erlaubt einen direkten Vergleich der eigenen körperlichen Anstrengung auf dem Energiefahrrad als Äquivalent des Energieverbrauchs mit den späteren Messungen des Stromverbrauchs der SuS im Labor. In der Evaluation werden auch die Kurse dieses Moduls insgesamt positiv bewertet.

Für das Kursmodul „**Lernort Wald**“ ist der Testkursbetrieb aufgenommen worden und wird fortgesetzt. Die Kurspraxis ermöglicht eine eigene Erfahrung der Messtechniken aus der Forstwirtschaft und bindet einen Baumbestand inmitten der Stadt als authentische Umgebung ein. Durch die Aufnahme des Kursortes in ein Forschungsprojekt des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der TU München ist der Kurs direkt in die aktuelle Forschung eingebunden. Wie in den anderen Modulen, ergibt sich eine enge Verzahnung von Forschung, Ausstellungen, Kurspraxis, authentischer Umgebung und der Thematisierung des gesellschaftlichen Kontexts. An der Differenzierung und Vervollständigung dieses Moduls wird weiter gearbeitet.

Für das Kursprogramm „Umwelt & Technik“ im TUMlab ist mit den verschiedenen Modulen eine sehr gute Basis vorhanden; um Umweltbewusstsein zu fördern und Interesse an Umwelttechnik zu wecken. Aufbauend auf dem Kursprogramm entstand das Seminar „Umwelttechnik im sozialen Kontext“, das als Lehrveranstaltung fortgeführt wird. In diesem Rahmen und im Zuge der ständigen Weiterentwicklung der TUMlab-Kurse werden die Module sowie dazugehörige Kurse und Materialien weiter auf- und ausgebaut.

Einleitung

Ausgangssituation: In der Umweltpädagogik zielen viele Angebote für Kinder und Jugendliche darauf, das Bewusstsein für Umweltthemen und das eigene Handeln zu erhöhen – technische Entwicklungen, die Ansätze zur Lösung der Probleme liefern könnten, werden dabei aber oft nicht berücksichtigt. Auf der anderen Seite richten sich viele der in den vergangenen Jahren zahlreich entstandenen MINT-Förderprogramme (vgl. BBAW 2012, Acatech 2011, Acatech/VDI 2009, Weingart et al. 2007) nicht spezifisch auf die Lösung von Umweltproblemen. Die Seltenheit pädagogischer Angebote mit einer Verbindung der Themen Umwelt und Technik ist umso erstaunlicher, als das Berufsfeld Umwelttechnik dem Bedürfnis junger Menschen nach sinnstiftenden Tätigkeiten entgegenkommt und die entsprechenden „Green jobs“ außerordentlich gute Zukunftsaussichten bieten (Roland Berger Strategy Consultants 2010, WWF & Roland Berger Strategy Consultants 2009).

Das beantragte Kursprogramm Umwelt & Technik soll daher Aspekte aus beiden Bereichen zusammenbringen und damit Kinder und Jugendliche nachhaltig für die gesellschaftlich immens bedeutsame und perspektivenreiche *Green Tech*-Branche begeistern. Die Innovation des Programms besteht in der Verknüpfung der Umwelt mit den zur Lösung der Probleme ebenso wesentlichen Technikaspekten und entspricht dem Schwerpunkt, Nachwuchskräfte für den Umwelttechnikbereich zu gewinnen.

Zielsetzung: Ziel des Projektes ist es, ein neues Kursprogramm „Umwelt & Technik“ für Kinder und Jugendliche im TUMLab, dem Experimentierlabor der Technischen Universität München im Deutschen Museum, aufzubauen und als ständiges Angebot aufrechtzuerhalten. Als Kursprogramm sind insgesamt vier pädagogische Module vorgesehen – Klein-Wasserkraftwerke, Standby-Verbrauch, Lernort Wald und Lernort Wasser – mit denen grundlegende Kenntnisse und hands-on-Erfahrungen in den Bereichen Energieerzeugung, Energieeffizienz, nachhaltige Wasserwirtschaft oder Messtechnik vermittelt werden.

Einleitend werden dabei die gesellschaftliche Relevanz und Problematik der jeweiligen konkreten Felder eingeführt, um die Tragweite und Bedeutung der nachfolgenden eigenen Beschäftigung mit spezifischen Aspekten und Versuchen bewusst zu machen. Die Kurspraxis im Labor orientiert sich am Konzept des forschenden Lernens und legt den Schwerpunkt auf das eigenständige Experimentieren bzw. Konstruieren. In der Konzeption der Module werden verschiedene infrastrukturelle Ressourcen zusammengeführt – so werden die selbsttätigen Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler verknüpft mit dem kontextreichen und anschaulichen Umfeld im und außerhalb des Deutschen Museums und aktuellen Forschungs- und Anwendungsbereichen der TU München, die jeweils wieder zur Vertiefung des gesellschaftlichen Kontextes dienen können.

Aufgabenstellung: In dem verlängerten Projektzeitraum stand die Auswertung der Evaluation und der mit dem Programm gemachten Erfahrungen, die Dokumentation der Projektergebnisse, der Bericht über das Projekt und vor allem die Etablierung des Kursprogramms im TUMLab als fortlaufendes, zeitlich nicht befristetes Angebot an. Des Weiteren sollte in dieser Zeit die Konzeption des Moduls „Lernort Wald“ erfolgen, die aufgrund des hohen Aufwandes für das Modul „Wasserkraft“ zunächst zurückgestellt worden war.

Dokumentation zum neuen Kursprogramm Umwelt & Technik

Die neuen pädagogischen Module mit den Schwerpunkten Wasserkraft, Energieverbrauch, Lernort Wald und Lernort Wasser vermitteln grundlegende Kenntnisse und *hands-on*-Erfahrungen in den Bereichen Energieerzeugung, Energieeffizienz, nachhaltige Wasserwirtschaft und Messtechnik und haben jeweils eine Anbindung an aktuelle Forschungsthemen oder neue Anwendungen in den jeweiligen Fachgebieten.

Didaktisch werden für die neuen Angebote dabei Ansätze gewählt, die nicht nur dem komplexen und nur interdisziplinär zu lösendem Charakter der jeweils in Frage stehenden Umweltproblematiken gerecht werden. Vielmehr nutzt die pädagogische Herangehensweise zugleich die Vorteile außerschulischer Lernorte und setzt mit Arbeitsprozessen des „forschenden Lernens“ einen Schwerpunkt auf die eigenständige Erarbeitung von Lösungsstrategien. Um die pädagogischen Angebote fruchtbar zu machen und zu etablieren, wird darüber hinaus eine innovative Infrastruktur eingebracht, die sich durch einen hohen Vernetzungsgrad von Schule, Labor, Universität, Museum, Firmen und anderen Institutionen auszeichnet.

Lernort Wasser – „Schülergerecht und trotzdem wissenschaftlich!“

Zentrale Inhalte: Wichtigster Bezugspunkt für das Modul „**Lernort Wasser**“ ist die Isar-Renaturierung, die in den letzten Jahren mit dem Isar-Plan umgesetzt und mit welcher der ökologische Wert dieses Fließgewässers wieder anerkannt und zugleich heraufgesetzt wurde. Nachdem inzwischen auch der letzte im Isar-Plan vorgesehene Abschnitt realisiert worden ist, liegt ein wichtiges ökologisches Großprojekt direkt vor den Toren des Deutschen Museums. Das Kursmodul verbindet eine Einführung zu der Wichtigkeit des Ökosystems Fließgewässer in verschiedenen Aspekten wie Trinkwassergewinnung, Biodiversität, Freizeitnutzung und Gewässergüte mit einer Kurspraxis des forschenden Lernens, bei der die SuS Gewässerorganismen aus der Isar kennen lernen und selbständig Messungen am Fluss durchführen.

Umsetzung: Die Kurse des Moduls „Lernort Wasser“ wurden für verschiedene [Differenzierung nach Zielgruppen](#) Jahrgangsstufen zielgruppengerecht konzipiert, im Anschluss erprobt und als erste in das permanente Angebot des TUMlab integriert. Die Realisierung der zielgruppengerechten Anpassung geschah dabei sowohl über verschiedene Vermittlungsformen als auch über eine Auswahl der dem jeweiligen Alter entsprechenden Inhalte – der Kurs für die Grundschule startet z.B. mit einer Fantasiereise in den Auwald. Für die Unterstufe steht dagegen das fragend-entwickelnde Gespräch im Vordergrund, mit dem Veränderungen des ursprünglichen Flusses durch verschiedene Arten der Nutzung ebenso eingeführt und kontextualisiert werden wie die umgesetzten Renaturierungsmaßnahmen. Unterstützt wird dieser Einstieg über eine Präsentation mit Fotos zur Isar im natürlichen, verbauten bzw. kanalisierten und renaturiertem Zustand.

Bei der Kurspraxis im TUMlab identifizieren alle Gruppen zunächst beispielhaft einige [Gewässerorganismen bestimmen](#) der Lebewesen aus dem Wasser. Ein angemessenes Niveau für die jeweiligen Jahrgangsstufen sowie eine Binnendifferenzierung lässt sich über die Zahl der zur Bestimmung ausgegebenen „Flussbewohner“ sowie die Intensität der Unterstützung durch die Kursleiter steuern. Nach dem Ankauf weiterer Binokulare stehen nun insgesamt 7 Stereo-Mikroskope zur Verfügung, so dass im Kurs Zweier-Teams zusammenarbeiten können. Die Kinder und Jugendlichen lernen auf diese Weise [Arbeit am Stereo-Mikroskop](#) nicht nur Gewässerorganismen kennen, sondern können auch selbst mit einem in der Forschung genutzten, relativ leicht zu bedienenden und hochwertigen Instrument arbeiten. Die Stereomikroskope verfügen über eine Kamera; die betrachteten Organismen sind damit für die Mitglieder des Teams und die Betreuer jederzeit sichtbar. Die SuS können Fotos der von ihnen bestimmten Tiere anfertigen, speichern

und auf einem USB-Stick mitnehmen. Die durch die Mikroskope eröffneten Möglichkeiten finden sowohl bei den SuS als auch bei den begleitenden Lehrkräften großen Anklang. Es hat sich bewährt, diesen Kursteil dem Gang zur Isar voranzustellen, da insbesondere die jüngeren SuS nach dem „Draußen-sein“ zu aufgeregt sind, um sich auf die Bestimmung der von ihnen gefundenen Tiere zu konzentrieren.

Der Gang zur Isar wird mit einer weiteren Kontextualisierung der Kursinhalte [Renaturierung](#) verknüpft: Um einen aktuellen und lokalen Bezug zum Hochwasser und damit zur [und Hoch-](#)gesellschaftlichen Relevanz der in den Kursen behandelten Thematik zu schaffen, [wasserschutz –](#) wurden während der akuten Hochwassersituation 2013 eindrucksvolle Aufnahmen des [aktuelle](#) Deutschen Museums und der Probestelle angefertigt, die direkt vor Ort einen [Bezüge](#) Vergleich mit den sonst üblichen Wasserpegeln erlauben (s. Abb. 1 und 2). Die Bilder wurden in mehrfacher Ausführung laminiert und werden beim Gang zum Ort der Probenahme an den entsprechenden Stellen gezeigt und besprochen.



Abbildung 1: Blick von der Zenneckbrücke auf das Deutsche Museum während des Hochwassers 2013. Die Zenneckbrücke liegt auf dem Weg zur Probenahmestelle. Die Gruppen können so die aktuelle Situation direkt mit der Hochwassersituation vergleichen.

Foto: Mike Kramler/TU München



Abbildung 2: Treppe an der Probenahmestelle während des Hochwassers 2013. Auch hier ist ein direkter Vergleich möglich – die weitläufige Kiesbank, auf welcher die Probenahme und die Messungen stattfinden, war während des Hochwassers vollständig überflutet.

Foto: Mike Kramler/TU München

Für die Messungen an der Isar stehen sowohl elektronische Mess-Sonden als auch [Messungen am Fluss](#) „einfache Mittel“ wie z.B. Thermometer zur Verfügung. Die Messungen bieten eine gute Gelegenheit, insbesondere für die jüngeren SuS die notwendige eigene Einordnung der Messwerte zu thematisieren. Zum Beispiel lesen die Kinder für die Wassertemperatur häufig, während sich das Messgerät noch einstellt, zu hohe Werte ab, die eher den Lufttemperaturen entsprechen – dies kann man gut vertiefen, da sie die unterschiedlichen Temperaturen von Luft und Wasser aus ihrer Alltagserfahrung kennen.

An der Isar führen die SuS die Probenahmen durch; hierfür wurden neben den bereits [Keschern/](#) vorhandenen Keschern mit langen Holzstielen einige weitere Kescher mit [Probenahme](#) Teleskopstangen angeschafft, die sich von den Kindern und Jugendlichen mit ihren

sehr unterschiedlichen Körpergrößen leichter handhaben lassen. Zusätzlich werden Alltagsgeräte, wie z.B. ein Küchensieb, und kleinere Kescher für die Probenahmen eingesetzt, die auch ausschließlich am Uferbereich verwendet werden können. Die Bioindikation erfolgt direkt vor Ort mit einem einfachen Zuordnungsschema der Organismen des Makrozoobenthos zu verschiedenen Gewässergüteklassen¹.

Um die Sicherheit der teilnehmenden SuS an der Isar zu gewährleisten, wurde unter [Sicherheit an fachkundiger Anleitung](#) eine Fortbildung für Betreuer/innen der Kurse durchgeführt. [der Isar](#) Hier wurden sowohl Voraussetzungen und Verhaltensregeln für die Betreuer und SuS sowie die Kommunikation mit den Lehrkräften erarbeitet als auch in einem praktischen Teil adäquate Verhaltensweisen der Kursleiter/innen eingeübt. Notwendiges Equipment, wie z.B. Wurfsäcke, wurde erworben. Sicherheits-Manuals fassen besonders wichtige Punkte in schriftlicher Form zusammen.

Um gegebenenfalls ungünstige Witterungsbedingungen abfangen zu können, wurden [Alternative die Kurse in zwei Varianten – der ursprünglich geplanten Outdoor-Version und einer Indoor-Kurs:](#) darüber hinaus eingeführten modifizierten Indoor-Fassung – realisiert. In dem als [Bestimmen, Indoor-Variante entworfenen Kurs „Kleine Flussbewohner ganz groß“](#) ist der Ablauf [Steckbrief und Präsentation](#) folgendermaßen gestaltet: Die SuS arbeiten in Gruppen mit Stereo-Mikroskopen, die einen räumlichen Eindruck der betrachteten Tiere ermöglichen. Sie fertigen einen Steckbrief zu einem der von ihnen bestimmten Gewässerorganismen an, recherchieren den jeweiligen Lebenszyklus und präsentieren abschließend die Ergebnisse zu „ihrem“ Flussbewohner ihren Mitschülern.

Studierende beteiligten sich in mehreren Lehrveranstaltungen an der [Einbindung in die Lehre](#) Weiterentwicklung und Konzeption der Kurse. Das Einbeziehen der Studierenden in die Entwicklung außerschulischer Angebote dient einerseits den angehenden Lehrkräften selbst, die so Erfahrungen mit neuen didaktischen Ansätzen und ihrer Anwendung auf eine reale Situation sammeln können. Auf der anderen Seite profitieren langfristig auch die Schülerinnen und Schüler, da eine stetige Verbesserung in der Aus- und Fortbildung künftiger Lehrkräfte ein hilfreiches Mittel zur Implementierung neuer Forschungsergebnisse in die Schulpraxis ist (Albisser & Keller-Schneider 2010, Schwartz et al. 2004). Für die Module „Lernort Wasser“ sowie „Kleine Flussbewohner ganz groß“ wurden zudem einige Studierende, unter ihnen auch Rettungsschwimmer, als Kursleiter ausgebildet. Dies ermöglicht eine Fortsetzung der Kurse auch nach Auslaufen der DBU-Förderung.

Fazit: Wie im ursprünglichen Konzept geplant, können in den Kursen die Forschung [Vernetzung – zur Isar, Objekte aus den Ausstellungen – zukünftig auch aus der Sonderausstellung vielfältige](#) Anthropozän – und die Kurspraxis des forschenden Lernens im TUMlab mit dem [Zugänge](#) gesellschaftlichen Kontext und der Umgebung des Museums ineinandergreifend verbunden werden. Etwas unterschätzt wurden dagegen in organisatorischer Hinsicht die Erfordernisse in Bezug auf die Sicherheit am Wasser. Für die Sicherheit wurden inzwischen jedoch umfassende Maßnahmen unter fachkundiger Anleitung ergriffen.

Die SuS trugen in kleinen Vorab-Tests zu einzelnen Kursbestandteilen sowie [Evaluation](#) fortlaufend über die Evaluation zur Verbesserung der Kurse bei. Sowohl für die „Lernort-Wasser“- als auch die „Flussbewohner“-Kurse belegt die summative Evaluation aller bisher gehaltenen Kurse ein insgesamt passendes Anspruchsniveau der Angebote sowie eine gute und abwechslungsreiche Organisation. Die Kursleiter werden als kompetent eingeschätzt, sie ermuntern zu Fragen, beantworten diese fachkundig und ermutigen die SuS zum eigenständigen Arbeiten. Zudem bestätigen

¹Aus: Abenteuer Auen – Bach und Flussauen erforschen. Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (VDG).

die SuS, dass die Kursinhalte ihnen Spaß machen und gut gefallen und die Stimmung im Kurs für sie angenehm war. Das Kursthema wird im Unterricht offenbar selten vorbereitet, dagegen scheint eine Nachbereitung in der Schule eher zu erfolgen. Für die „Lernort-Wasser“-Kurse wird insbesondere der Praxisteil an der Isar hervorgehoben als das, was den SuS am besten gefallen hat – prägnant zusammengefasst z.B. von einem Teilnehmer: „Bei der Isar war es richtig cool !!!“ Während die Antwort oft ist, dass „Alles“ gefallen hat, werden von anderen Aktivitäten im Einzelnen genannt: Vor allem das Keschern, das Untersuchen und Beobachten der Tiere, die Messungen an der Isar und die Arbeit mit dem Stereo-Mikroskop. Mehrfach scheint auch der Wert des „Draußen-Seins“ an sich in den Anmerkungen durch, z.B. freuen sich Teilnehmer, „Dass wir an die Isar konnten!“ oder „Das wir heute in der Natur waren.“ Bei der Frage, was ihnen nicht gefallen hat, werden nur selten Kritikpunkte genannt, die meisten Teilnehmer/innen geben an, dass ihnen alles gefallen bzw. nichts nicht gefallen hat. Gelegentlich äußern die SuS an dieser Stelle jedoch Missfallen über praktische Angelegenheiten, z.B. dass sie ihre Gummistiefel vergessen haben, dass ihre Füße nass geworden sind, über schlechtes Wetter oder über sicherheitsrelevante Verbote (z.B. dass sie nicht barfuß laufen dürfen aufgrund der Verletzungsgefahr durch Glasscherben). Manchen erscheint der Kurs zu lang, anderen zu kurz. Einige SuS würden sich mehr Pausen wünschen. Auch wenn manche SuS lieber die selbst gefangenen Organismen unter Mikroskop betrachten würden, hat es sich insgesamt bewährt, zunächst im Labor die Lebewesen unter dem Mikroskop anzuschauen und dann erst an die Isar zu gehen. Die Teilnehmer/innen sind auf diese Weise besser auf den Besuch an der Isar vorbereitet. Auch zerstört die – gerade bei jüngeren Kindern intensive – Aufregung über das baldige „Nach-Draußen-Gehen“ nicht die Konzentration für andere Kursinhalte, wenn dieser Part zeitlich an das Kursende gerückt wird. Zudem lässt sich so das von den kleineren Kindern als konfliktreich erlebte Mitnehmen der gefundenen Flussbewohner vermeiden. Obwohl sich die Schülerinnen und Schüler beim Betrachten der Gewässerorganismen am Stereo-Mikroskop in der Regel zwischen Ekel und Faszination hin- und her bewegen, möchten sie nicht in Kauf nehmen, dass die von ihnen gefangenen Tiere unbeabsichtigt oder für das Erstellen von Präparaten sterben. So lautet eine Anmerkung zu dem, was im Kurs am besten gefallen hat: „Das wir Wassertierchen gefangen haben und freigelassen“ bzw. was nicht gefallen hat: „Dass wir am Schluss Tiere getötet haben“. Um dieser – ethisch wünschenswerten Sensibilität – entgegenzukommen, erhalten die SuS der unteren Klassen nur die bereits vorbereiteten Präparate für ihre Untersuchungen mit dem Mikroskop, was zwar auch Fragen nach der Herkunft und dem Zustand der Tiere auslöst, aber für die Kinder offenbar leichter zu verarbeiten ist.

Während die Einführung manchen SuS als zu lang und trocken erscheint, freuen sich andere, einen näheren Einblick in die Welt der Isar und ihrer Lebewesen bekommen zu haben bzw. das Theoretische und Praktische verbunden wurde.

Für die „Flussbewohner“-Kurse nennen die SuS als das, was ihnen am besten gefallen hat, vor allem das Mikroskopieren, Untersuchen, Bestimmen und Fotografieren der Tiere, das Erstellen des Steckbriefs, das selbst Forschen und frei Arbeiten und die Informationssuche am PC. Einige erwähnen auch die kurzen Präsentationen der Steckbriefe am Ende des Kurses, die Gruppenarbeit oder sagen, ihnen hat alles gefallen. Insbesondere das Vortragen, gelegentlich auch das Erstellen der Steckbriefe, die Präsentation zu Beginn oder nicht selbst Proben am Wasser nehmen zu können, geben manche SuS als das an, was ihnen nicht gefallen hat; dem einen oder anderen gefällt auch das Thema insgesamt nicht. Ein großer Anteil der SuS schreibt zu dieser Frage jedoch, ihnen hätte alles gefallen bzw. nichts nicht gefallen.

Wasserkraft - „Die Freiheit, verschiedene Lösungswege auszuprobieren“

Zentrale Inhalte: Das Modul **Wasserkraft** greift eine Anwendungs-idee aus der aktuellen Forschung an der TU München auf, wo das Team von Prof. Rutschmann (Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft) an der Entwicklung von Schachtwasserkraftwerken mit Nutzung geringer Fallhöhen zur lokalen Stromerzeugung arbeitet. Das Schachtwasserkraftwerk wird im Vergleich zu bisherigen Wasserkraftwerken als Modell veranschaulicht und als eine Möglichkeit vorgestellt, bestehende Schwierigkeiten zu lösen. Die Einführung geht auf den gesellschaftlichen Kontext ein, in dem die Wasserkraft steht, und verdeutlicht zugleich, welche neuen Chancen sich durch technische Entwicklungen eröffnen können, wodurch die sinnstiftende Qualität der Arbeit in der Umwelttechnik betont wird. Die Schülerinnen und Schüler bauen selbst Wasserkraftwerke mit verschiedenen zur Verfügung gestellten Bauteilen. Der Bau erfolgt nicht nach einer vorgegebenen Bauanleitung, vielmehr werden den Kindern bzw. Jugendlichen verschiedene Bauelemente zur Verfügung gestellt, aus denen sie ihr eigenes Wasserkraftwerk konstruieren können. Der erzeugte Strom und Veränderungen in der Stromerzeugung werden in Form von Lichtquellen, dem Betrieb von kleinen Geräten oder Strommessgeräten sichtbar gemacht.

Umsetzung: Für das Kursmodul „**Wasserkraft**“ wurden in aufwendiger Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit zwei funktionsfähige Schachtwasser-kraftwerks-Modelle gebaut (s. Abb. 3).

Schachtwasser-
kraftwerk-
Modelle

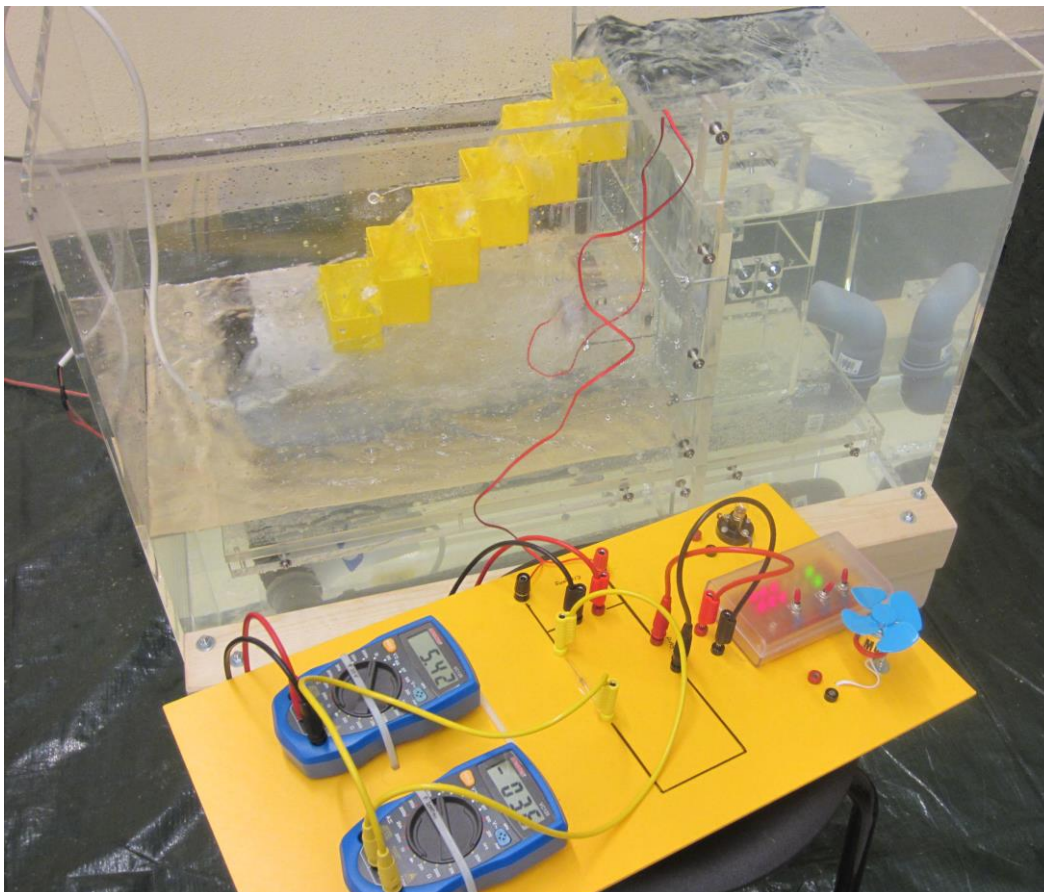


Abbildung 3: Eines der beiden Modelle, aufgebaut nach der Idee des originalen Schachtkraftwerks: Auf der rechten Seite befindet sich der Schacht, direkt hinter dem Wehr, an dem von der anderen Seite die Fischtreppe lehnt. Mit dem Messbrett können die SuS den erzeugten Strom messen und kleine Geräte wie Glühbirnchen, LEDs oder Ventilator betreiben. Foto: Mike Kramler/TU München

Die Modelle erlauben den SuS einen äußerst flexiblen Einsatz der Bauteile und eine Flexibilität in Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten in der Konstruktion ihres eigenen der Wasserkraftwerks. Forschend-lernend beginnen die SuS mit einfachen Fragen und Vermutungen zum Wasserkraftwerk – z.B., ob eine einzelne Turbine in der Strömung bereits Strom erzeugt. Von hier ausgehend entscheiden sie selbständig, welche weiteren Fragen und Vermutungen sowie komplexere Aufbauten sie wählen wollen. Für den Bau steht ihnen folgendes zur Verfügung: Der namensgebende Schacht in drei aufeinander stapelbaren Teilen; die Teile können einzeln oder kombiniert in unterschiedlicher Position sowie in unterschiedlicher Höhe verwendet werden (s. Abb. 4).

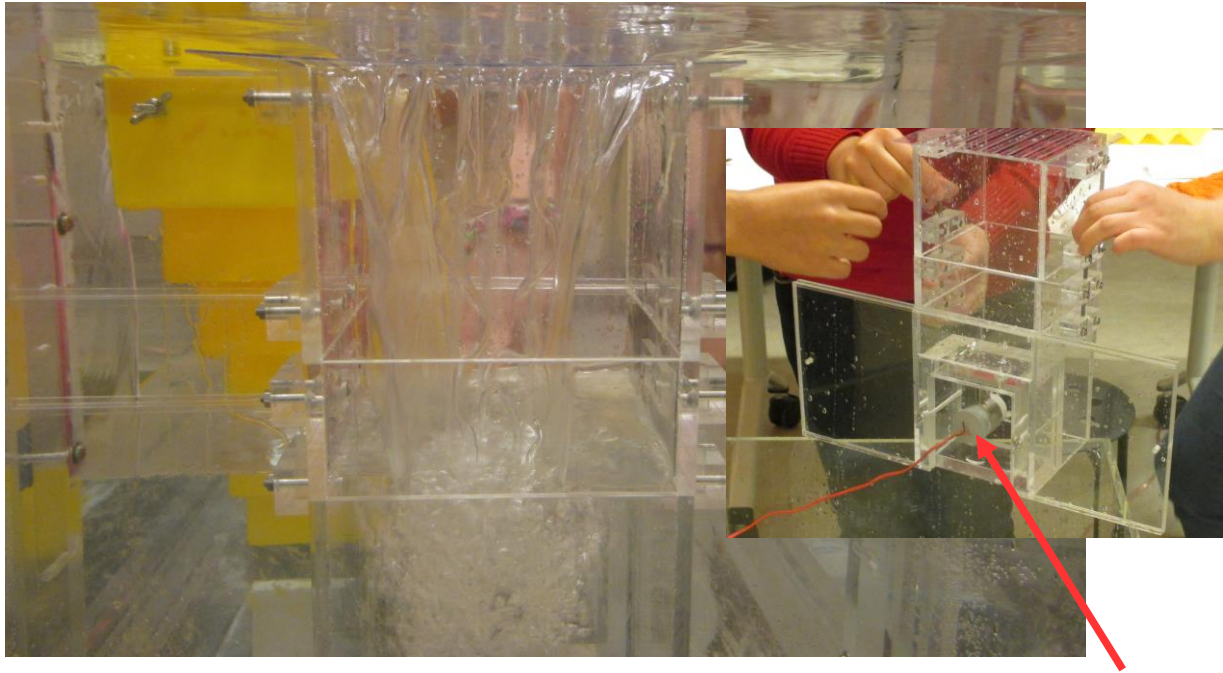


Abbildung 4: Großes Bild: Der dreiteilige Schacht während des Schachtkraftwerksbetriebs. Kleines Bild: Verbindung von einem Wehrteil unten, dreiteiligem Schacht mit oben aufliegendem Fischgitter und einer in den Schacht eingesetzten Turbine mit Generator. Der Generator befindet sich in der im Bild zu sehenden Filmdose (s. Pfeil). Fotos: Viktoria von Rheinbaben/Deutsches Museum

Die Lage des ebenfalls dreiteiligen Wehrs kann innerhalb des Beckens nicht verrückt werden; in der Höhe sind jedoch drei unterschiedliche Ausbaustufen möglich (s. Abb. 5). Die SuS können zudem Turbinen verschiedener Größe sowie dazugehörige Bauteile mit unterschiedlich großen Durchlassöffnungen nutzen. Die Turbinen mit den dazugehörigen Bauteilen können an unterschiedlichen Positionen entweder horizontal oder vertikal und sowohl außerhalb als auch innerhalb des Wehrs eingesetzt werden (s. Abb. 5).

Die SuS erhalten darüber hinaus die Anforderung, die Fische im Fluss zu schützen Anforderung und hierzu Fischgitter (s. Abb. 4, kleines Bild) und Fischtreppe (s. Abb. 3) in ihrer Fischschutz – Konstruktion zu verwenden. Die Bauteile sind so angelegt, dass für den Schutz der Lösen eines Fische ein Kompromiss bei der Stromerzeugung notwendig ist: Bei der maximalen Dilemmas Höhe des Wehrs erreichen die SuS zwar bei der Stromerzeugung die höchsten Werte, die Fischtreppe reicht jedoch nicht bis an die oberste Wehrstufe heran. Um den Fischen den Aufstieg über die Fischtreppe zu ermöglichen, müssen die SuS daher auf die maximale Stromausbeute verzichten. Mit kleinen Modellfische können die SuS die Tauglichkeit ihrer Wasserkraftanlagen für die Fische testen – diese Modellfische bestehen teils aus Styropor, teils aus kleinen fischförmigen Plastikbehältern, die im Sinne eines Recycling aus gereinigten, wiederverwendeten Soja-Soßenbehältern bestehen.

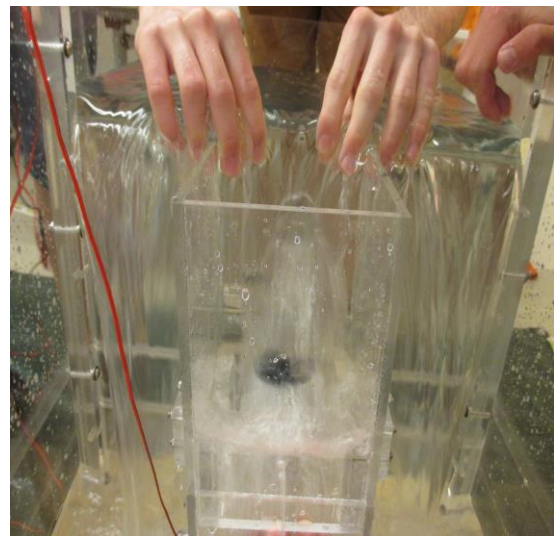
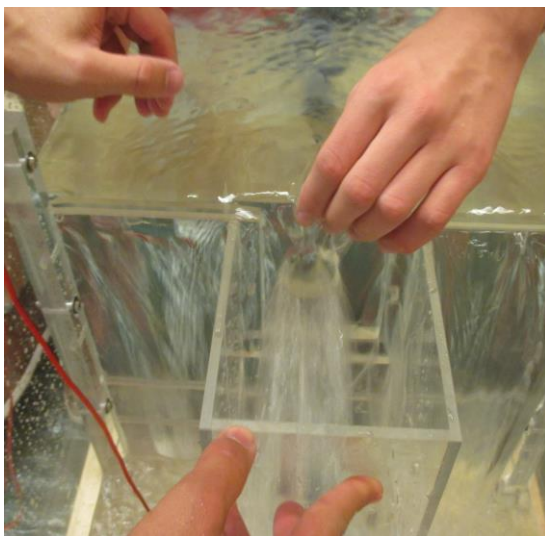


Abbildung 5: Konstruktionen der SuS in den Wasserkraftkursen. Links oben: Turbine im untersten Wehrteil, davor Bauteil mit kleiner Durchlassöffnung. Rechts oben: Bauteil mit Durchlassöffnung im mittleren Wehrteil, der Wasserstrom treibt eine vertikal eingesetzte Turbine im freien Wasser an. Mitte links: Bauteil mit Durchlassöffnung im obersten Wehrteil, Wasserstrom treibt eine Turbine im Schacht an. Mitte rechts: Ähnlicher Aufbau wie Mitte links, der Wasserstrom treibt nun eine horizontal eingesetzte Turbine im Schacht an. Unten links: Bauteil mit Durchlassöffnung im obersten Wehrteil treibt eine horizontal eingesetzte Turbine im freien Wasser an. Fotos: Viktoria von Rheinbabem, Deutsches Museum

Innerhalb eines Kurses experimentieren die SuS mit mehreren Aufbauten, die sie zu [Konstruktionen](#) optimieren versuchen. Für jedes der beiden Modelle steht ein von [erproben und](#) Lehramtsstudierenden entworfenes Messbrett bereit (s. Abb. 3), mit welchem sich die [Schluss-](#) Messwerte erfassen und kleine Geräte, wie ein Ventilator, eine Glühbirne oder [folgerungen](#) mehrere bunte LEDs betreiben lassen. In ihren Protokollen halten die SuS ihre [ziehen](#) Aufbauten mit kleinen Konstruktionszeichnungen fest und protokollieren die Messwerte (s. Anhang). Über ihre Messungen erhalten sie ein direktes Feedback zur Stromerzeugung mit der von ihnen gewählten Konstruktion. Aufgrund der großen Flexibilität in der Verwendung der Bauteile ist ein Nachbau entsprechend dem Konstruktionsprinzip des originalen Schachtkraftwerks nur eine unter vielen möglichen Optionen – die SuS gelangen im Kurs mit nur wenig Unterstützung zu dieser optimierten Variante, haben jedoch die Freiheit, ihre zahlreichen eigenen, oft überraschenden Ideen für die Konstruktion ihres Wasserkraftwerks einzubringen (s. Abb. 5).

Der Kurs „Wasserkraft“ findet nicht im TUMlab selbst statt, sondern in einem anderen, schulklassen-geeigneten Raum mit eigenem Wasseranschluss. Schwierigkeiten mit der Akustik in diesem Raum wurden mithilfe farbiger Wandbehängen deutlich minimiert, so dass inzwischen gut zwei Gruppen parallel mit den beiden Kraftwerkmodellen arbeiten können. Wie sich in den Testkursen herausstellte, können an einem Modell maximal 4 SuS gleichzeitig experimentieren, wenn allen SuS ein Mitmachen bei der Konstruktion möglich sein soll. Durch die zwei Modelle erhöht sich der Anteil der SuS, die einen Kursteil parallel absolvieren können, auf 8 SuS. Mit einem Kursteil am Vormittag und einem Kursteil am Nachmittag sind Gruppen mit insgesamt bis zu 16 Teilnehmerinnen möglich. Während die eine Hälfte der Gruppe beim Kurs ist, kann die andere Hälfte die Ausstellungen des Museums besichtigen. Gerade für das Themengebiet Wasserkraft und Energie gibt es im Deutschen [Ausstellungs-](#) Museum besonders vielfältige und attraktive Möglichkeiten: Die SuS können sich mit [besuche zum](#) entsprechendem Begleitmaterial z.B. die Route „Energie aus dem Wasser“ mit den [Thema](#) facettenreichen Exponaten zur Wasserkraft, von historischen Wasserrädern bis zum [Wasserkraft/](#) modernen Wellenkraftwerk erschließen. Für die Ausstellung Energietechnik stehen [Alternative](#) ebenfalls umfangreiche Begleitmaterialien bereit, z.B. Forscherbögen für jüngere [Energien](#) Kinder, die mit Fragen und kindgerechten Zeichnungen ein eigenständiges Erkunden der Ausstellung ermöglichen. Hier können die SuS sich umfassend mit alternativen Energien auseinandersetzen und z.B. einen passenden Standort für eine Windkraftanlage suchen. Noch spannender ist die vom Museum als Schulprogramm im Sommer 2014 neu eingeführte Tablet-Führung „Energie interaktiv“: Die SuS suchen zunächst nach Exponaten, von denen ihnen am Tablet nur Ausschnitte angezeigt werden. In einem spielerischen Wettbewerb können sie mithilfe von Simulationen auf dem Tablet die Konstruktion der ausgewählten Energie-Objekte nachbauen, diese in Animationen virtuell zum Funktionieren bringen und am Tablet Fragen zur Funktionsweise sowie zum gesellschaftlichen Kontext der Exponate beantworten. Die Tablet-Führung ebenso wie ein Besuch der Ausstellung „Energietechnik“ betten den Kurs „Wasserkraft“ anschaulich in den größeren Kontext der Energiewende und der alternativen Energieerzeugung ein. Bei der Buchung eines „Wasserkraft“-Kurses werden die Lehrkräfte spezifisch auf diese mannigfachen Möglichkeiten hingewiesen.

Ein Schachtkraftwerk draußen im Fluss hat sich aus technischen Gründen und [Strom-Bojen](#) Fragen der Sicherheit nicht realisieren lassen. Um auch draußen aktiv werden zu [für draußen](#) können, eignen sich die Strom-Bojen, die in mehreren Varianten gebaut wurden (s. Abb. 6, 7, 8) und für welche die Konstruktionsanleitungen in Kürze auf den TUMlab-Seiten online gestellt werden. Die Strom-Bojen sind mit einfachen Materialien angefertigt, die auch an Schulen vorhanden sind; die Strom-Bojen können dort also ggf. nachgebaut werden. Als Szenario für die Kurse dient ein Baumhaus, in welchem sich mittels der Wasserkraft verschiedene Geräte betreiben lassen oder der



Abbildung 6: Eine als Testmodell mit einfachen Materialien hergestellte Strom-Boje, die beiden oberen Flaschen fungieren als „Schwimmer“, die untere Flasche trägt die Turbine, der Generator befindet sich im Flaschenhals und treibt die LED im Inneren der unteren Flasche an (s. Bild rechts). Fotos: Mike Kramler



Abbildung 7: Weiterentwicklung des Testmodells – mit dieser Strom-Boje lassen sich bereits ein kleines Radio oder ein Walkie-Talkie betreiben. Foto: Mike Kramler

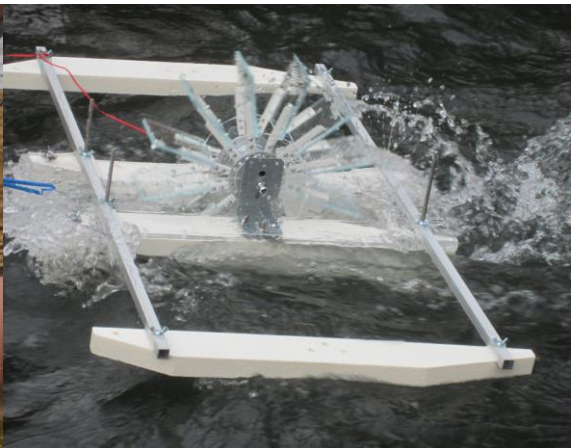


Abbildung 8: Schüler-Praktikanten im TUMlab konzipierten und konstruierten das Wasserkraftschiff (Bild links). Die Styropor-Auflage zwischen den beiden Trägern hält das Wasserkraftschiff über der Wasseroberfläche. Das Schiff kann mittels eines Seils (s. blaues Seil links) in ein Gewässer heruntergelassen und wieder hinaufgezogen werden. Auch das Kabel zum Einspeisen des generierten Stroms in die zu betreibenden Geräte („Verbraucher“) wird am Schiff befestigt und von dort nach oben geführt. Die Messungen und der Anschluss der Geräte können so auf einer Brücke oberhalb des Gewässers stattfinden. Das Modell im Bild rechts ist eine einfacher zu bauende Weiterentwicklung des Wasserkraftschiffs im linken Bild. Die Wasserrad-Bojen erzeugen, bei entsprechender Wasserströmung, genügend Strom, um z.B. ein Radio, einen Ventilator oder ein Funkgerät betreiben. Fotos: Mike Kramler, Miriam Voß

Handyakkus geladen werden kann. Die Bauteile für die Strom-Bojen lassen sich nicht so flexibel verwenden wie bei den Schachtkraftwerken, jedoch lassen sich einzelne Bauteile durchaus verändern – z.B. ist bei dem Wasserkraftschiff die Höhe des Wasserrades in der Mitte verstellbar sowie die Größe der Paddel des Wasserrades und die Anzahl der Auftriebskörper, womit sich Effekte der unterschiedlichen Bauteilverwendungen auf die Stromerzeugung untersuchen lassen. Weitere Materialien zum Bau kleiner Wasserkraftwerke für jüngere Kinder sind mit Konstruktionsanleitungen, Filmen und Videos auf der TUMlab-Seite² zu finden. Die zielgruppengerechte Differenzierung ergibt sich im Wasserkraftkurs mit dem sehr freien Arbeiten beim Schachtkraftwerk durch unterschiedlich viel Unterstützung seitens der Kursleiter und eine Anpassung der Einführung. Was die Strom-Bojen betrifft, ist vor allem wichtig, dass für die jeweilige Altersgruppe geeignete Modelle auszusuchen. Zur Nachbereitung können Lehrkräfte das Rollenspiel „Energetingen“³ nutzen, bei dem die SuS als Vertreter verschiedener, fiktiver Gemeinden über die zukünftige Energieversorgung ihres Landkreises entscheiden. Für die ab 16-Jährigen haben Lehramtskandidaten des Seminars „Umwelttechnik im sozialen Kontext“ ein an das Rollenspiel Energetingen angelehntes Planspiel zur Wasserkraft entworfen.

Fazit: Der Wasserkraft-Kurs ist mit der Möglichkeit, ein eigenes Schachtkraftwerk zu entwickeln, besonders nah an der Forschung. Zugleich lässt er sich mit Ausstellungsbesuchen wie z.B. der Tablet-Führung verbinden, die auf äußerst innovative, motivierende und zugleich spielerische Weise Objekte zum Thema Energie im Museum erschließen. Nach der kurzen Einführung im Kurs ermöglichen die Auseinandersetzung mit Exponaten des Museums und die zur Nachbereitung vorhandenen Materialien (Energetingen, Planspiel Wasserkraft), den Wasserkraft-Kurs umfassender in einen größeren gesellschaftlichen Kontext einzubetten. Mit der vom Museum geplanten Ausstellung zur Energiewende erweitern sich diese möglichen Anknüpfungspunkte zukünftig noch. Die durch eine sehr freie Arbeitsweise gekennzeichnete Kurspraxis, bei der jede Veränderung in der Konstruktion einen direkten Output als Änderung in der Stromerzeugung generiert, erlaubt das Einbringen eigener Ideen und ein forschendes Lernen ohne vorgegebenen Lösungsweg. Mit der Alternative der Strom-Bojen können die SuS draußen am Fluss oder Bach selbst aktiv werden. Mit dem Thema Wasserkraft lassen sich die Elemente aus Forschung, Ausstellungen, Kurspraxis, authentischer Umgebung und der Thematisierung des gesellschaftlichen Kontexts in nahezu idealer Weise verbinden. In der summativen Evaluation werden Kursinhalte, Anspruchsniveau, Organisation und Ablauf des Kurses sowie die Kompetenz der Kursleiter positiv eingeschätzt. Den SuS haben die Wasserkraft-Kurse Spaß gemacht und gut gefallen. Was die Vor- und Nachbereitung der Kurse betrifft, ist eine zuverlässige Auswertung nur schwer möglich – insbesondere zu Beginn richteten sich viele Kurse wegen des nur eines vorhandenen Schachtkraftwerks nicht an Klassen, sondern kleine private Gruppen. Für eine schulische Veranstaltung gab die begleitende Lehrkraft jedoch an, die Kursinhalte nach dem Kurs im Unterricht auf jeden Fall aufgreifen und vertiefen zu wollen. In der Auswertung der offenen Fragen zeigt sich: Am besten gefallen haben den SuS das Ausprobieren und Experimentieren, das eigenständige, praktische und freie Arbeiten, das Bauen und die vielen verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten. Das Versuchsmodell, die direkte Sichtbarkeit der Resultate sowie die Möglichkeit, anhand des Modells die Gedanken des Erfinders nachzuvollziehen, werden ebenfalls besonders hervorgehoben. Mehrere SuS schätzen die nette Atmosphäre und sympathische und kompetente Kursbetreuung. Viele erwähnen die Gruppenarbeit,

2 <http://www.tumlab.edu.tum.de/kursangebot/umwelt-technik/materialien-wasser-hat-kraft/>

3 <http://www.deutsches-museum.de/de/information/schule-und-museum/eu-projekt-setac/gymnasium/>

z.T. auch die Arbeit in kleinen Gruppen. Manchen machen einzelne Versuche wie der Staudambau oder Experimente mit den Fischen besonders viel Spaß. Das Nass-Spritzen wird nur zweimal erwähnt und kommt bisher in den Kursen insgesamt deutlich weniger häufig vor als befürchtet. Auf die Frage, was ihnen nicht gefallen hat, antworten die SuS z.B. dass sie zu wenig Zeit hatten oder dass sie ein Protokoll schreiben mussten. Manche SuS hätten gern andere oder noch mehr Bauteile gehabt, um ihre Ideen zu verfolgen oder zu optimieren, einzelne kritisieren, dass sie ihre Versuche nicht abschließen konnten. Während viele SuS das praxisorientierte Arbeiten sehr schätzen, hätten einige andere gern mehr über Hintergründe und Theorie erfahren. In ähnlicher Weise freuen sich die meisten über die Möglichkeiten des freien Arbeitens, während es einzelnen SuS zu wenig Abwechslung im Kurs gab oder sie gern mehr Unterstützung durch die Kursleiter gehabt hätten. Andere Rückmeldungen betreffen organisatorische Fragen oder den Raum – wie oben bereits erwähnt, sind die Probleme der Akustik inzwischen deutlich reduziert. Auch in der Frage des Protokolls wird zurzeit versucht, eine bessere Lösung für die Protokollvorlage zu finden. Insgesamt scheint ein Kursniveau erreicht, das für die SuS durch die ungewöhnliche Arbeitsweise sehr motivierend wirkt und sich optimal in das Konzept des vielfältig eingebundenen forschenden Lernens einbinden lässt. Mit der Möglichkeit der Online-Buchung und Studierenden, die als Kursleiter für diese Kurse ausgebildet wurden, ist das Modul Wasserkraft nun in das reguläre TUMlab-Programm integriert.

Standby/Energieverbrauch – „Ich fand das Energiefahrad am besten, weil man auch sieht wie anstrengend es ist und wie viel man benötigt.“

Zentrale Inhalte: Neben der Frage der Energieerzeugung aus regenerativen Quellen ist ein effizienter und ressourcenschonender Einsatz der erzeugten Energie, d.h. eine Reduktion des Stromverbrauchs in Haushalten und in der Industrie, von größter Bedeutung. Ein geringerer Energieverbrauch hilft nicht nur, die auf Seiten der Energieerzeugung notwendige Leistung zu reduzieren, sondern auch, den CO₂-Ausstoß zu verringern, und trägt somit direkt zum Klimaschutz bei. An die Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen anschließend, die nicht zuletzt aus dem Umgang mit Fernsehgeräten, Handys und Laptops besteht, greift der Kurs im TUMlab den Standby-Betrieb elektronischer Geräte auf. Im Kurs soll das Bewusstsein für die Wichtigkeit des Energiesparens, d.h. für die Senkung des alltäglichen Energieverbrauchs, geschärft werden. Während die Kinder z.B. auf Kaufentscheidungen energieeffizienzoptimierter Geräte oft wenig Einfluss haben, bietet ihnen die Leitlinie „Ausschalten statt Standby“ eine direkt umsetzbare Handlungsoption.

Umsetzung: Das Modul Energieverbrauch/Standby wurde für verschiedene Jahrgangsstufen konzipiert, erprobt und in das reguläre Kursangebot des TUMlab implementiert. Im Sommer wurden die noch fehlenden Testkurse für die Grundschulen durchgeführt. Die SuS beginnen im Kurs mit dem Bau eines kleinen [Stromkreis bauen](#) Stromkreises, um schon während der Einleitung möglichst schnell mit einem kleinen Experiment einzusteigen. Ausgeteilt werden zwei kleine Glühbirnen, ein Vorder- und ein Rücklicht eines Fahrrads. Durch Anschauen und Vergleichen können die SuS [Anschauen und Vergleichen](#) erkennen: Die beiden Birnchen leuchten unterschiedlich hell an derselben Batterie. Nach einer kurzen Einführung der Messeinheiten Volt und Ampere sowie der Begriffe Spannung, Strom und Widerstand messen die SuS mit dem Multimeter den Unterschied der beiden Glühbirnchen – so können sie feststellen, was sich ändert, wenn sie die unterschiedlichen Birnchen in ihrem Stromkreis anschließen. Jüngere SuS können anhand der Birnchen feststellen: Der Glühfaden beim Fahrradvorderlicht ist viel dicker als beim Rücklicht, also kann hier auch „mehr Strom durch“.

SuS der höheren Jahrgangsstufen messen die Spannungen der beiden Glühbirnen mit dem Computer und zeigen sie mit der Software LabView an; sie können die Leistung der beiden Lämpchen vom Computer errechnen lassen. Der Versuch mit den beiden Glühbirnen mit ihrer unterschiedlichen Leistung führt bereits anschaulich und anhand eigener Erfahrung auf den unterschiedlichen Stromverbrauch verschiedener Geräte hin.

Ein Vergleich der Spannungen von verschiedenen Haushaltsbatterien, Autobatterie, Steckdosen, Starkstrom, Röhren-Fernseher, Elektrozäunen, Hochspannungsmasten und Blitzen führt lebendig vor Augen, wann Strom für uns ungefährlich ist und in welchen Fällen Strom für uns höchst gefährlich werden kann. Nachdem geklärt wurde, dass Stromfluss nur bei geschlossenem Stromkreis zustande kommt, hält der Kursleiter eine AA-Batterie (1,5 V) hoch und fragt die SuS, ob er beide Pole gleichzeitig berühren darf. Bei jüngeren SuS ergibt sich keine eindeutiges Votum dafür oder dagegen. Nachdem die Faustformel, ab 50 V wird es für den Menschen gefährlich, erörtert und eindringlich darauf hingewiesen wurde, dass die 230 V der Haushaltssteckdose eine ernstzunehmende Gefahr darstellen, erzählen einige SuS, dass sie schon einmal an einem Weidezaun einen elektrischen Schlag bekommen hätten. Dieses Beispiel greift der Kursleiter auf, um nochmals die Begriffe Strom und Spannung zu vertiefen: der Weidezaun führt über 1000 V, jedoch fließt bei einer Berührung nahezu kein Strom. Nur deshalb ist so ein elektrischer Schlag ungefährlich.

Im Anschluss messen die SuS die Leistung von verschiedenen Haushaltsgeräten – da diese mit 230 V laufen, ist es zu gefährlich, diese mit den Multimetern auszumessen. Stattdessen nutzen die SuS Energiemonitore, die genau das tun, was sie mit ihrem kleinen Stromkreis bereits selbst als Experiment durchgeführt haben: Spannung und Strom messen und daraus die Leistung berechnen. Zum Vermessen werden größtenteils Geräte genutzt, die im TUMlab im Einsatz sind, z.B. Handyladegerät, Akkuladegerät der Roboter aus den Robotik-Kursen, Computer und Monitore, Laptops, Drucker, Staubsauger, Wasserkocher und Kaffeemaschine. Zusätzlich stehen Lampen mit LED, Glühbirne und Energiesparlampe bereit, um hieran die Unterschiede im Stromverbrauch dieser verschiedenen Leuchtmitteln messen zu können. Der Energieverbrauch des Standby-Betriebs kann besonders eindrücklich mit einem kleinen Radio vor Augen geführt werden, bei welchem die SuS sehr überrascht sind, wenn sie auch im vermeintlich ausgeschalteten Zustand weiterhin einen Energieverbrauch messen – bei genauem Hinhören lässt das leise Brummen des eingebauten Transformators erkennen: Das Radio ist tatsächlich nicht vollständig ausgeschaltet.



Abbildung 9: Schüler beim Energie-Fahrrad in der Ausstellung Energietechnik. Foto: Deutsches Museum

Die Energiemonitore messen auch die Zeit, wie lange welche Leistung entnommen wird - dies illustriert die zusätzliche Kategorie der Leistung/Zeit, womit Wattstunden bzw. Kilowattstunden eingeführt werden. Diese Einheit wird als Grundlage für das eigene „Erfahren“ des Energieverbrauchs gebraucht: Die SuS gehen mit dem Kursleiter in die Ausstellung Energietechnik mit der Aufgabe auf dem Energiefahrrad (s. Abb. 9) insgesamt eineinhalb Minuten lang 200 W zu erzeugen. Wegen der notwendigen körperlichen Anstrengung, wird die Aufgabe auf mindestens drei SuS aufgeteilt, die

je eine ½ Minute 200 W erstrampeln. Wenn die Gruppe das möchte, kann der Kursleiter hier flexibel auch mehr SuS mit dem Energiefahrrad fahren lassen, um möglichst vielen der Kinder und Jugendlichen die Erfahrung zu ermöglichen, wie viel Energie notwendig ist, um verschiedene Alltagsgeräte zu betreiben. Zurück im TUMlab können die SuS vergleichen: Wie lange würde die Energie ausreichen, um die von ihnen vermessenen Geräte zu betreiben? Die 2,5 Watt-LED-Lampe könnte z.B. schon 2 Stunden mit der am Fahrrad erzeugten Energie leuchten, die 60 W Glühbirne nur 5 Minuten. Der Wasserkocher hätte die Energie bereits in 10 Sekunden verbraucht, das Wasser für eine Tasse Tee würde dabei nicht einmal lauwarm werden. .

Um die Handlungsoption „Ausschalten“ spielerisch anzuregen, wird das Lernspiel [„Energie sparen“](http://www.swm.de/dms/swm/multimedia/lernspiele/lernspiel-energie-sparen.swf) (<http://www.swm.de/dms/swm/multimedia/lernspiele/lernspiel-energie-sparen.swf>) der Stadtwerke München eingesetzt. Es zeigt in einer kindgerechten Animation ein Haus, in welchem viele elektrische Geräte angeschaltet sind, während die Familie beim Mittagessen sitzt. Eine Schülerin/ein Schüler wird an den Computer vorn am Beamer gebeten und schaltet auf Zuruf ihrer Klassenkameraden die Geräte aus, die während des Essens nicht eingeschaltet bleiben sollten. In einem zweiten Schritt ordnen die SuS in der Animation die Haushaltsgeräte einem niedrigen oder hohen Energieverbrauch zu, ggf. wird ihnen dabei der Tipp gegeben: Alles, was warm macht oder heizt, braucht viel Strom. Neben dem TUMlab als authentischer Umgebung für den Stromverbrauch durch technische Geräte erfahren die SuS mit dem Spiel zugleich, wie sie ihr neu erworbenes Wissen bei sich zuhause einsetzen können. Für ihre Gruppe erhalten sie ein „Energiespar-Diplom“, welches sie aus dem TUMlab mitnehmen können.

Als zweite Handlungsoption wird das „Nicht-Einschalten“ energiehungriger Geräte eingeführt: Als eindrucksvolles Beispiel dient eine Rolltreppe, die, sobald sie betreten wird, meist für 15 min eingeschaltet bleibt – mit der auf dem Energiefahrrad von den SuS erzeugten Energie würde eine durchschnittliche Rolltreppe gerade einmal 6 Sekunden laufen.

Für ältere SuS steht ein abschließender Kursteil bereit, in dem sie selbst Strom für ein Glühbirnchen erzeugen, indem sie einen Generator antreiben. Jedoch nicht mit der Hand, sondern mit einem 12 V-Elektromotor. Ein Labornetzgerät stellt die nötige Kleinspannung zur Verfügung und zeigt den benötigten Strom an. Auf der anderen Seite werden wie bei den Versuchen zu Beginn des Kurses ebenfalls Spannung und Strom am Lämpchen gemessen. Der beeindruckende Unterschied zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung führt zu den Begriffen Wirkungsgrad und Verluste. Und zu der Erkenntnis, dass man Übertragungsverluste am besten reduzieren kann, indem weniger Leistung übertragen werden muss, weil man weniger Leistung verbraucht, also Energie spart.

Das Modul Energieverbrauch/Standby enthält einige grundlegende Elemente, wie z.B. das Energiefahrrad oder das Messen mit den Energiemonitoren, die in den Kursen bei allen Altersstufen erhalten bleiben. Die zielgruppengerechte Differenzierung erfolgt sowohl über das Erklärungsniveau und eine spezifische Ansprache der unterschiedlichen Gruppen als auch über eine Variation im Schwierigkeitsgrad der Messungen und Rechnungen während der Kurse. Wie sich bei einer universitären Lehrveranstaltung zeigte, sind selbst Studierende, die ein Grundverständnis für den Energieverbrauch der verschiedenen Geräte besitzen, beeindruckt von den konkreten Messergebnissen und den daraus folgenden Hochrechnungen zum Energieverbrauch.

Fazit: Insgesamt fügt sich das Modul sehr gut in das Konzept der Verbindung von Vernetzung – Forschung, Ausstellungen, Kurspraxis, authentischer Umgebung und der vielfältigen Thematisierung des gesellschaftlichen Kontexts ein. Das Modul „Energieverbrauch/Standby“ demonstriert sehr schön die enge Verzahnung zwischen

Exponaten im Museum und Kurspraxis im TUMlab. Das Energiefahrrad, von vielen SuS in der Evaluation als besonderes Highlight hervorgehoben, ermöglicht ihnen die Unterschiede im Energieverbrauch verschiedener Geräte ganz konkret selbst zu „erfahren“. Dieses körperliche Erlebnis können die SuS im Labor sofort auf ihre Messungen zum Stromverbrauch beziehen und so ein tiefer gehendes Verhältnis zu den zuvor abstrakten Messgrößen gewinnen. Die Umrechnung, wie lange die verschiedenen Geräte mit der selbst erzeugten Energie laufen könnten, trägt weiter zu einer realistischen Einschätzung der Dimensionen des Energieverbrauchs bei. Die Relevanz des Energiesparens und der Energieeffizienz können in der Einführung mit Verweis auf die „Lernfabrik für Energieproduktivität“ der TU München als Beispiel aus der Forschung nahe gebracht werden – nicht nur die SuS lernen etwas über das Energiesparen, sondern selbst Manager und Fabrikplaner aus der Industrie. Authentische Umgebung für dieses Modul ist das TUMlab selbst mit seinen vielen technischen Gerätschaften, deren Energieverbrauch im Kurs vermessen wird. Zugleich erleichtert das „Lernspiel Energie sparen“ der SWM den SuS den Transfer auf ihre Situation zuhause. Anders als ursprünglich geplant, ist es bisher leider noch nicht gelungen, für die Kurse eine sinnvolle Konstruktion für das Abschalten von Standby-Betrieb zu entwickeln, die selbst nicht mehr Energie verbraucht als sich durch das Abschalten des Standby einsparen lässt. Die Kursinhalte haben sich daher zunächst mehr auf das Messen und die Messtechnik verlagert. Die Kursmodule des TUMlab werden jedoch ständig weiterentwickelt und so werden auch zum Ausschaltmechanismus für den Standby-Betrieb weitere Ideen verfolgt. Zur Einbettung in den gesellschaftlichen Kontext werden die Lehrkräfte für die Vorbereitung in der Schule auf die beiden Küchenmodelle der Ausstellung Umwelttechnik verwiesen: Diese beiden Modelle, eines von 1900, das andere aus den 1990er Jahren, lassen sich vor dem Besuch des Museums online abrufen. Die SuS können im Vergleich der beiden Küchen selbst herausfinden, wie sehr sich der Einsatz von Küchengeräten und dadurch auch der Energieverbrauch erhöht hat.

Den Daten der summativen Evaluation zufolge ordnen die SuS die Kursinhalte des Moduls für sich selbst als ein passendes Anspruchsniveau ein, mit einer allenfalls schwachen Tendenz, etwas zu leicht zu sein. Die Organisation wird als gut und abwechslungsreich eingeschätzt. Die Kursleiter werden als kompetent empfunden, sie ermuntern zu Fragen, beantworten diese fachkundig und ermutigen die SuS zum eigenständigen Arbeiten. Zudem bestätigen die SuS, dass die Kursinhalte ihnen Spaß machen und gut gefallen und die Stimmung im Kurs für sie angenehm war. Lediglich die Vor- und Nachbereitung im Unterricht ist laut Schülersaussagen nicht besonders ausgeprägt. Um hier entgegenzusteuern und die Inhalte mehr mit dem Unterricht zu verknüpfen, werden die Lehrkräfte für die Vorbereitung auf den bereits erwähnten und im Unterricht einfach zu implementierenden Vergleich der beiden Küchenmodelle hingewiesen. Für die Nachbereitung können die Lehrkräfte künftig auf die Aktionskarten des Energie-Parcours („Thema 4: Energie sparen“⁴) zurückgreifen, der vom Unabhängigen Institut für Umweltfragen (UfU) entworfen wurde. Das TUMlab wird zur Anregung für die Aufarbeitung nach dem Kurs eine Auswahl geeigneter Aktionskarten des Energie-Parcours im Labor bereithalten.

Am besten gefallen haben den SuS die vielen Versuche, oft werden explizit einzelne Experimente genannt, wie z.B. das Energiefahrrad, der Stromkreis, selbst Strom zu erzeugen bzw. zu messen, manchmal wird auch generell auf das „Ausprobieren mit den Geräten“ verwiesen. Im Umkehrschluss wird von den SuS, die am liebsten direkt mit den Versuchen starten würden, hauptsächlich die längere Einführungsrede als etwas genannt, was ihnen im Kurs nicht gefallen hat. Zugleich wird die Einführung von anderen SuS hervorgehoben, als das, was ihnen am besten gefallen hat, da „alles [...] sehr gut veranschaulicht war“. Einzelnen SuS erschienen die Aufgaben zu

4 <http://www.ufu.de/de/projekte/lehrerbildung/skripte.html>

leicht für ihr vorhandenes Vorwissen, der Großteil der SuS expliziert bei der Frage danach, was ihnen nicht gefallen hat, jedoch, dass ihnen im Kurs alles gefallen hat. Alles in allem scheint ein zielgruppengerechtes, an das jeweilige Alter angepasstes Niveau der Kurse erreicht, das sehr gut in das Konzept des vielfältig eingebundenen forschenden Entdeckens passt. So notwendig, können kleinere Verbesserungen im Zuge der ständigen Weiterentwicklungen der Kurse integriert werden.

Lernort Wald

Zentrale Inhalte: Wälder sind eine für das globale Klima immens wichtige Ressource, da sie in großem Maße sowohl Sauerstoff produzieren als auch Kohlendioxid aufnehmen. Zugleich sind Wälder komplexe Ökosysteme, die eine Vielfalt von Arten beherbergen. In Deutschland besteht ein Drittel der Landesfläche (11,1 Millionen Hektar) aus Wald. Bei den Wäldern treffen verschiedene Funktionen und Nutzungen aufeinander, die auch miteinander in Konflikt stehen können – als landschaftliche Ressource erfüllen Wälder sowohl soziale Funktionen als Erholungs- und Freizeitraum, ökologische Funktionen als Lebensraum, Klimaregulator und Grundlage für Biodiversität sowie ökonomische Funktionen in der wirtschaftlichen Nutzung als Forstwald. Um eine nachhaltige Bewirtschaftung, die ökologische Kriterien berücksichtigt, zu ermöglichen, wurde vom Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München der Waldwachstumssimulator SILVA entwickelt, mit dem sich prognostizieren lässt, wie sich bestimmte Maßnahmen langfristig auf den künftigen Waldbestand auswirken. Als Ergebnis stehen dem Anwender ökonomische und ökologische Kenngrößen zur Verfügung, welche die Entscheidungsfindung in forstlichen Fragen unterstützen. Um den sinnvollen Einsatz von Umwelttechnik für die Natur transparent zu machen, ohne das Erlebnis der Natur zu vernachlässigen, werden im Sinne der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung Elemente der Naturerfahrung mit dem Kennenlernen und dem Einsatz von Techniken zur Waldvermessung und planerischen Waldbewirtschaftung verbunden. Die Kinder bzw. Jugendlichen lernen zunächst die Bedeutung des Ökosystems Wald und seine verschiedenen, im Punkt Forschung bereits angesprochenen Funktionen, z.B. für das Klima oder die Biodiversität, kennen. Im Zentrum steht dabei der Umgang des Menschen mit seinen natürlichen Ressourcen, womit auf die Wichtigkeit einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder hingeführt wird.

Umsetzung: Für das Kursmodul „Lernort Wald“ ist der Testkursbetrieb aufgenommen [Differenzierung](#) worden und wird fortgesetzt. Im Kurs wird zunächst mit der Frage: „Was würde ohne [nach](#) Bäume fehlen?“ auf die unterschiedlichen Funktionen des Waldes hingeführt. Je nach [Zielgruppen](#) Alter ist hier bei der Sammlung das Sprachniveau sowie Umfang und Tiefe der Antworten anzupassen.

Jüngeren Kindern wird für die Dauer des Kurses ein „Waldhüter“-Ausweis ausgestellt, in den sie ihren Namen eintragen können (s. Abb. 10). Um auf den Unterschied zwischen zufälliger und absichtsvoller Pflanzung hinzuweisen, wird neben den Zeichnungen der beiden Waldhüter auch das Bild eines Eichhörnchens verwendet und mit den SuS diskutiert, warum auch diese Abbildung dabei ist.

Die SuS erkunden mit interaktiven Steckbriefen, die je nach Jahreszeit mit Blättern, [Interaktive](#) Früchten, Blüten oder Knospen zu füllen sind, die verschiedenen Bäume am Kursort. [Steckbriefe](#) Je nach Alter der SuS kann hier die Differenziertheit der Bestimmung angepasst werden, für die Grundschule werden z.B. Linde, Ahorn, Eiche, Buche, Hainbuche und Kastanie eingeführt – bei älteren SuS kann man in der Bestimmung zwischen Sommer- und Winterlinde, Stiel- und Traubeneiche oder den verschiedenen Ahornarten unterscheiden.



 <p>Zeichnung: Norbert Gast</p>	<p>Waldhüter/in</p> <p>Name:</p> <hr/>	 <p>Zeichnung: Norbert Gast</p>	<p>Waldhüter/in</p> <p>Name:</p> <hr/>
--	--	--	--

Abbildung 10: Waldhüter-Ausweise

Bereits in der Einführung erfahren die SuS: Die Forscher der TU München, vom [Messungen am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde](#), vermessen die Bäume genau an dieser Stelle für [originalen](#) ihr Projekt zum ökologischen Wert von Stadtbäumen. Für die Kurse wurden [Forschungs-](#) Maßbänder sowie Höhenmessgeräte angeschafft. Die SuS können verschiedene [standort](#) Bäume mit den Maßbändern vermessen; an den Maßbändern lässt sich auf einer Seite der Durchmesser, auf der anderen Seite die Meterzahl ablesen, so dass Umfang, der Abstand zu anderen Bäumen oder der Kronendurchmesser erfasst werden können. Die Höhe der Bäume wird von den Grundschulern geschätzt, wobei Vergleiche, z.B. mit der Körpergröße der SuS herangezogen werden. Ältere SuS können die Höhe mithilfe der Höhenmessgeräte selbst messen. Die geschätzten bzw. gemessenen Werte können dann mit den Werten aus dem Forschungsprojekt des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde verglichen werden.

Die festgestellten Unterschiede leiten zur Frage: „Warum sind die Bäume so [Wachstums-](#) verschieden?“, anhand der die verschiedenen Wachstumsbedingungen der Bäume [simulation](#) eingeführt werden. Zurück im TUMlab wird mit der Waldwachstumssimulation SILVA [SILVA](#) demonstriert, wie die Messwerte in das Programm eingegeben werden können, um einen neuen Bestand zu generieren und wie sich mit dem Programm Prognosen der künftigen Entwicklung darstellen lassen.

Fazit: Durch die Aufnahme des Kursortes in ein Forschungsprojekt des Lehrstuhls für [Vernetzung –](#) Waldwachstumskunde der TU München ist der Kurs noch näher an die aktuelle [vielfältige](#) Forschung angebunden als ursprünglich gedacht. Für die Ausstellungen ist eine Art [Zugänge](#) Schatzsuche geplant, bei der die SuS erforschen können: „Wo wird überall Holz genutzt?“, wobei sie historische wie aktuelle Verwendungen der Holznutzung (Schifffahrt, Holz in Konstruktion und Bau, Papierherstellung) kennen lernen. Mit einer vom Museum geplanten Ausstellung zur Energiewende ergeben sich für den Kurs „Lernort Wald“ zukünftig darüber hinaus noch weitere einschlägige Möglichkeiten der Einbettung. Die Kurspraxis ermöglicht eine eigene Erfahrung der Messtechniken aus der Forstwirtschaft und bindet mit dem Kursort zwar kein Waldareal, aber einen Baumbestand inmitten der Stadt als authentische Umgebung ein. In der Grundfrage des Forschungsprojektes zum ökologischen Wert der Stadtbäume klingt die gesellschaftliche Kontextualisierung bereits an und kann in den Kursen weiter vertieft werden. Auch in diesem Modul ergibt sich damit eine enge Verzahnung von Forschung, Ausstellungen, Kurspraxis, authentischer Umgebung und der Thematisierung des gesellschaftlichen Kontexts.

An der Differenzierung und Vervollständigung dieses Moduls wird weiter gearbeitet. Nach weiterer Abstimmung der Kursinhalte mit dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde und Durchführung der noch ausstehenden Testkurse wird auch dieses Modul vollständig in das TUMlab-Kursprogramm „Umwelt & Technik“ implementiert.

Öffentlichkeitsarbeit

Für das TUMLab ist die eigene Homepage mit der Darstellung der verschiedenen Kursangebote ein zentrales Mittel der Werbung und Öffentlichkeitsarbeit. Die Kursangebote des neuen Programms „Umwelt & Technik“ wurden auf den TUMLab-Seiten mit Verweis auf die Förderung des Projektes durch die DBU online gestellt (s. Anhang). Interessierten stehen verschiedene Materialien aus dem Projekt zum Download zur Verfügung (Beispiele s. Anhang).

Zu Beginn des Projekts wurde die Meldung zu der DBU-Unterstützung des neuen Kursprogramms „Umwelt & Technik“ auf den Startseiten der Webseiten der TUM School sowie des TUMLab prominent platziert (s. Anhang). Im halbjährlichen Newsletter der TUM School of Education, den die Fakultät an eine Reihe von Schulen versendet, wurden ein Beitrag zum DBU-Projekt und eine Einladung zum Kursangebot „Lernort Wasser“ veröffentlicht. Auch für *DBU aktuell* wurde ein kurzer Beitrag über das Projekt verfasst.

In TUMCampus, Ausgabe 2/2013 erschien ein ganzseitiger Beitrag über die Entwicklung des Umwelt & Technik-Programms für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Das Magazin TUMCampus hat eine Auflage von 10.000 Exemplaren, parallel werden die Hefte online veröffentlicht:

<http://www.tum.de/die-tum/magazine/tumcampus/>.

Teils berichten auch die Schulen auf ihren Internetseiten selbst über ihre Kursbesuche: <http://www.tggaa.de/kleine-flussbewohner-ganz-gross/>, <http://www.rs-gutwarnberg.de/aktuell/2014/tumlab.php>, http://gymnasiumdorfen.de/index.php?option=com_content&task=view&id=653&Itemid=1, http://www.johannes-gymnasium.de/johannes_gymnasium/Unterricht%20und%20Erziehung/Fachbereiche/Naturwissenschaften/Physik/Aktuelles/Bericht%20MINT-Praktikum.pdf,

Bei der Veranstaltung „Natürlich! Energie“ des TUM-Schulclusters Benediktbeuren in Gaißach am 11.02.2014 wurde das DBU-Programm, insbesondere das Modul „Energieverbrauch/Standby“, mit einem Mitmach-Stand für SuS der 4. und 5. Klassen präsentiert.

Das von der DBU geförderte Kursprogramm wurde mehr als 100 nationalen und internationalen Bildungsadministratoren im Rahmen von Präsentationen im TUMLab vorgestellt.

Fazit

Durch die Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) ist im TUMLab das neue Kursprogramm Umwelt & Technik implementiert worden. Wie die summative Evaluation zeigt, bewerten die SuS die neuen Kursmodule insgesamt sehr positiv. Wie im TUMLab üblich, werden die verschiedenen Kurse ständig fortentwickelt – hierzu wird u.a. die Lehrveranstaltung „Umwelttechnik im sozialen Kontext“ dienen, die pro Semester einmal durchgeführt wird. In das Kursprogramm können so immer wieder neue Ideen einfließen und die infrastrukturelle Vernetzung kann intensiviert und ausgebaut werden. Zugleich entstehen auf diese Weise zusätzliche neue Ressourcen und Instrumente, die sowohl im TUMLab selbst wie ggf. durch Nutzung von Materialien vor Ort auch an den Schulen eingesetzt werden können. Mit dem Kursprogramm ist ein sehr gutes Fundament gelegt worden, um sowohl das Umweltbewusstsein als auch das Interesse an Umwelttechnik nachhaltig zu fördern.

Literaturverzeichnis

- Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (BBAW) (Hrsg.):
Stellungnahmen und Empfehlungen zur MINT-Bildung in Deutschland auf der Basis
einer europäischen Vergleichsstudie. Berlin 2012.
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) (2011): Monitoring von
Motivationskonzepten für den Technicknachwuchs (MoMoTech). Reihe „Acatech
berichtet und empfiehlt“, Nr. 5. München, Berlin, Heidelberg.
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech/VDI) (2009):
Ergebnisbericht Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. München, Düsseldorf.
- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) Milberg, J (Hrsg.) (2009):
Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den
zentralen Handlungsfeldern. Reihe „Acatech diskutiert“. Springer Verlag Berlin,
Heidelberg.
- Roland Berger Strategy Consultants (2010): Vom Beginn einer ökonomischen
Zeitenwende. Die Entwicklung zum Green Business ist unumkehrbar. think: act
Content. Fresh thinking for decision makers.
(http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_taC_Green_Business_D_20101027.pdf)
- Weingart, P, Pansegrau, P, Rödder, S, Voß, M (2007) Vergleichende Analyse
Wissenschaftskommunikation. Leitlinien und Projektbericht an das BMBF.
- WWF & Roland Berger Strategy Consultants. (2009): Clean Economy, Living Planet -
Building Strong Clean Energy Technology Industries.
(http://assets.panda.org/downloads/rapport_wwf_cleaneconomy_international_def.pdf)

Anhang

A1 – Summative Evaluation/Lernort Wasser	23
A2 – Summative Evaluation/Kleine Flussbewohner ganz groß	24
A3 – Summative Evaluation/Wasserkraft.....	25
A4 – Summative Evaluation/Energieverbrauch/Standby	26
A5 – Offene Fragen/Lernort Wasser	27
A6 – Offene Fragen/Flussbewohner	29
A7 – Offene Fragen/Wasserkraft	31
A8 – Offene Fragen/Energieverbrauch/Standby	34
A9 – Bauanleitung für ein Fließgeschwindigkeitsmessrad	36
A10 – Bauanleitung für eine Strom-Boje.....	42
A11 – Protokollvorlage für den Kurs Wasserkraft	49
A12 – Beispielprotokoll für den Kurs Wasserkraft	54
A13 – Lernort Wasser – Kursangebot auf der TUmlab-Homepage	59
A14 – Flussbewohner – Kursangebot auf der TUmlab-Homepage	60
A15 – Wasserkraft – Kursangebot auf der TUmlab-Homepage	61
A16 – Energieverbrauch/Standby – Kursangebot auf der TUmlab-Homepage	62
A17 – TUMCampus, Ausgabe 2/2013	63

Anhang

A1 - Summative Evaluation/Lernort Wasser

Werte: 1: trifft zu, 2: trifft eher zu, 3: trifft eher nicht zu, 4: trifft nicht zu

	Die Kursinhalte haben mir gut gefallen.	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu leicht	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu schwer.	Ich habe im Kurs viel Neues gelernt.
Mittelwert	1,4	2,5	3,6	1,8
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	147	147	142	146

	Vorher habe ich mich in meiner Freizeit schon mit dem Thema auseinandergesetzt.	Die Arbeit mit den Kursinhalten hat mir Spaß gemacht.	Alle meine Fragen, die ich zum Thema hatte, wurden beantwortet.
Mittelwert	3,0	1,4	1,4
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	147	146	145

	Ich werde mich anschließend mit dem Thema in meiner Freizeit weiter beschäftigen.	Ich würde das TUMlab gerne wieder besuchen.	Kursleiter/in hat mich ermuntert, Fragen zu stellen.
Mittelwert	2,6	1,8	2,2
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	145	142	139

	Er/Sie hat mich ermutigt, eigenständig zu arbeiten.	Der/Die Kursleiter/-in konnte meine Fragen beantworten.	Ich habe mich im Kurs gut aufgehoben gefühlt.	Den Wechsel zwischen den Arbeitsphasen und Pausen fand ich gut.
Mittelwert	2,1	1,4	1,5	1,5
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	139	140	140	143

	Die Stimmung im Kurs war angenehm für mich.	Meiner Meinung nach wurden zu wenig Pausen gemacht.	Der Ablauf im Kurs war abwechslungsreich.	Ich war im Kurs immer beschäftigt.
Mittelwert	1,5	3,0	1,5	1,9
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	145	144	143	144

	Bevor wir ins TUMlab gekommen sind, hat uns unser Lehrer gesagt, was uns im TUMlab erwartet.	Wir haben uns vorher schon im Unterricht über das Thema des Kurses unterhalten.	Das Thema wird auch nach dem TUMlab-Kurs im Unterricht behandelt werden.
Mittelwert	2,5	2,5	2,3
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	136	137	126

A2 - Summative Evaluation/Flussbewohner

Werte: 1: trifft zu, 2: trifft eher zu, 3: trifft eher nicht zu, 4: trifft nicht zu

	Die Kursinhalte haben mir gut gefallen.	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu leicht	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu schwer.	Ich habe im Kurs viel Neues gelernt.
Mittelwert	1,5	2,5	3,3	1,7
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	170	169	174	173

	Vorher habe ich mich in meiner Freizeit schon mit dem Thema auseinandergesetzt.	Die Arbeit mit den Kursinhalten hat mir Spaß gemacht.	Alle meine Fragen, die ich zum Thema hatte, wurden beantwortet.
Mittelwert	3,2	1,5	1,5
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	171	172	168

	Ich werde mich anschließend mit dem Thema in meiner Freizeit weiter beschäftigen.	Ich würde das TUMlab gerne wieder besuchen.	Kursleiter/in hat mich ermuntert, Fragen zu stellen.
Mittelwert	3,0	1,9	2,1
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	169	166	169

	Er/Sie hat mich ermutigt, eigenständig zu arbeiten.	Der/Die Kursleiter/-in konnte meine Fragen beantworten.	Ich habe mich im Kurs gut aufgehoben gefühlt.	Den Wechsel zwischen den Arbeitsphasen und Pausen fand ich gut.
Mittelwert	1,6	1,3	1,5	1,7
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	170	166	168	169

	Die Stimmung im Kurs war angenehm für mich.	Meiner Meinung nach wurden zu wenig Pausen gemacht.	Der Ablauf im Kurs war abwechslungsreich.	Ich war im Kurs immer beschäftigt.
Mittelwert	1,5	2,7	1,7	1,6
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	167	170	169	169

	Bevor wir ins TUMlab gekommen sind, hat uns unser Lehrer gesagt, was uns im TUMlab erwartet.	Wir haben uns vorher schon im Unterricht über das Thema des Kurses unterhalten.	Das Thema wird auch nach dem TUMlab-Kurs im Unterricht behandelt werden.
Mittelwert	2,8	3,1	2,3
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	171	170	164

A3 - Summative Evaluation/ Wasserkraft

Werte: 1: trifft zu, 2: trifft eher zu, 3: trifft eher nicht zu, 4: trifft nicht zu

	Die Kursinhalte haben mir gut gefallen.	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu leicht	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu schwer.	Ich habe im Kurs viel Neues gelernt.
Mittelwert	1,2	2,9	3,6	1,9
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	74	73	74	73

	Vorher habe ich mich in meiner Freizeit schon mit dem Thema auseinandergesetzt.	Die Arbeit mit den Kursinhalten hat mir Spaß gemacht.	Alle meine Fragen, die ich zum Thema hatte, wurden beantwortet.
Mittelwert	2,9	1,2	1,3
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	74	74	73

	Ich werde mich anschließend mit dem Thema in meiner Freizeit weiter beschäftigen.	Ich würde das TUMLab gerne wieder besuchen.	Kursleiter/in hat mich ermuntert, Fragen zu stellen.
Mittelwert	2,6	1,3	1,9
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	74	74	72

	Er/Sie hat mich ermutigt, eigenständig zu arbeiten.	Der/Die Kursleiter/-in konnte meine Fragen beantworten.	Ich habe mich im Kurs gut aufgehoben gefühlt.	Den Wechsel zwischen den Arbeitsphasen und Pausen fand ich gut.
Mittelwert	1,4	1,2	1,2	1,7
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	74	70	74	63

	Die Stimmung im Kurs war angenehm für mich.	Meiner Meinung nach wurden zu wenig Pausen gemacht.	Der Ablauf im Kurs war abwechslungsreich.	Ich war im Kurs immer beschäftigt.
Mittelwert	1,2	3,5	1,8	1,4
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	74	70	73	74

	Bevor wir ins TUMLab gekommen sind, hat uns unser Lehrer gesagt, was uns im TUMLab erwartet.	Wir haben uns vorher schon im Unterricht über das Thema des Kurses unterhalten.	Das Thema wird auch nach dem TUMLab-Kurs im Unterricht behandelt werden.
Mittelwert	-	-	-
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	-	-	-

A4 - Summative Evaluation/ Energieverbrauch/Standby

Werte: 1: trifft zu, 2: trifft eher zu, 3: trifft eher nicht zu, 4: trifft nicht zu

	Die Kursinhalte haben mir gut gefallen.	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu leicht	Was heute im Kurs gemacht wurde, war mir zu schwer.	Ich habe im Kurs viel Neues gelernt.
Mittelwert	1,3	2,4	3,5	1,9
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	120	121	117	120

	Vorher habe ich mich in meiner Freizeit schon mit dem Thema auseinandergesetzt.	Die Arbeit mit den Kursinhalten hat mir Spaß gemacht.	Alle meine Fragen, die ich zum Thema hatte, wurden beantwortet.
Mittelwert	2,7	1,4	1,4
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	119	119	119

	Ich werde mich anschließend mit dem Thema in meiner Freizeit weiter beschäftigen.	Ich würde das TUMlab gerne wieder besuchen.	Kursleiter/in hat mich ermuntert, Fragen zu stellen.
Mittelwert	2,5	1,6	2,0
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	120	118	117

	Er/Sie hat mich ermutigt, eigenständig zu arbeiten.	Der/Die Kursleiter/-in konnte meine Fragen beantworten.	Ich habe mich im Kurs gut aufgehoben gefühlt.	Den Wechsel zwischen den Arbeitsphasen und Pausen fand ich gut.
Mittelwert	1,9	1,2	1,3	1,8
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	119	118	118	108

	Die Stimmung im Kurs war angenehm für mich.	Meiner Meinung nach wurden zu wenig Pausen gemacht.	Der Ablauf im Kurs war abwechslungsreich.	Ich war im Kurs immer beschäftigt.
Mittelwert	1,3	2,9	1,7	1,7
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	118	111	117	117

	Bevor wir ins TUMlab gekommen sind, hat uns unser Lehrer gesagt, was uns im TUMlab erwartet.	Wir haben uns vorher schon im Unterricht über das Thema des Kurses unterhalten.	Das Thema wird auch nach dem TUMlab-Kurs im Unterricht behandelt werden.
Mittelwert	3,1	2,6	2,8
<i>N (ausgefüllte Antworten)</i>	120	120	109

A5 - Offene Fragen – „Lernort Wasser“

Kategorien – Was hat Dir am besten gefallen?	Kategorien – Was hat Dir nicht gefallen?
<p>Tiere fangen/keschern/Probenahme <i>(„das suchen der Tiere“, „das wir an der isar Tiere gekäschert haben!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!“, „das keschern“, „dass wir kleine Wasserlebewesen gefischt haben“, „draußen an der Isar diese insekten fischen“, „das fischefangen“, „ALLES ABER AM ALLER MEISTEN HAT MIR DAS KESCHERN GEFALLEN.“)</i></p>	<p>Nichts/Alles war gut <i>(„eigentlich gar nichts“, „Eigentlich hat mir alles gefallen !“, „Alles war schön!!!!!!!!!!“, „Nichts, alles war gut!!!“, „mir hat alles gut gefallen!!!“, „nichts“, „-----“, „garnigs“, „Es hat mir garnichts Schlecht gefallen“, „Nichts! ;-))</i></p>
<p>Draußen (in der Natur) sein, an der Isar sein <i>(„Das wir an die Isar konnten!“, „Wo wir zur Isar gegangen sind“, „Das wir heute in der natur waren“, „Das wir nach draußen gegangen sind“, „An die Isar zu gehen :-“, „Bei der isar war es richtig cool“, „Im wasser“, „draußen am Wasser“, „draussen bei den tieren“)</i></p>	<p>Praktisches <i>(„das ich nicht in den gummistiefel kam“, „Ich habe meine Gummistiefel zuhause vergessen.“, „dass meine füße nass wurden“, „Das schlechte Wetter“, „Das Wetter war auch nicht so gut – abern da kann ja daqs Museum nichts dafür....“, „Der Müll an der Isar“, „das dass Wasser soo kalt war“)</i></p>
<p>Forschen an der Isar <i>(„Die Untersuchungen an der kleinen Isar“, „das untersuchen an der isa“, „versuch an der isa =)“, „Das wir zur Isar gegangen sind und experimentiert haben!“, „forschung in der isar“, „Die Arbeit am und im Wasser“, „freies Arbeiten an der Isar“, „das spielen und lernen an der isar.“, „jegliche Arbeit am Fluss“)</i></p>	<p>Verbote <i>(„dass man keine steine werfen durfte“, „Dass man nicht barfuß in die Isar gehen durfte.“)</i></p>
<p>Messungen am Wasser <i>(„Die Messungen an der Isar (Geschwindigkeit, Temperatur, Luftgehalt) waren sehr spannend.“, „Schnelligkeit des Wassers messen“, „Das [...] mit der Schnelligkeit und das Rad mit den Löffeln dran.“, „Als wir die Geschwindigkeit der strömung gemessen haben“, „wo wir das Wasser und die Luft gemessen haben“, „die temperatur messen im wasser und draußen“, „das wasser messen“)</i></p>	<p>Einführung <i>(„Der Anfang war ein wenig langweilig“, „dass am Anfang so viel geredet wurde“, „dass wir nicht gleich rausgegangen sind“, „Die lange Einführung. Man sollte sie kürzen.“)</i></p>
<p>Mikroskopieren <i>(„Außerdem war es sehr toll, dass wir mit dem Mikroskop arbeiten durften.“, „eigentlich habe ich alles gut gefunden! Aber ammeisten hat es mir gefallen mit dem Mikroskop die Wassertierchen anzuschauen. Vielen Dank für den tollen Ausflug.“, „Mit dem Stereoskop zu arbeiten war lustig.“, „die arbeit mit den binos“, „Wassertier am Mikroskop schauen“)</i></p>	<p>Protokoll <i>(„mir hat der schreibkram nict gefallen“, „Das Protokoll“)</i></p>
<p>Tiere <i>(„Kleintiere“, „Die Tiere“, „filegenlarve“, „die vielen lebendigen Tiere“)</i></p>	<p>Tiere <i>(„Mir haben die meisten kleinen Tierchen nicht gefallen, aber sonst fast alles.“)</i></p>

A5.1 - Offene Fragen – „Lernort Wasser“

<p>Tiere untersuchen/beobachten <i>(„die untersuchung der tiere“, „das wir tiere aus dem wasser holen durften und anschließend untersuchen durften“, „als wir im wasser tiere untersuchten“, „wir durften die Tiere später selbst anschauen“, „Die unterwassertierchen zu untersuchen hat mir gaaanz guuuuut gefallen.“)</i></p>	<p>Nicht die selbst gefangenen Tiere untersucht <i>(„Mir hat nicht gefallen, dass wir nicht unsere selbst gefangenen Tiere unter dem Mikroskop ansehen durften.“)</i></p>
<p>Bestimmung <i>(„Bestimmen der Arten“, „Das wir uns unter den Mikroskopen Tiere aus dem Wasser angeschaut haben und erraten sollten welches es ist.“)</i></p>	<p>Tiere getötet <i>(„Dass wir am Schluss Tiere getötet haben.“)</i></p>
<p>Alles <i>(„mir hat alles gleich gut gefallen“, „alles“, „ALLES“)</i></p>	<p>Zu lang <i>(„es hat zu lange gedauert“, „etwas zu lange“)</i></p>
<p>Nachbauen der Flussverläufe <i>(„das bauen von isarn“, „Das mit dem Kescher. Und das mit den Flüssen.“)</i></p>	<p>Zu wenig Pausen <i>(„zu wenig pausen gemacht“, „das wir fast keine pausen hatten“)</i></p>
<p>Neues gelernt <i>(„Das ich einen nähern Einblick in die Welt der Isar und ihrer Lebewesen bekommen hab.“, „das wir mehr von den kleinen tierchen im wasser herausgefunden haben!“)</i></p>	<p>Zu kurz <i>(„das wir so wenig Zeit hatten.“, „Ich fand nicht so toll, dass alles so schnell ging.“)</i></p>
<p>Theorie & Praxis <i>(„Mir hat am besten gefallen, dass wir praktisches und theoretisches gemacht haben.“, „dass wir auch ein bisschen Praktik gemacht haben und nicht einfach nur alles ernst verlief.“)</i></p>	
<p>Eigenständige Arbeit <i>(„interessant, man konnte vieles selber machen“)</i></p>	
<p>Protokoll <i>(„Das protokollausfüllen“)</i></p>	
<p>Örtlichkeit <i>(„Im Labor“, „Computer“, „das wir im museum einfach herumlaufen durften“)</i></p>	
<p>Freie Zeit <i>(mir haben am besten die Pausen gefallen“, „die Pause“)</i></p>	

A6 - Offene Fragen – „Kleine Flussbewohner ganz groß“

Kategorien – Was hat Dir am besten gefallen?	Kategorien – Was hat Dir nicht gefallen?
Mikroskopieren („Das Mikroskopieren“, „das mikroskopieren mit den grandiosen Mikroskopen“, „die guten hilfsmittel (mikroskop)“, „am meisten als wir mit dem mikroskop arbeiten durften“, „das Microskopieren der kleinen Lebewesen“, „Mit dem Mikroskop die Tiere näher zu untersuchen“)	Nichts/Alles war gut („alles war sehr gut“, „nichts“, „Mir hat alles gefallen“, „Da gab es nichts“, „eigentlich garnichts“, „NICHTS!!!!!!“, „fand alles gut“, „alles war toll“)
Eigenständiges Untersuchen/Forschen/Frei arbeiten (Dass erforschen der Flussbewohner“, „Das Untersuchen von den Tierchen“, „das wir die sachen selber untersuchen durften“, „Das Forschen“, „selber über das thema zu forschen und sich außeinander zu setzen“, „untersuchung der kleinen Flussbewohner“, „das wir frei arbeiten durften“, „Es war super hier, [...] das wir forschen mussten!“)	Nicht draußen/Keine eigene Probenahme („das wir nicht rausgegangen sind um die wasserproben selbst zu nehmen“, „nicht selber die proben zu sammeln, entnehmen“, „das wir die ganze zeit am Computer arbeiten mussten und nichts draußen machten“)
Steckbrief („Der Steckbrief“, „Daten über das Tier zu finden“, „Mir hat es am besten gefallen als wir die Steckbriefe geschrieben haben“, „DAS MIT DEM STECKBRIEF“, „Das reschaschieren von den Tieren“)	Steckbrief („Steckbrief“, „das man manchmal für den Steckbrief etwas schwer gefunden hat“, „Esgab für den Steckbrief kaum Infos..auch nicht im Internet“, „Den Steckbrief zu gestalten, da es ziemlich schwer war alle nötigen Informationen zu erhalten“)
Fotografieren („Die Fotos unter dem Mikroskop machen“, „das man die Bilder auch auf dem PC anschauen konnte und auch fotografieren konnte“, „Fotos zu machen“, „das Mikroskopieren mit dem Bilder machen das war sehr toll“)	Zu kurz („das es sooo kurz war“, „Das der Kurs so schnell vorbei war!“ „Das es so kurz war“)
Bestimmen der Tiere („und wie wir die tierchen benennen mussten“, „Am besten hattmir dieTierchen zu bestimmen gefallen“, „mir haben die Untersuchungen und identifizierungen der tiere am besten gefallen!“)	Zu lang („Das es so lange gedauert hat.“ „Das das Zeitfenster zu groß war“)
Arbeiten am PC („Das am PC arbeiten“, „Das suchen im Web“, „das googeln“, „ins Internet zu gehen und was heraus zu finden“, „Das wir uns selst informiren durften“)	Thema („Das Thema war meiner Meinung nach nicht sehr interessant.“ „thema“, „Dass der Themenbereich ralativ beschrenkt war“, „Das es etwas langweilig war“)
Gruppenarbeit („Die Gruppenarbeit“, „Die Arbeit mit den anderen Kindern“, „dass man in Gruppen die Sachen erarbeiten konnte“, „Das wir in vierer gruppen gearbeitet haben und nicht alleine oder zu zweit.“)	Gruppenarbeit („Dass [...] immer nur zwei wirklich etwas gemacht haben.“ „Dass wir keinen eigenen Steckbrief erstellen durften“)

A6.1 - Offene Fragen – „Kleine Flussbewohner ganz groß“

<p>Referate („das dukoment vorstellen“, „ergebnisse vortragen“, „Die re ferate haben mir am besten gefallen“, „Der Vortrag, den jede Gruppe machen musste“, „am meisten als wir mit dem mikroskop arbeiten durften und die tiere suvh vorstellen durften das war sehr toll DANKE!!!“)</p>	<p>Vorträge/Präsentieren („Das Vortragen bzw. präsentieren“, „den Steckbrief vortragen“, „Das wir am ende alles nochmal erzählen mussten“, „zu wenig zeit für präsentationen“, „Der Vortrag weil, wenn man mal was falsch sagt ist es peinlich [...]“, „die vorträge meiner dummen 09 Jährigen Mitschüler“, „das vortragen VOR MEINEN MITSCHÜLERN“)</p>
<p>Viel Neues gelernt („Das wir viel neues gelernt haben“, „Dass es Interessant war und das wir viel gelernt haben“, „jetzt weis ivh mehrüber FISCHE“)</p>	<p>Zu viel („Dass es Viel war“, „Es war schon auch ziemlich anstrengend“)</p>
<p>Tiere anschauen („anschauen der Tiere“, „insekten zu sehen“)</p>	<p>Tiere („Die Tiere im Wasser“, „die eckelhaften tiere weil sie so komisch waren“, „das benennen der Tiere“)</p>
<p>Einleitung („der vortrag am anfang“, „lsar beschreibung“, „powerpoint“)</p>	<p>Einleitung („Der Vortrag war etwas trocken“, „die zu lange einweisung am Anfang“, „am anfang etwas zu langweilig und zu viel gerede“)</p>
<p>Kursleiter („der kursleiter“, „die kursleiter“)</p>	<p>Organisatorisches („mir hat alles gefallen nur dass wir zwischendrin keine pause gemacht haben!“, „Am Anfang: Lärmstörung durch bohren oder keine Ahnung“, „das wir keine rund Reise durch das museum ghemacht haben“)</p>
<p>Erklärungen („gut erklärt“, „Es war super hier, dass alle Fragen beantwortet wurden [...]“)</p>	
<p>Praktisches Arbeiten („Mir hat am meisten gefallen das das praktisch und nicht theoretisch übermittelt wurde“)</p>	
<p>Örtlichkeit („das deutsche museum“)</p>	
<p>Nichts („nichts“)</p>	
<p>Alles („alles!“, „ALLES GLAUB ICH“, „Einfach alles!“)</p>	

A7 - Offene Fragen – Wasserkraft

Kategorien – Was hat Dir am besten gefallen?	Kategorien – Was hat Dir nicht gefallen?
<p>Ausprobieren/Experimentieren <i>(„Das Experimentieren mit den Modellen“, „Die experimentelle Arbeit“, „experimentelles Handeln“, „Selbst ausprobieren“, „die verschiedenen Möglichkeiten auszuprobieren“, „das aktive Arbeiten und Ausprobieren“)</i></p>	<p>Nichts <i>(„Nichts“, „Mir hat eigentlich alles gefallen“)</i></p>
<p>Eigenständiges Arbeiten <i>(„Das wir selbständig arbeiten durften“, „dass wir so viel selbst machen durften und uns alles selbst erarbeitet haben“, „dass wir alles ohne hilfe selber gemacht hatten“, „eigene Strategien entwickeln (z.B. Fischtreppe)“, „selbst herausfinden, was sich besert“, „Alleine gearbeitet (ohne Hilfe von außen)“)</i></p>	<p>Zu wenig Zeit <i>(„wir hatten zu wenig Zeit“, „wir hatten leider zu wenig Zeit, ich hätte gern noch mehr über Theorie und Hintergründe erfahren und selber angewendet“, „Wir hatten viel zu wenig Zeit und sollten alles nur so ungefähr machen.“)</i></p>
<p>Praktisches Arbeiten <i>(„sehr praxisorientiertes Arbeiten“, „Praktische Arbeit“, „Dass es eher praktische Arbeit und nicht nur Theorie war“, „Dass es nicht nur theoretisch war“)</i></p>	<p>Protokoll <i>(„Das Protokoll zu schreiben“, „Unklare Protokollführung; evtl. besser Zielvorgaben beim Mitprotokollieren?“, „das protokoll schreiben weil man nicht immer wusste was man fragen sollte“)</i></p>
<p>Freies Arbeiten <i>(„Die freie Aufgabenstellung und die freie Arbeitsweise“, „große Freiheit beim Ausprobieren/Arbeiten“, „Das wir frei nach unseren Ideen bauen und austesten konnten.“, „Die Freiheit, verschiedene Lösungswege auszuprobieren.“, „Das freie Experimentieren hat wirklich Spaß gemacht“, „es gibt kein richtig und falsch jeder kann neue dinge herausfinden“)</i></p>	<p>Material <i>(„Es gab nur eine begrenzte Anzahl an Teilen, z.b. keine Blende für den großen Propeller. Deshalb konnte man manche Möglichkeiten nivht ausprobieren.“, „Es hätte mehr Material zur Verfügung stehen können, [...] und die Leitungen hätten mehr Kombinationen zulassen können (mehr Löcher für Schrauben)“, „Mir hat nicht so gut gefallen, dass Bauteile gefehlt haben um das Gebaute noch zu optimieren.“)</i></p>
<p>Bauen <i>(„Das bauen von den Kraftwerken“, „Mir haben das Zusammenbauen und die Experimente sehr gut gefallen“, „Das bauen des Wasserradschiffs [...]“, „das selber bauen von Stromerzeugen“, „das Bauen des Wasserkraftwerks“)</i></p>	<p>Zu wenig Theorie <i>(keine theoretischen Hintergründe (wieso welcher Effekt?), „Ein bisschen wenig Theorie.“, „ich hätte gern noch mehr über Theorie und Hintergründe erfahren und selber angewendet“)</i></p>
<p>Verschiedene Kombinationsmöglichkeiten <i>(„Viele verschiedene Kombinationsmöglichkeiten der Bauteile“, „die vielen verschiedenen Möglichkeiten (Man musste nicht einfach was zusammenbauen), „das austesten der verschiedenen möglichkeiten mit den Modelen.“), „Es hat mir gefallen, dass es sehr viel Material gibt“)</i></p>	<p>Raum <i>(„gar nichts außer, dass ich nicht so viel gehört habe“, „Nichts. Außer das man nichts vertanden hat.“, „Die schlechte Luft in dem Raum“)</i></p>

A7.1 - Offene Fragen – Wasserkraft

<p>Versuchsmodell („gutes Versuchsmodell“, „Das experimentieren mit den Modellen, da dies an der Schule nicht möglich ist“, „Ausprobieren am Modell“)</p>	<p>Zu viel des Gleichen/Ablauf deutlicher gliedern („ich fände es gut, wenn der Ablauf deutlicher gegliedert wird.“, „Weniger hat mir gefallen, dass sich alles immer wiederholt hat und am Ende langweilig wurde und man nicht immer was zu tun hatte.“, „4 Stunden fast das gleiche“, „dass es eigentlich nur einen Auftrag gab“)</p>
<p>Nachvollziehen von Gedanken des Erfinders („Nachvollziehen von Gedanken des Erfinders“, „Erlernen des Wasserkraftwerkstyp eines Professors der ökolpogische un dökonomische Aspekte verbindet.“)</p>	<p>Unabgeschlossene Versuche („Das das Kraftwerk am Ende nicht optimal gelaufen ist“, „zu wenig Zeit, so dass der Versuch unabgeschlossen beendet wurde, dies war sehr schade“)</p>
<p>Gruppenarbeit, z.T.: Kleine Gruppen („dass wir selber in Gruppen arbeiten durften“, „im Team zusammenzuarbeiten.“, „Das Arbeiten in der Gruppe“, „Kleine Gruppenarbeit.“, „kleine Gruppen“, „Das wir wenige waren.“)</p>	<p>Gruppenarbeit („zu viel Gruppenarbeit“, „man könnte es besser machen das man nicht ständig die gruppe wechselt“)</p>
<p>Resultate direkt sichtbar („direkte Resultate sichtbar“, „dass man die Messwerte gleich zur Hand hatte und somit laufend messen und dann verbessern konnte“, „das Vergleichen“)</p>	<p>Organisatorisches („Die grosse Pause war zu lang. Man sollte lieber mehrere kleine Pausen machen.“, „etwas zu lange wartezeit, da es zwei statt einer gruppe gab“, „keine geführte tour durch das museum“, „Das Wasser war anfangs ein wenig zu kalt“)</p>
<p>Einzelne Versuche/Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Staudamm („das best mögliche Ergebnis zu erzielen bei dem Staudamm“, „Staudamm austüfteln“) • Fische („Die Fische unter die Platte tun“, „die Fische durch das Loch flutschen zu lassen → man hat durch die Schnelligkeit gesehen wie viel druck da eigentlich ist.“) • Arbeiten mit den Geräten („das Arbeiten mit den Geräten“) 	<p>Probleme bei einzelnen Versuchen („Das Schiffsrad zusammen schrauben.“, „Das auseinanderschrauben und wieder zusammenbauen des Schiffes.“)</p>
<p>Nette/Kompetente Kursleiter/Nette Atmosphäre („Die Kursleiter hatten sichtlich Spaß bei der Sache und das hatte sich auch auf die Teilnehmer ausgewirkt“, „die nette Kursbetreuung“, „Fragen wurden direkt und mit viel Hintergrundwissen beantwortet“, „das Lob über neue Ideen“, „nette Atmosphäre“, „nette und offene Leute“, „der nette Kontakt zu den Menchen“)</p>	<p>Zu wenig Unterstützung („wenig direkte Hilfe (zu viel unorientiertes Probieren)“, „Sehr wenige Rückfragen an uns, Antworten teilweise nicht abgewartet.“)</p>

A7.2 - Offene Fragen – Wasserkraft

<p>Einleitung <i>(„die einleitende Erklärung hat mir am besten gefallen. Das Thema war interessant und anschaulich erklärt.“)</i></p>	<p>Einleitung <i>(„Einstieg vielleicht etw. interessanter gestalten“)</i></p>
<p>Passendes Anspruchsniveau <i>„dass wir [...] uns alles selbst erarbeitet haben ohne von uns zu viel zu verlangen“)</i></p>	<p>Sonstiges <i>(„Dass wir unsere 'Boote' nicht mitnehmen durften“)</i></p>
<p>Erkenntnisse <i>(„Die neuen Erkenntnisse“)</i></p>	
<p>Nass spritzen <i>(„Magda nass zu spritzen“, Sherin zurück nass spritzen“)</i></p>	

A8 - Offene Fragen – Energieverbrauch/Standby

Kategorien – Was hat Dir am besten gefallen?	Kategorien – Was hat Dir nicht gefallen?
Viel ausprobieren/Experimente/viele Versuche („Mir hat am besten gefallen, dass wir vieles selber machen durften“, „wir haben viel ausprobiert“, „die Versuche“, „die Experimente“)	Alles gefallen/Nichts nicht gefallen („Es hat mir alles gefallen!!!!“, „nichts war schlecht, alles war cool“, „Garnichts hat mir nicht gut gefallen.“, „NICHTS =)“, „nix:)“, „eigentlich garnicks“. „Ich fand alles schön“)
Einzelne Versuche/Experimente: – Energiefahrrad/Fahrrad fahren („das mit dem Energiefahrrad“, „Ich fand das Energiefahrrad am besten, weil man auch sieht wie anstrengend es ist und wie viel man benötigt.“, „treten“, „als wir mit dem Fahrrad gefahren sind“)	Zu viel geredet/erklärt („Der Kursleiter hat ein bisschen zu viel geredet“, „Das am Anfang sehr viel geredet wurde. Vielleicht könnte man zwischen den praktischen Übungen etwas sagen, aber nicht immer so viel am Stück.“, „Zu lange einfache Sachen erklärt“)
– Selbst Strom erzeugen (ggf.: mit dem Energiefahrrad) („selber Strom erzeugen“, Strom selber herstellen (am Fahrrad), „das wolt erzeugen mit dem Fahrrad“, „das mit dem Rad, wo man strampeln musste und dadurch Energie erzeugen“)	Etwas langweilig („Am Anfang war es ein bisschen langweilig, weil wir noch nicht so viel praktisches gemacht haben.“, Manchmal etwas öde“)
– Selbst Strom messen, Versuche zum Stromverbrauch („die vielen Versuche [...] zum Thema Stromverbrauch“, „das Ausprobieren welches gerät wie viel Strom verbraucht“, „das wir strom messen durften“, „die Aufgabe, zu schauen, wie viel watt haushaltsgeräte haben“)	Nicht jeder konnte Fahrrad fahren/Fahrrad fahren vor allen („Dass nicht jeder Fahrrad fahren durfte :(((“ „Das man das Energiefahrrad vor allen benutzen muss, wenn man sich dafür entscheidet es zu benutzen.“)
– Arbeiten mit den Geräten („Mir hat das Experimentieren mit den Geräten Spaß gemacht“, „Experimentieren mit dem Multimeter [...]“, „das Ausprobieren mit den geräten“)	Mehr Versuche („[...]ich hätte gern mehr experimente“)
– Stromkreis („Mir haben am besten die verschiedenen Versuche zu dem thema Stromkreis gefallen“)	Kritik an einzelnen Versuchen („das messen des stromes hätte man besser gestalten können“, „stromkreis bauen“)
Alles (ALLES !!!, „Mir hat alles am besten gefallen“)	Aufgaben zu leicht für vorhandenes Vorwissen („das es manchmal zu leichte Aufgaben gab [...] und ich das mehrer Sachen schon davor wusste.“, „das man vieles schon wusste.“)
Stromsparspiel mit dem Haus („das Spiel mit dem Haus“, „Die Aufgabe, an der wir das Diplom erhalten haben“, „Die Sachen im Haus ausschalten“, „das Stromsparspiel“)	Organisatorisches („Der Kurs war länger, als uns gesagt wurde“, „DAS WARTEN:“, „U-Bahn“, „die 2 stunden davor“, „WENN ETWAS NICHT FUNKTIONIERT HAT“)

A8.1 - Offene Fragen – Energieverbrauch/Standby

Erklärungen („alles war sehr gut veranschaulicht“, „Mir hat gefallen, das [der Kursleiter] immer Beispiele gesagt und gezeigt hat, so konnte man sich das richtig gut vorstellen“, „alles sehr gut erklärt“)	
Berechnen („Wo wir mithilfe des Computers die Spannung, Strom und Leistung ausgerechnet haben.“)	
Einheiten („etwas über die Einheit w lernen“)	
Örtlichkeiten („Das Museum“, „Mir hat es beim Tumlabor gefallen“)	
Sonstiges/Anwendungsbezug („Das wir uns mit dem Wasserkocher, beidem wir gerade Volt gemessen haben, einen Tee machen durften.“)	

A9 Bauanleitung für ein Fließgeschwindigkeits-Messrad von der TUmlab-Homepage

<http://www.tumlab.edu.tum.de/kursangebot/umwelt-technik/messrad/>



Unsere Fließgeschwindigkeitsmesssonde im Einsatz.

Bauanleitung für ein Fließgeschwindigkeits-Messrad



www.dbu.de
Gefördert durch die
Deutsche
Bundesstiftung
Umwelt (DBU)

In unseren Umwelt & Technik-Kursen interessieren wir uns unter anderem für die Fließgeschwindigkeit der Isar an verschiedenen Messpunkten. Natürlich gibt es mehrere Möglichkeiten, die Fließgeschwindigkeit zu ermitteln. Eine sehr beliebte ist die Messung mit einem Fahrradacho und einem Löffelrad.

Aufgrund zahlreicher Anfragen haben wir eine Bauanleitung erstellt:

Bauanleitung zum Download



[Stroemungsmesser_Bauvorschlag.pdf](#)

[Bauanleitung für unser Messrad \(pdf 1,1MB\)](#)

Wir freuen uns über Rückmeldungen und Verbesserungsvorschläge!



Technische Universität München

TUMLab im Deutschen Museum

Museumsinsel 1

80538 München

www.tumlab.de

TUMLab im Deutschen Museum – Bauanleitung für ein Fließgeschwindigkeitsmessrad

Kursprogramm Umwelt & Technik

„Lernort Wasser“

Gefördert durch die Deutsche
Bundesstiftung Umwelt (DBU)

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Autor:

Mike Kramler

Kurs konzipiert von:

Manuela Festl

Bauanleitung Strömungsmesser mit Löffelrad

Um die Fließgeschwindigkeit zu messen, kommen in der Schule Korke, Maßband und Stoppuhr zum Einsatz. Da sich unsere Messung weder über Stunden noch über Kilometer erstrecken soll, messen wir die Geschwindigkeit in Meter pro Sekunde. Das Messergebnis muss der Anschaulichkeit halber in km/h umgerechnet werden.

Wenn das Messprinzip verstanden ist – eine Markierung (Korke) bewegt sich eine vorgegebene Strecke, die dafür benötigte Zeit wird gestoppt, Zeit und Strecke werden verrechnet und angezeigt – kennt man auch die Funktion eines Fahrradtachos und kann diesen zur Fließgeschwindigkeitsmessung verwenden.

Im TUMlab haben wir uns einen Strömungsmesser mit einem Löffelrad als Messsonde gebaut.



Vorneweg unsere **Erfahrungen** mit dem Prototypen und Vorschläge zur **Verbesserung**:

Die Länge der Holzleiste ist mit ca. 1 m zwar handlich bei Transport und Aufbewahrung, beim Messen wäre aber ein deutlich längerer Stiel wünschenswert. Das Kabel des Fahrraddynamos ist nur ca. 80 cm lang, aber die Anzeige ist groß genug, um sie auch aus einem Meter Entfernung ablesen zu können. Eine 2 m langer Stiel wäre von Vorteil.

Das Rad soll möglichst senkrecht auf der Wasseroberfläche laufen. Daher ist Messen bei manchen Gelegenheiten (Messen von der Brücke) nur möglich wenn das Rad gekippt werden kann.

Der einmalig im Tacho einzugebende Radumfang wird in etwa in der Mitte der Löffel gemessen. Das Rad sollte nur mit den Löffeln ins Wasser getaucht werden.

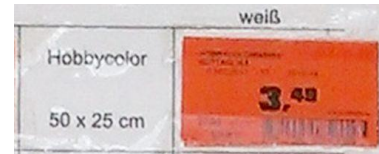
Gleichzeitig die Anzeige und die Eintauchtiefe des Löffelrades im Auge zu behalten, stellt durchaus eine Herausforderung für manche Schüler dar. Gelegentlich wäre ein Schwimmer, der ein zu starkes Eintauchen des Rads verhindert, von Vorteil.

Sollten Sie einen Elektromotor als Lager verwenden, kann die vom Motor erzeugte Spannung ebenfalls zur Messung verwendet werden. Die Spannung ist verrauscht, sie wird von einem Zeigerinstrument besser angezeigt, als von einem digitalen Spannungsmesser. Auf das Zeigerinstrument kann eine eigene Skala geklebt werden, die nicht in Volt sondern in km/h bzw. m/s abgeglichen ist.

Die Löffel brechen leicht ab, wenn das Messrad unsanft auf den Steinen abgelegt wird. Stets ein paar Reservelöffel bereithalten.

Materialliste (Fotos siehe folgende Seiten)

- Fahrradacho, der sich auch auf sehr kleine Radgrößen einstellen lässt
- Plastiklöffel, Einwegbesteck
- Scheibe, an der die Löffel befestigt werden, z.B. selbst ausgeschnitten aus Hobbycolor (leicht zu verarbeitender Kunststoff aus dem Baumarkt).
- Lager, z.B. Elektromotor aus einem kaputten Spielzeug oder neu aus dem Elektronikladen.
- Propellermitnehmer aus dem Modellbau, um die Scheibe mit dem Lager zu verbinden. Man bekommt sie z.B. bei www.conrad.de (Propeller-Mitnehmer ins Suchfeld tippen) für verschiedene Wellendurchmesser.
- Vierkantholz, mindestens 1 m lang, als Stiel
- Klebeband und Kabelbinder oder Bindedraht zur Befestigung vom Lager am Stiel
- Rundholz (Holzdübel) und Kabelbinder zur Befestigung des Tachos (Kabelbinder liegen dem Tacho meist bei)



Überlegungen

1. Je kleiner der Rad- bzw. Scheibendurchmesser, umso höher die Drehzahl, umso ruhiger die Anzeige des Tachos.
2. Wenn Sie den Elektromotor zur Erzeugung einer Tachospaltung nutzen wollen, wählen sie einen Motor mit höherer Betriebsspannung, zB. 12 V statt 1,5 V.
3. Die Fließgeschwindigkeit der Isar liegt an unserer Sandbank im Bereich von ca. 3 - 6 km/h. Da ein Fahrradacho nur eine Kommastelle anzeigt, darf an die zu Messgenauigkeit keine allzu große Erwartung geknüpft sein. Ein zweiter Magnetgeber könnte eine stetere Anzeige bewirken.
4. Überlegen Sie vor Montage des Löffelrades, von welcher Seite des Flusses Sie messen wollen. Das Rad funktioniert wegen der Form der Löffel nur in eine Richtung.
5. Wind stellt bei der Messung eine ernstzunehmende Fehlerquelle dar.

Zusammenbau

Aus dem Plastikmaterial, wir verwendeten Hobbycolor aus dem Baumarkt, ein für uns hinreichend stabiler, geschäumter, leicht zu bearbeitender Kunststoff, eine Scheibe von ca. 15 cm Durchmesser ausschneiden. Mittelpunkt markieren! Ein altes Frisbee ließe sich wohl genau so gut verwenden.

Auf der Scheibe eine Dreißig-Grad-Einteilung markieren und 12 gleich lange Schnitte mit einer dünnen Säge (Puck- oder Bandsäge) einschneiden.

Im Mittelpunkt ein Loch bohren. Durchmesser der Befestigungsart bzw. dem Propellermitnehmer entsprechend.

Bei 12 Plastiklöffeln den Stiel kürzen.

Achtung: Bei manchen Plastiksorten springt und splittert der Griff, wenn er abgezwickt wird. Sollte auch Sägen mit einem feinen Sägeblatt keinen Erfolg bringen, hilft vielleicht durchschmelzen mit einem Styroporschneider, notfalls einem Lötkolben. (Nur bei offenen Fenster!)

Plastiklöffel mit dem Griff in die Sägeschlitzte der Scheibe schieben. Ggf. mit Kleber fixieren.

Motor mit Klebeband und Kabelbinder/Bindedraht am Ende des Stiels befestigen.

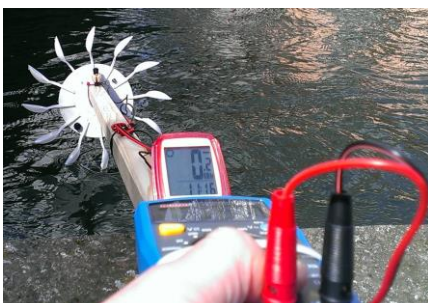
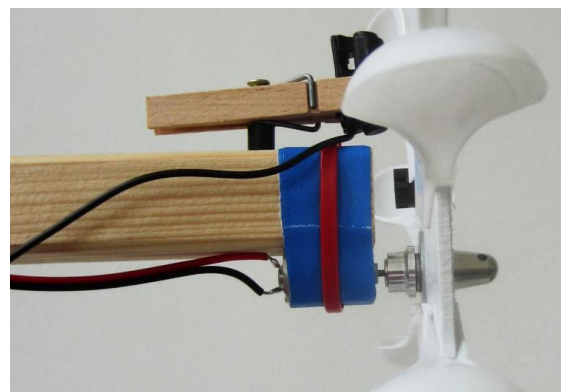
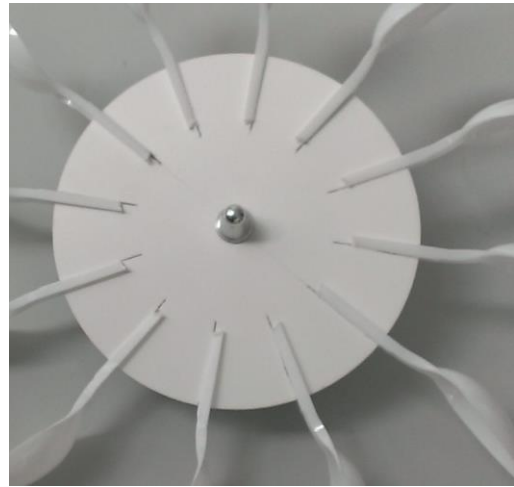
Magnetaufnehmer des Tachos am Stiel anbringen. Um flexibel zu sein, schraubten wir eine Holzwäscheklammer an, die den Magnetaufnehmer hält.

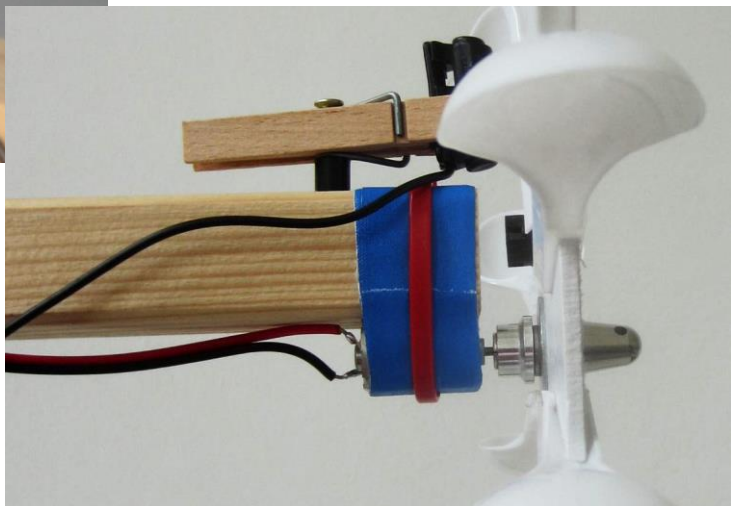
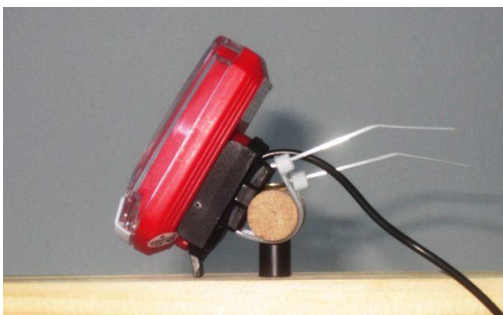
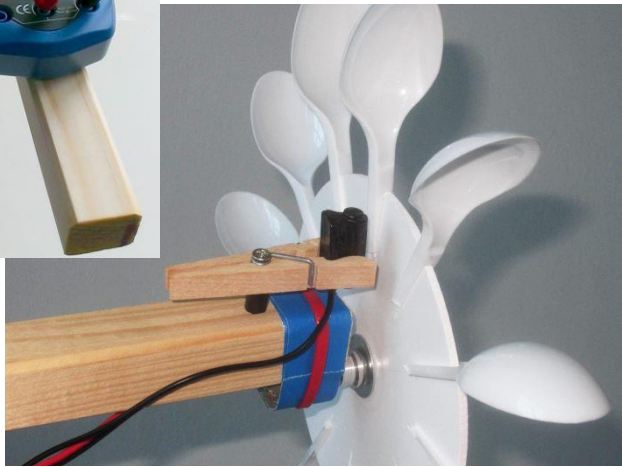
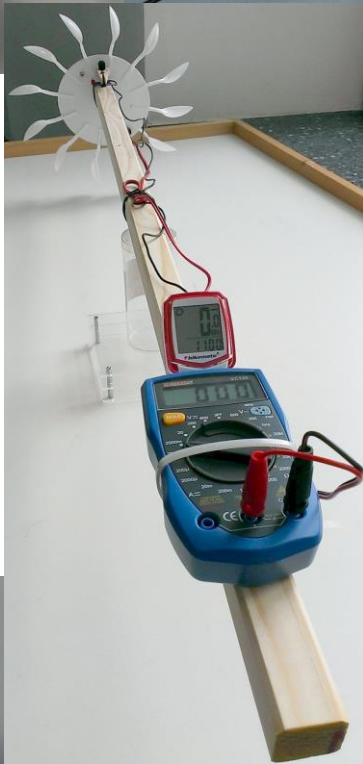
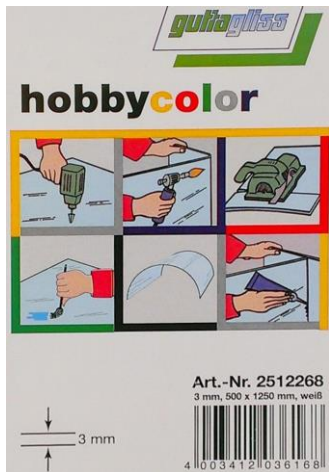
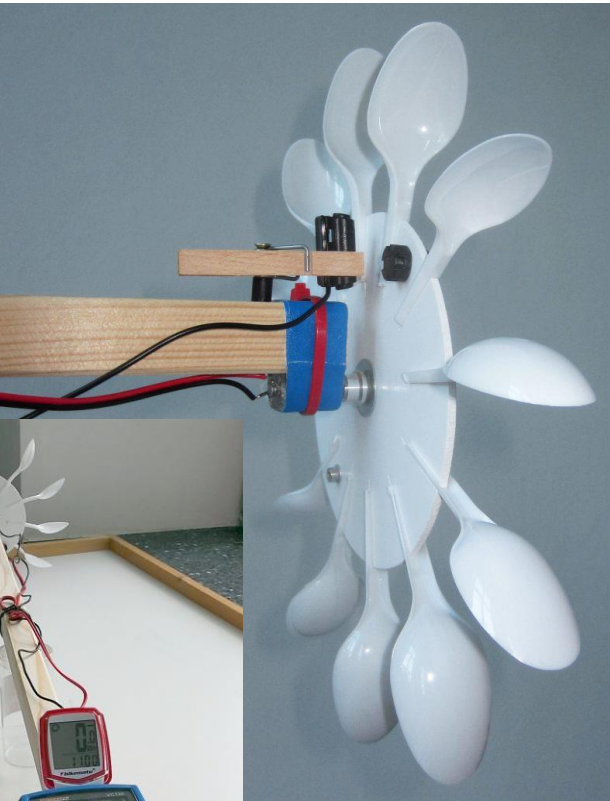
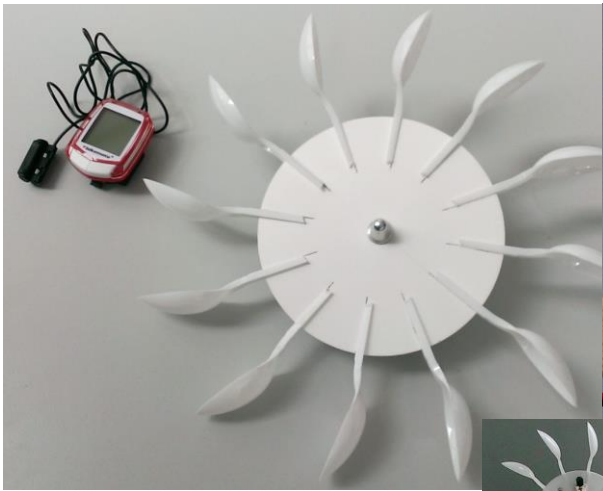
Scheibe mit Propeller-Mitnehmer vorläufig an der Motorwelle anbringen und Position des Magnetaufnehmers auf der Scheibe markieren.

Scheibe abnehmen, an der Markierung bohren und Magnetgeber des Tachos anbringen. Gegenüber auf der Scheibe ein Ausgleichsgewicht anbringen (z.B. Schraube mit mehreren Muttern), bis die Scheibe wieder im Gleichgewicht ist.

Der Magnetgeber muss im Abstand von ca. 1 mm am Magnetaufnehmer vorbei gleiten. Wenn der Tacho keine Geschwindigkeit anzeigt, ist der Abstand zu groß.

Den Tacho an einem Rundholz zu befestigen gestattet stufenloses Neigen der Anzeige. Dafür eignet sich ein Stück Rundholz (Holzdübel), das mit 1 – 2 cm Abstand quer auf den Stiel geschraubt wird. Beim Platzieren richten Sie sich nach der Länge des Kabels des Magnetaufnehmers.







A10 Bauanleitung für eine Stromboje

Technische Universität München
TUMLab im Deutschen Museum
Museumsinsel 1
80538 München

www.tumlab.de

TUMLab im Deutschen Museum – Bauanleitung Stromboje

Kursprogramm Umwelt & Technik

Wasserkraft

Gefördert durch die Deutsche
Bundesstiftung Umwelt (DBU)

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Autoren:

Mike Kramler
André Rech

Konstruktion erarbeitet von:

Norbert Gast
Mike Kramler

Bauanleitung Stromboje

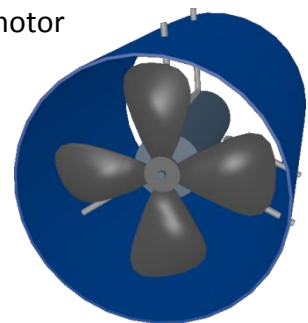
Camping in freier Natur, mit dem Fahrrad übers Wochenende zum Zelten. Doch plötzlich ist der Handy-Akku leer, die Batterien vom Radio machen schlapp und die Taschenlampe gibt auch nichts mehr her. Und keine Steckdose weit und breit. Aber wir sind vorbereitet. Wir haben das Zelt nicht nur direkt am Fluss aufgeschlagen sondern auch einen selbst gebauten Stromgenerator dabei. Angetrieben von der Wasserströmung erzeugt unser Generator ökologisch Energie: kein Abgas, kein Abfall. Dank Wasserkraft aber auch keine Abhängigkeit von Sonnenschein oder Wind. Die erzeugte elektrische Leistung ist ausreichend, um ein Handy zu laden oder ein Walkie Talkie, ein Radio, eine Lampe etc. zu betreiben.



Für ein klassisches Wasserrad bräuchte man eine stabile Befestigung am Ufer. Handlicher ist ein Stromerzeuger, den man einfach ins Wasser werfen kann und der nur von einer Schnur gehalten wird. Er darf nicht sinken, da er am Grund von Geröll blockiert würde. Schwimmer halten ihn knapp unter der Wasseroberfläche. Um die Fische vor dem Propeller zu schützen und zugleich den Propeller vor Treibgut, packen wir Propeller und Generator in ein Rohr und setzen ein Schutzgitter davor. Am besten spitz zulaufend, dann verstopft es nicht so leicht.

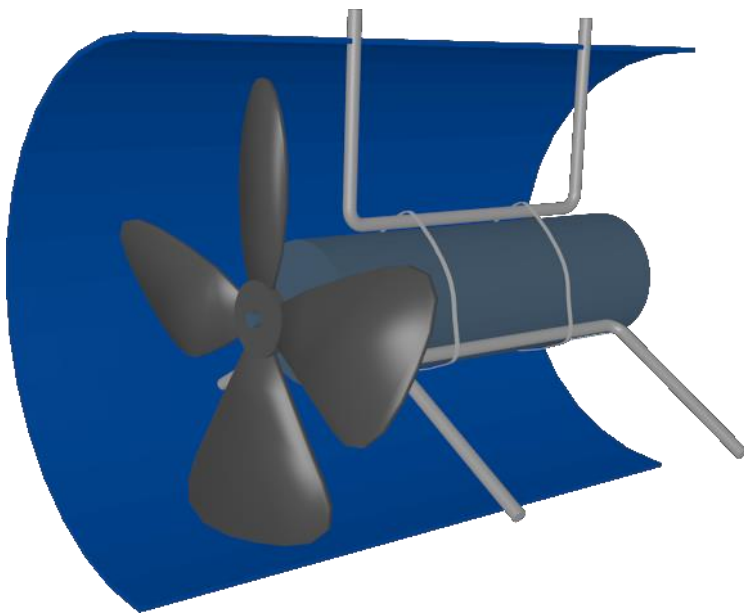


Als Generator verwenden wir einen Fahrraddynamo oder einen Elektromotor aus einem alten Spielzeug. Komplett wasserdicht bekommen wir den Motor nicht, aber wenn wir ihn in eine Plastikdose stecken, ist er zumindest ein bisschen geschützt. Eine Schiffsschraube aus dem Modellbauladen ist der optimale Propeller. Aber auch ein selbst gebauter Propeller, z. B. aus einem Konservendosendeckel oder einer Aluminiumscheibe funktioniert überraschend gut.

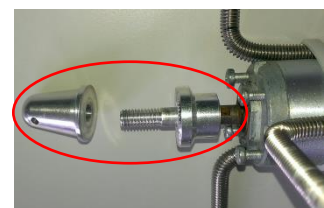


Materialliste:

- 1 Elektromotor (12 V DC) als Generator und
- 1 wasserdichte Dose, in die der Motor/Generator knapp rein passt
oder 1 Fahrraddynamo (Achtung: erzeugt Wechselstrom)
- 1 Propeller, ins Rohr passend, im Schiffmodellbau gekauft oder aus einer Metallscheibe (z.B. Dosedeckel) selbst gemacht
- 1 Propellermitnehmer *) zum Befestigen des Propellers (Flugzeug-Modellbau)
- 1 Abwasserrohr aus dem Baumarkt, 10 cm Durchmesser, ca. 30 cm lang
- 3 Radspeichen (oder stabiler Draht / Drahtkleiderbügel)
- ggf. 1 kurzes Stück Abwasserrohr mit Gummiring zum Aufstecken
- 2 leere 1,5 Liter Plastikflaschen als Schwimmer
- 1 M5-Gewindestange (1 m), um daraus 3 gleiche U-Bögen anzufertigen
- 6 Muttern M5 bzw. passend auf die U-Bögen, bewährt haben sich Flügelmuttern
- 6 Scheiben für Muttern
- 6 lange Kabelbinder
- Halteleine, wasser- und reißfest, ca. 5 m
- zweiadriges Kabel, 2 x 0,14mm oder stärker, ca. 5 m
- ggf. Gleichrichter und Spannungsregler mit starkem Kondensator oder Laderegler



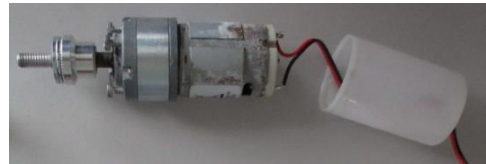
*) Propellermitnehmer (auch: Spannkonus): Ein Stift mit Gewinde, das man durch die Bohrung des Propellers steckt. Am hinteren Ende hat der Stift eine Bohrung für die Welle des Motors oder Generators. Beim Festziehen der Mutter klemmt man nicht nur den Propeller fest, sondern auch den Spannkonus auf der Welle. Beim Kauf bitte darauf achten, dass der Spannkonus zum Wellendurchmesser passt!



Vorgehen:

- Motor verkabeln, abdichten und in Dose packen (entfällt beim Fahrraddynamo)
- Halterungen anfertigen und am Motor anbringen
- Propeller bzw. Mitnehmer an den Motor montieren
- Bohrungen am Rohr anzeichnen und bohren
- Motor ins Rohr einsetzen und zentrieren
- Schutzgitter biegen und anbringen
- Schwimmer montieren
- Halteleine befestigen

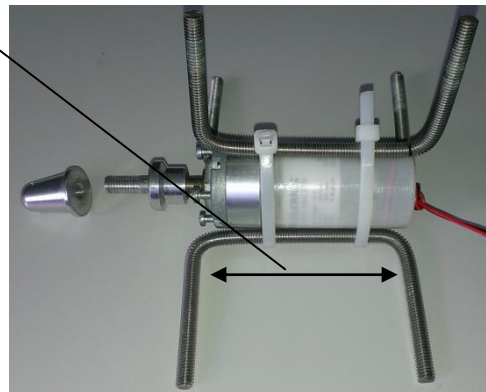
Der Motor hat vermutlich Lüftungsschlitze und vielleicht eine unregelmäßige Form. Deshalb stecken wir ihn in eine Kunststoffdose. Aber zuerst löten wir das Kabel an seine Anschlüsse und führen es durch ein Loch in der Dose. Innen vor dem Loch machen wir einen Knoten ins Kabel, der verhindert, dass wir bei versehentlichem Zug am Kabel an den Lötstellen zerran (Zugentlastung). Das Loch dichten wir mit Klebstoff ab. Den Motor fixieren wir mit Heißkleber oder umwickeln ihn mit Klebeband, bis er fest in der Dose sitzt .



Bei einem Dynamo entfernen wir das Laufrad. Mit etwas Glück hat die Welle ein zur Schiffsschraube passendes Gewinde. Andernfalls montieren wir den Propeller mit Hilfe des Mitnehmers.



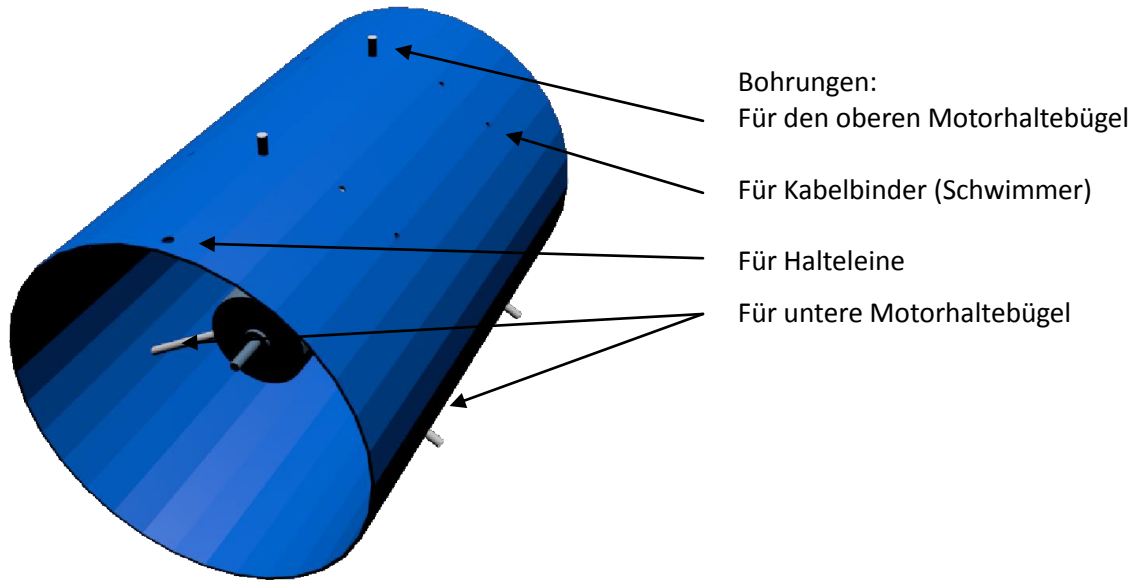
Den Motor befestigen wir im Rohr mit drei U-Bügeln, die wir aus Abschnitten der Gewindestange biegen. Die Breite der U-Bügel hängt von der Länge unseres Motors ab, die Länge der Schenkel ergibt sich aus dem Durchmesser von Motor und Rohr. Am Motor befestigen wir die Bügel mit Kabelbindern.



Die Positionen der Bohrungen im Rohr richten sich nach den Abmessungen unseres Motors und der Bügel. Beim TUMlab-Modell sind die Bügel 8 cm breit. Damit haben die beiden Lochreihen einen Abstand von 8 cm. Die drei Bügel sind gleichmäßig (120°) um den Umfang verteilt, was bei unserem 10 cm-Rohr am Umfang einen Abstand von 12 cm ergibt.

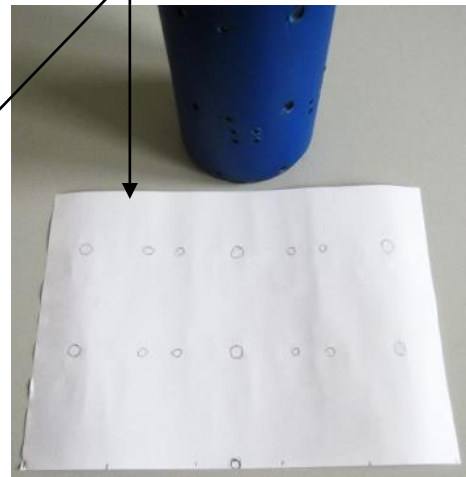
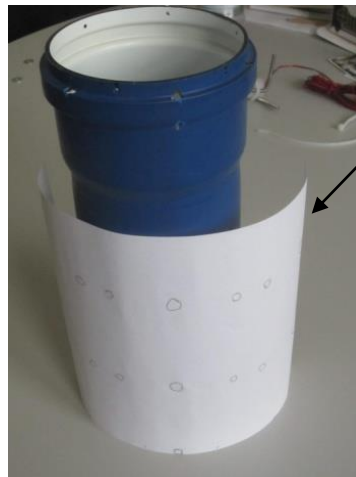
Auf der Oberseite kommen noch die Bohrungen für die Kabelbinder dazu, zwei Kabelbinder je Flasche, zwei Bohrungen je Kabelbinder. Und oben ganz vorne das Loch für die Halteleine.

Es empfiehlt sich, mit den beiden Bohrungen für den oberen, senkrechten Bügel zu beginnen. Sie liegen mittig und dienen als Orientierungspunkte für die weiteren Bohrungen. Die restlichen Bohrungen liegen symmetrisch zu diesen.

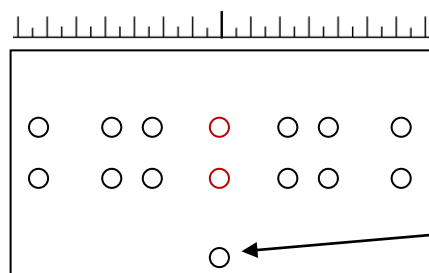


Das Bohrloch für die Halteleine liegt auf einer Linie mit den Bohrungen des oberen Bügels. Die sechs Bohrungen für die Speichen werden gleichmäßig um den Umfang verteilt. Positionen, Abstände und Lochdurchmesser hängen von den Materialien ab. Unsere U-Bügel sind 8 cm breit, also müssen auch die Bohrungen einen Abstand von 8 cm haben. Je nach Material ist es vielleicht einfacher, die Bohrungen auf eine Abwicklung zu zeichnen und diese zum Bohren auf das Rohr zu kleben.

Ein Blatt Din A4 passt annähernd um unser Rohr. Die Bohrungen des oberen Bügels (rot) in die Mitte gesetzt, ergaben sich bei uns:

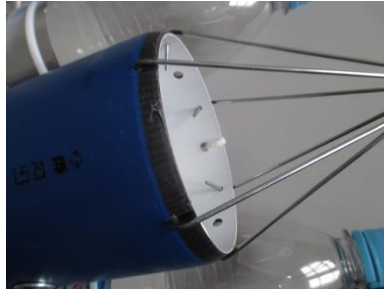


12,0 6,7 4,2 0 4,2 6,7 12,0 cm in zwei Reihen im Abstand von 8 und 16 cm vom unteren Blattrand.

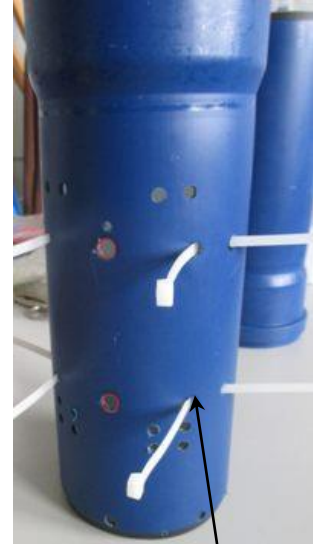


Die Markierung am unteren Blattrand in der Mitte ist die Bohrung für die Befestigung der Halteleine.

Am vorderen Rand wird das Schutzgitter angebracht. Variante 1: wir bohren z.B. sechs kleine Löcher gleichmäßig um den Umfang verteilt, um darin die aus den drei Fahrradspeichen gebogenen V-Bögen zu befestigen.



Variante 2: wir montieren die V-Bögen auf einen von einem PVC-Rohr abgesägten Ring, der sich auf das Rohr aufstecken lässt.



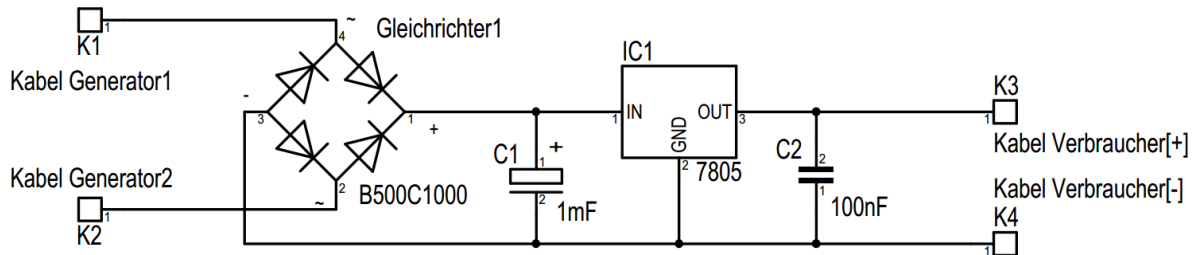
In das noch leere Rohr lassen sich die Kabelbinder für die Schwimmer bequem einfädeln.

Die Motorhaltebügel mitsamt Motor stecken wir durch die vorgesehenen Bohrungen. Auf die an der Außenseite heraus stehenden Enden der Haltebügel setzen wir je eine Scheibe und eine Flügelmutter. Durch Verstellen der Mutter wird auch die Lage des Motors eingestellt: Er soll möglichst genau im Zentrum und parallel zum Rohr liegen.

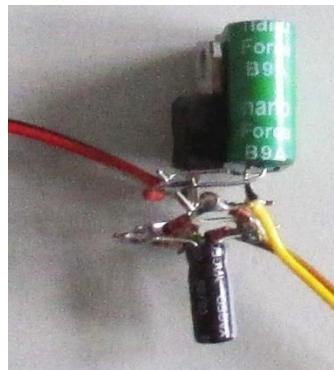
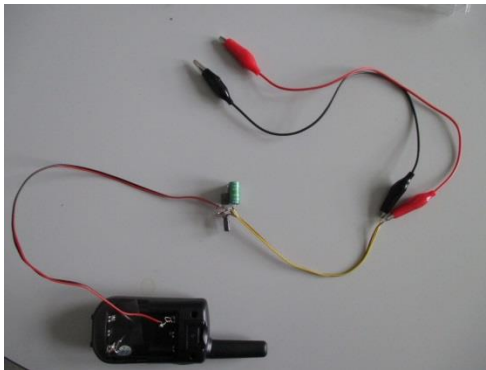


Ergänzungen:

Je nach verwendetem Generator kann die erzeugte Spannung bei starker Strömung zu groß werden. Eine Spannungsbegrenzung schützt das angeschlossene Gerät vor Überspannung, ein Gleichrichter vor Verpolung. Er ermöglicht außerdem die Verwendung eines Wechselstromgenerators (z.B. Fahrraddynamo). Im Beispiel ist eine Minimalversion gezeigt: ein Brückengleichrichter (z.B. B500C1000 oder 4 Dioden 1N4002), ein Konstantspannungs-IC (z.B. 7805 für 5 V Ausgangsspannung) und zwei Kondensatoren.



Diese Schaltung kann auch ohne Platine aufgebaut werden. Für den Außeneinsatz empfiehlt sich, die fertig verlötete und geprüfte Schaltung mit Heißkleber zu stabilisieren und komplett mit Isolierband zu umwickeln oder mit Schrumpfschlauch (Elektronik-Fachgeschäft) zu schützen.



Bitte niemals am Kabel ziehen! Die Boje nur an der Halteleine zu Wasser lassen, das Kabel dabei locker lassen!

Achtung: Wer sein teures Handy laden möchte, sollte sicherheitshalber auf geprüfte Fahrraddynamo-Ladegeräte zurückgreifen. Sie haben einen passenden Mini-USB-Stecker und arbeiten sicherer als unsere kleine Schaltung. Man bekommt sie ab 25 Euro.

Infos z.B. unter:

<http://fahrradbeleuchtung-info.de/fahrrad-als-ladestation-usb-ladegeraet-am-nabendynamo>



A11 Protokollvorlage für den Kurs Wasserkraft

Technische Universität München

TUMLab im Deutschen Museum

Museumsinsel 1

80538 München

www.tumlab.de

TUMLab im Deutschen Museum – Protokollvorlage für den Kurs „Wasserkraft“

Kursprogramm Umwelt & Technik

Wasserkraft

Gefördert durch die Deutsche
Bundesstiftung Umwelt (DBU)

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Erstellt von nach Ideen von:

Mike Kramler, Andreas Gierl,
Nico Mulyanto, Tobias Knitz

Konstruktion des Schacht-
kraftwerks erarbeitet von:

Norbert Gast
Mike Kramler

Protokoll: Schachtkraftwerk

Gruppe/Teamname: _____

Datum: _____

Namen: _____

Aus einem Bachlauf soll möglichst viel elektrische Energie gewonnen werden, aber umweltrelevante Faktoren wie das Wohl der Fische oder die Überschwemmung durch Staustufen dürfen nicht außer Acht gelassen werden.

Material: Ein Becken mit strömendem Wasser (Pumpe unter dem Boden), das für einen Teil eines Bachs steht. Darin soll mit einer Turbine, bestehend aus einem Propeller (Schiffsschraube) und einem Generator Strom erzeugt werden.

Es stehen verschiedene Bauteile zur Verfügung, aus denen ein Wehr in den Wasserlauf eingebaut werden kann, in verschiedenen Höhen, mit bzw. ohne Durchlass, mit oder ohne Blende (Platte mit runder Öffnung). Des Weiteren Teile für einen Schacht, ein Fischgitter und eine Fischtreppe, sowie verschiedene Propeller. Die vom Generator erzeugte Spannung wird gemessen und lässt einen Rückschluss auf die Drehzahl zu (die Spannung ist proportional zur Drehzahl).

Es soll forschend vorgegangen werden: Jedes Experiment beginnt mit einer Forschungsfrage, zu deren Antwort man eine Vermutung hat (Hypothese). Das Experiment wird geplant und abgesprochen, bevor es durchgeführt wird. Das Ergebnis führt evtl. zu einer neuen Frage, usw.

Das Becken hat die Maße (Länge x Breite x Höhe in cm): _____

Der Wasserstand beträgt _____ cm, gemessen ab _____

Das entspricht einem Wasservolumen von _____ Litern in unserem Versuchsaufbau.

Zur Verfügung stehende Bauteile: siehe letzte Seite.

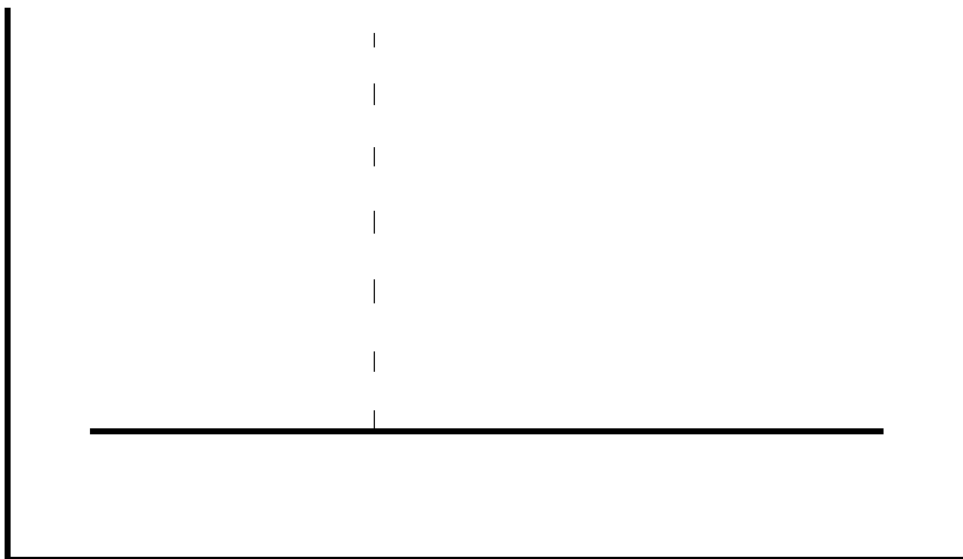


Protokollnummer

1. Frage:

2. Vermutung:

3. Experiment planen: Versuchsaufbau skizzieren und alle wichtigen Maße eintragen



Protokollnummer

4. Durchführen: Messwerte mit Einheit eintragen

5. Ergebnisse:

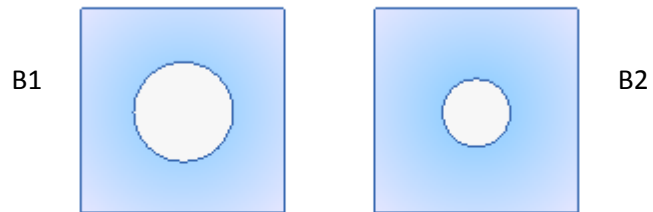
6. Fazit:

Bauteile für den Versuchsaufbau. Bitte um die benötigten Maßangaben ergänzen.

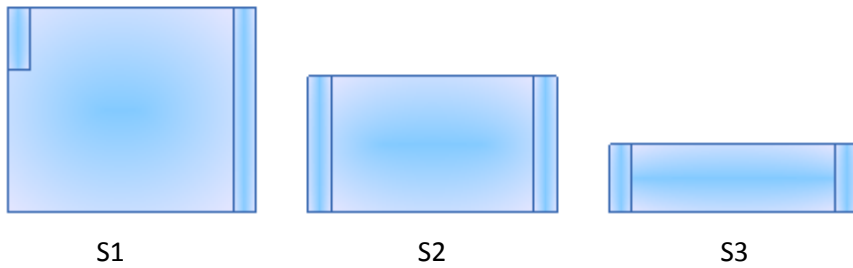
Wehr:



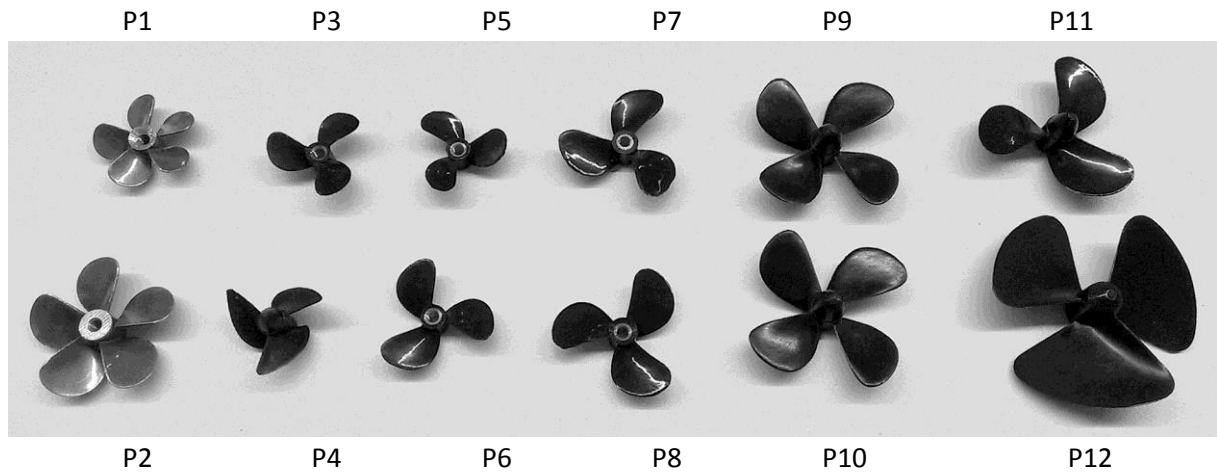
Blende:



Schacht:



Propeller:





A12 Beispielprotokoll für den Kurs Wasserkraft

Technische Universität München

TUMLab im Deutschen Museum

Museumsinsel 1

80538 München

www.tumlab.de

TUMLab im Deutschen Museum – Beispielprotokoll für den Kurs „Wasserkraft“

Kursprogramm Umwelt & Technik

Wasserkraft

Gefördert durch die Deutsche
Bundesstiftung Umwelt (DBU)

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Erstellt von nach Ideen von:

Jan, Julia, Louis, Luise,
Mike Kramler

Konstruktion des Schacht-
kraftwerks erarbeitet von:

Norbert Gast
Mike Kramler

Aus einem Bachlauf soll möglichst viel elektrische Energie gewonnen werden, aber umweltrelevante Faktoren wie das Wohl der Fische oder die Überschwemmung durch Staustufen dürfen nicht außer Acht gelassen werden.

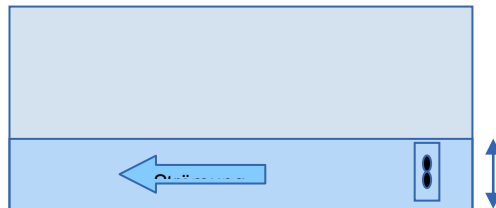
Material: Ein Becken (80 cm lang, 40 cm breit, 50 cm hoch) mit strömendem Wasser (Pumpe unter dem Boden), das für einen Teil eines Bachs steht. Darin soll mit einem Propeller (Schiffsschrauben, in zwei Größen vorhanden) und einem Generator Strom erzeugt werden. Es stehen verschiedene Bauteile zur Verfügung, aus den ein Wehr in verschiedenen Höhen, mit bzw. ohne Durchlass in den Wasserlauf eingebaut werden kann und zwei Platten mit verschiedenen großen, runden Öffnungen, um den Durchfluss noch mehr zu verengen. Des weiteren Teile für einen Schacht, ein Fischgitter und eine Fischtreppe. Die vom Generator erzeugte Spannung wird gemessen und lässt einen Rückschluss auf die Drehzahl zu (die Spannung ist proportional zur Drehzahl).

Es soll forschend vorgegangen werden: Jedes Experiment beginnt mit einer Forschungsfrage, zu deren Antwort man eine Vermutung hat (Hypothese). Das Experiment wird geplant und abgesprochen, bevor es durchgeführt wird. Das Ergebnis führt evtl. zu einer neuen Frage, usw.

1. Frage: Bewegt sich der Propeller allein in der Strömung?
2. Hypothese: Ja, die Strömung im Bach ist stark genug, um den Propeller zu drehen.

3. Versuchsaufbau

4. Skizze



5. Messdaten: Wasserhöhe ohne Strömung 24 cm (gemessen ab Oberkante Holzbalken)
6. Messdaten zum Propeller in verschiedenen Aufbauten

- a. Propeller dreht sich nicht
- b. Propeller umgedreht: dreht sich nicht
- c. Propeller in einer verkleinerten Öffnung (s. Skizze): dreht sich nicht



- d. Weitere Verkleinerung der Öffnung: dreht sich nicht



- e. Lockerung der Schraube: Propeller dreht sich,
(Beim Wechseln des Propellers hatte sich die Welle verklemmt)
Messwert: 3,5 V

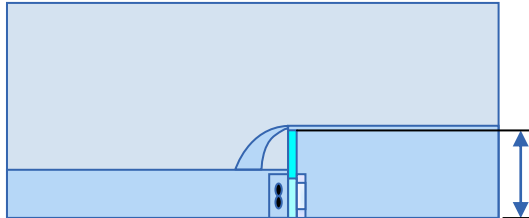
1. Frage: Wie können wir mehr Strom erzeugen?

2. Hypothese: Einbau des Wehrs

3. Versuchsaufbau:

- Erhöhung des Wehrs: Wehrhöhe 28 cm

- 1. Messung: Wasserhöhe hinter dem Wehr: 23 cm



- Weitere Erhöhung des Wehrs: Wehrhöhe 36 cm,

- 2. Messung: Wasserhöhe hinter dem Wehr: 18 cm



4. Messdaten: 8,0 V, Schwankungen von 5 – 9 V

1. Frage: Bekommen wir mehr Spannung, wenn wir Wasser hinzugeben?

2. Vermutung:

1 Gruppenmitglied: Wir bekommen mehr Spannung,
andere Gruppenmitglieder: Spannung bleibt gleich

3. Beobachtung: Luftblasen hinter dem Propeller verschwinden nach Zugabe des Wassers

4. Messdaten:

- a. Wasserstand ohne Strömung 26 cm nach Wasserzugabe,
- b. 7,5 V

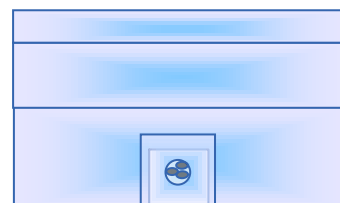
5. Ergebnis: nein, auf der niedrigeren Seite ist jetzt mehr Wasser und bremst die Strömung

1. Frage: Wie können wir mehr Strom erzeugen?

2. Weitere Erhöhung des Wehrs

3. Versuchsaufbau: Höhe Wehr 42 cm,

- a. Wasserhöhe vor Wehr: 41 cm
- b. Wasserhöhe nach Wehr: 19,5 cm



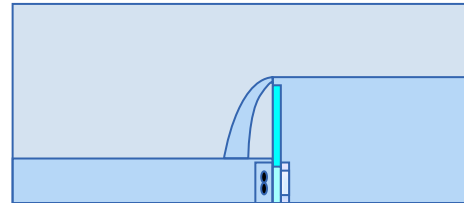
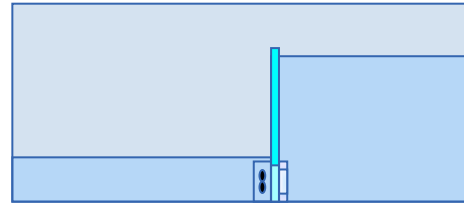
4. Messdaten: 7,8 V (+/- 0,4 V)

5. Beobachtung: Wasser fließt nicht mehr über die Kante → Fische haben Probleme

6. Wegnahme des zusätzlichen Aufsatzes

7. Messdaten: 7,0 V

8. Beobachtung: Wasser fließt wieder über die Kante



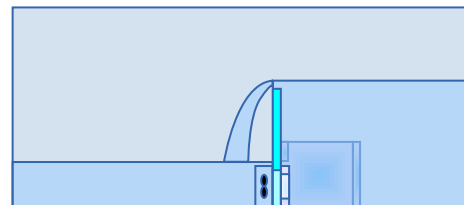
1. Frage: Verringert der Schacht die Energiegewinnung

2. Hypothese: Nach Einbau des Schachtes sinkt die Spannung

3. Versuchsaufbau: Einbau eines Schachtes

4. Messdaten: 8,1 V (+/- 0,3 V)

5. Ergebnis: Nach Einbau des Schachtes: Zunahme der Spannung



1. Frage: Wie können wir die Fische schützen

2. Hypothese: Durch Einbau des Fischgitters

3. Versuchsaufbau: Aufbau des Gitters zum Schutz der Fische, s. Skizze

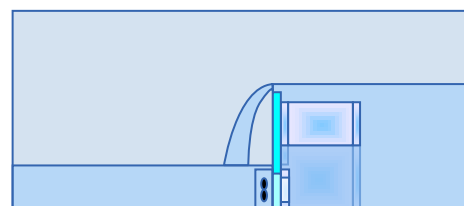
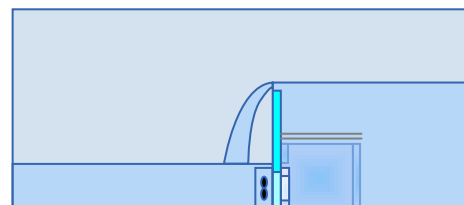
4. Messdaten: 7,5 V (+/- 0,2 V)

5. Ergebnis: Fisch wird nicht angesogen

6. Versuchsaufbau: Aufbau eines weiteren Schachtteils,

7. Entfernung des Gitters:

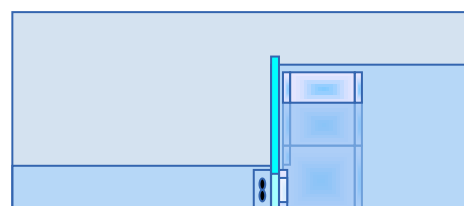
8. Messdaten: 7,7 V (+/- 0,4 V)



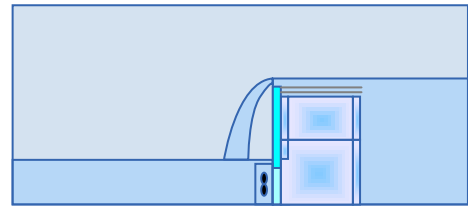
9. Versuchsaufbau: Erhöhung des Wehres auf 42 cm

10. Messdaten: 8,2 V (+/- 0,3 V)

11. Ergebnis: Fische können Wehr nicht überqueren

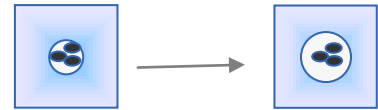


12. Versuchsaufbau: Entfernung der zusätzlichen Erhöhung, Wehrhöhe 36 cm, Aufsatz des Gitters auf den Schacht



13. Messdaten: 6,6 V (+/- 0,3 V)

14. Versuchsaufbau: Einbau einer größeren Öffnung direkt um den Propeller, 2 Schachtteile mit Gitter, Wehrhöhe 36 cm,



15. Messdaten: 5,6 V (+/- 0,5 V)

16. Problem: Wasserhöhe im Schacht geringer als andersherum

17. Versuchsaufbau: Bau des kleinen Lochs vor das große Loch, Beibehalten der anderen Aufbauten



18. Messdaten: 6,5 V (+/- 0,2 V)

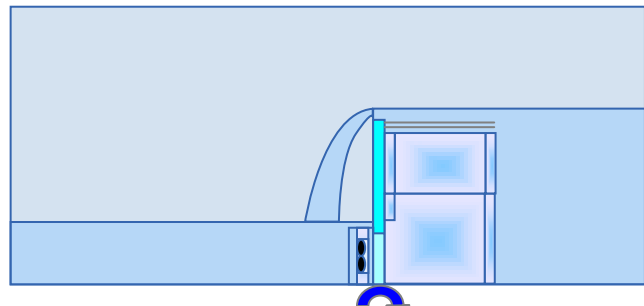
19. Versuchsaufbau: Einbau des kleineren Propellers und Entfernung des größeren Lochs: kleiner Propeller vorn ??? hoch, andere Aufbauten beibehalten

20. Messdaten: 10,5 V (+/- 0,5 V), später 10 V (+/- 0,5 V)

21. Versuchsaufbau: Verringerung der Höhe des Schachtes auf 31 cm

22. Messdaten: 9,3 V (+/- 0,2 V)

23. Versuchsaufbau: Einbau des Loches auf der anderen Seite des Wehres, um den Propeller direkt im Loch zu haben



24. Messdaten: 9,5 V (+/- 0,5 V), später 8 V (+/- 0,2 V)

25. Einbau des höheren Schachtes mit 36 cm, Rest bleibt

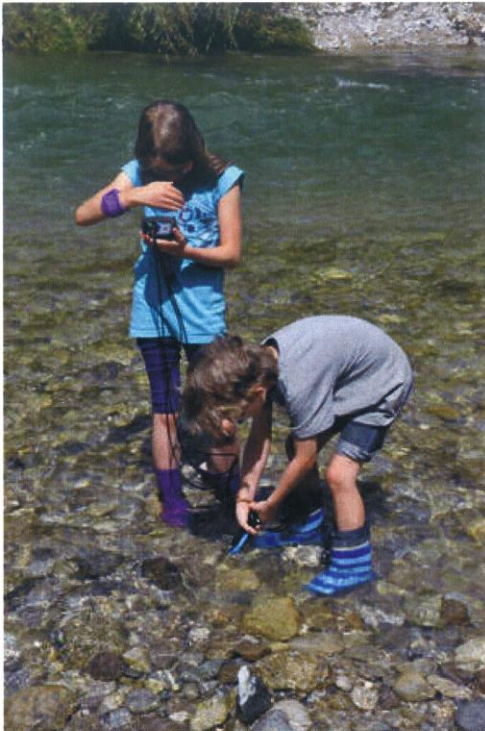
26. Messdaten: 8,6 V (+/- 0,3 V)

27. Anbau der Fischtreppe

28. Messdaten: 8,1 V (+/- 0,3 V)

A13 Lernort Wasser – Kursangebot auf der TUMlab-Homepage

<http://www.tumlab.edu.tum.de/kursangebot/umwelt-technik/lernort-wasser/>



Lernort Wasser

Im Kurs "Lernort Wasser" können sich Schülerinnen und Schüler einmal als echte Wasserforscher betätigen: Sie nehmen selbst Proben aus dem Wasser und untersuchen diese wie Wissenschaftler, um mehr über die Isar und ihre Bewohner zu erfahren. Zum Beispiel nutzen sie Stereomikroskope, um winzige Flussbewohner zu bestimmen und etwas über die Gewässerqualität herauszufinden.

Nicht zuletzt können sie im Kurs Antworten auf Fragen finden wie: Wie sieht ein „lebendiger“ Fluss aus, warum wurde die Isar „renaturiert“ und was ist „Bioindikation“?

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Gefördert durch die
Deutsche
Bundesstiftung
Umwelt (DBU)

Bitte beachten Sie: Für diesen Kurs ist aufgrund des großen Personalaufwandes für spezielle Sicherheitsvorkehrungen am Gewässer eine vorherige Terminabstimmung unbedingt erforderlich! Bitte wenden Sie sich in dieser Frage an: [kontakt\(at\)tumlab.de](mailto:kontakt(at)tumlab.de)

A14 Flussbewohner – Kursangebot auf der TUMlab-Homepage

<http://www.tumlab.edu.tum.de/kursangebot/umwelt-technik/kleine-flussbewohner-ganz-gross/>



Kleine Flussbewohner ganz groß

In Flüssen leben nicht nur Fische, sondern auch viele kleine Flussbewohner. Welche Tiere sind das und was lässt sich über sie herausfinden?

Zwar lassen sich viele dieser Arten schon mit bloßem Auge erkennen – aber Mikroskope ermöglichen ganz neue und faszinierende Einblicke und helfen dabei, zu bestimmen, welche Tiere wir vor uns haben.

Um die Flussbewohner anzuschauen, arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Vierer-Gruppen mit Stereo-Mikroskopen, die – anders als „normale“ Mikroskope – einen räumlichen Eindruck der betrachteten Tierchen ermöglichen. Die Schülerinnen und Schüler fertigen einen Steckbrief zu einem der von ihnen bestimmten Gewässerorganismen an, recherchieren den jeweiligen Lebenszyklus und präsentieren die Ergebnisse zu „ihrem“ Flussbewohner ihren Mitschülern.

Warum die Lebewesen in einem Fluss ganz unterschiedliche Lebensräume brauchen, wie ein Fluss in natürlichem Zustand aussieht, und warum ein Fluss wie die Isar „renaturiert“ wurde, erarbeiten die Schülerinnen und Schüler bereits in der Einführung. Darauf aufbauend können sie erschließen, was die Gewässerlebewesen über die Wasserqualität aussagen und „ihren“ Flussbewohner als Bioindikator einordnen.



www.dbu.de
Gefördert durch die
Deutsche
Bundesstiftung
Umwelt (DBU)

Diesen Kurs buchen (für Schulklassen)

Zur Anmeldung

A15 Wasserkraft – Kursangebot auf der TUmlab-Homepage

<http://www.tumlab.edu.tum.de/kursangebot/umwelt-technik/wasserkraft>

Öko-Strom durch Wasserkraft



Termine:

Montag, 20. Oktober

Montag, 27. Oktober

Mittwoch, 12. November

max. 16 Teilnehmer/innen:

1. Gruppe (8 Teilnehmer): 9.30 - 11.30 Uhr, 2. Gruppe (8 Teilnehmer): 12.15 - 14.15 Uhr

Wie erzeuge ich möglichst umweltschonend Energie? Diese Frage ist nicht nur für Deutschland im Rahmen der Energiewende bedeutsam – auch in vielen Entwicklungsländern ist die Frage einer gesicherten Stromversorgung wichtig. Eine Möglichkeit lokaler Energieerzeugung ist die Wasserkraft, die jedoch auch vielfältige ökologische Probleme mit sich bringen kann.

Selbst ein Wasserkraftwerk zu konstruieren und damit Strom zu erzeugen, steht im Zentrum dieses neuen Kursangebotes. Wie verändert sich die erzeugte Energie, wenn ich meine Bauteile abwandle? Welche ökologischen Aspekte muss ich berücksichtigen? Was sind die Pros und Contras der Wasserkraft?



www.dbu.de
Gefördert durch die
Deutsche
Bundesstiftung
Umwelt (DBU)

A16 Energieverbrauch/Standby – Kursangebot auf der TUMlab-Homepage

<http://www.tumlab.edu.tum.de/kursangebot/umwelt-technik/energieverbrauch>

Strom, Energieverbrauch, Standby



Ist „Volle Energie voraus“ tatsächlich immer das Beste? Woher kommt eigentlich die Energie, die ich täglich nutze, um Radio, Lampen, Laptop und ähnliches zu bedienen? Und warum ist es wichtig, den Energieverbrauch zu senken?

Im TUMlab bauen die Schülerinnen und Schüler einen Stromkreis auf, um eine Vorstellung davon zu bekommen, was Strom und Spannung eigentlich sind. Im wahrsten Sinne des Wortes „erfahren“ sie in der Ausstellung des Deutschen Museums selbst den Energieverbrauch

verschiedener Geräte mit einem Energiefahrrad. Sie messen den Stromverbrauch von Alltagsgeräten – sowohl im aktiven Zustand als auch im Standby. So können sie erkennen, wo sie selbst Energie sparen und damit - manchmal auf ganz einfache Weise - einen Beitrag für die Umwelt leisten können.



www.dbu.de
Gefördert durch die
Deutsche
Bundesstiftung
Umwelt (DBU)

Diesen Kurs buchen (nur für Klassen)

Zur Anmeldung