

Coding H₂O

<Autorin> Beatriz Padin

<Autorin> Elena Poncela



<Info>

<Schlagwörter> Wasser, Sensoren, Reinigungsgrad, Datenerfassung, Umwelt, Verdunstung, Kondensation, Lösungen, Mischungen, Design, Wärme und Temperatur, Wärmeleiter und Isolatoren, Sonnenenergie, Infrarotstrahlung, Reflexion

<Unterrichtsfächer> Physik, Umweltwissenschaft, Chemie, Informatik, Mathematik

<Altersgruppe> 13–15 Jahre

<Hardware> Arduino^[1], Calliope mini^[2], Raspberry Pi^[3]

<Programmiersprache> Arduino^[4], Python^[5], Blockprogrammierung

<Programmierniveau> mittel

<Zusammenfassung>

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln, konstruieren und testen einen Solar-Destillierapparat zur Reinigung von Wasser. Sie programmieren Sensoren, die den Reinigungsgrad ihrer Solar-Destillierapparate messen.

<Vorstellung des Konzepts>

Wir behandeln die folgenden physikalischen Konzepte:

- ↳ Aggregatzustandswechsel (insbesondere Verdunstung und Kondensation) und ihre Hauptmerkmale
- ↳ Faktoren, die den Verdunstungsprozess beeinflussen (Temperatur, Größe der Oberfläche usw.)
- ↳ Einfluss der Temperatur: Energie und Wechsel des Aggregatzustandes
- ↳ Unterschied zwischen erneuerbaren (Sonnenenergie) und nicht erneuerbaren Energiequellen
- ↳ Infrarotstrahlung und ihre Rolle beim Transport der Sonnenenergie
- ↳ Eigenschaften von Strahlung, insbesondere ihrer Reflexion
- ↳ Methoden zur Trennung von Mischungen
- ↳ Lösungen: was man darunter versteht, Konzentration (g/l und Massenanteil usw.)

Je nach Vorwissen lernen die Schülerinnen und Schüler einige dieser Konzepte selbstständig kennen, während andere eine Erklärung durch die Lehrkraft erfordern und dann experimentell überprüft werden.

Ziel unseres Projekts ist es, einen hochleistungsfähigen Solar-Destillierapparat zur Wasserreinigung zu entwickeln. Hierbei darf nur mit Sonnenenergie gearbeitet werden. Zunächst wird der Reinigungsgrad des Solar-Destillierapparats ermittelt, indem der Volumenanteil des gewonnenen gereinigten Wassers berechnet wird. Anschließend programmieren die Schülerin-

nen und Schüler verschiedene Sensoren, um die Effizienz ihrer Designs zu untersuchen.

Das Programmieren der Sensoren steht im Mittelpunkt dieser Aktivität. Hierzu benötigen die Lehrkräfte Programmiersprachenkenntnisse und ein grundlegendes Verständnis der Hardware. Sie müssen den Schaltkreis aufbauen, der die Sensoren mit dem Mikrocontroller verbindet. Zum Programmieren der Sensoren können sie je nach ihren Kenntnissen mit Blockprogrammierung (Calliope mini^[2], Snap4Arduino^[6] usw.) oder Textprogrammierung (Arduino^[4], Python^[5] usw.) arbeiten.

<Praktische Umsetzung>

Diese Einheit besteht aus drei Teilen: Entwicklung des Solar-Destillierapparats, Programmierung der Sensoren und Testen des Solar-Destillierapparats.



© Solar-Destillierapparat

<Erster Teil: Entwicklung des Solar-Destillierapparats>

Das Projekt wird der Klasse vorgestellt und die Schülerinnen und Schüler testen gemeinsam ihr erstes Beispiel eines Solar-Destillierapparats, indem sie das Volumen des gesammelten gereinigten Wassers messen und den Reinigungsgrad des Apparats berechnen. Dabei beschäftigen sie sich mit verschiedenen physikalischen Konzepten wie beispielsweise Aggregatzustandswechsel, Lösungen und Sonnenenergie.

Im Anschluss werden sie aufgefordert, dieses erste Modell zu verbessern. Dazu arbeiten sie in Teams von je 2–3 Schülerinnen und Schülern. Diese Phase der Unterrichtseinheit kann in verschiedene Aufgaben unterteilt werden:

1. Recherche über Solar-Destillierapparate, ihre Funktionsweise, verschiedene bestehende Designs usw. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler über folgende Fragen nachdenken:

- Verdunstung: Welche Hauptfaktoren beeinflussen diesen Prozess? Berücksichtige die Oberfläche, auf der sich das schmutzige Wasser befinden soll. Ist es besser, eine große oder eine kleine Oberfläche zu haben, mit einer größeren oder einer geringeren Tiefe? Spielt die Farbe der Oberfläche eine Rolle?
 - Kondensation: Was wird benötigt, damit Kondensation stattfindet? Braucht es für die Kondensation von Wasser eine große oder eine kleine Oberfläche? Wie erreichst du, dass das gereinigte Wasser dorthin fließt, wo es gesammelt werden soll?
 - Strahlung: Wie kannst du die Infrarotstrahlung maximieren, die auf deinen Solar-Destillierapparat auftrifft? Wie erreichst du die höchstmögliche Temperatur in deinem Solar-Destillierapparat? Du könntest eine Oberfläche mit Alufolie verkleiden, um das Sonnenlicht in den Solar-Destillierapparat zu lenken.
- Die Teams entwickeln ihre Apparate und erklären sie der Lehrkraft.
 - Nachdem der Entwurf mit der Lehrkraft abgestimmt wurde, müssen die Schülerinnen und Schüler geeignete Materialien finden (in der Schule, zu Hause, online bestellen usw.) und den Destillierapparat bauen.
 - Die Schülerinnen und Schüler bestimmen ohne Sensoren den Reinigungsgrad ihrer Solar-Destillierapparate. Mit einem Messzylinder messen sie nicht nur das Volumen des schmutzigen Wassers, sondern auch das Volumen des gesammelten gereinigten Wassers und wenden dabei folgende Gleichung an:

$$\text{Reinigungsgrad} = \frac{\text{Volumen des gesammelten Wassers}}{\text{Volumen des schmutzigen Wassers}}$$

Für den zweiten und dritten Teil erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Schritt-für-Schritt-Anleitung mit Aufgaben und Fragen.

Ziel ist es, ihnen eine Auswahl an Sensoren, Programmiersprachen und Hardware anzubieten, wobei hier die verschiedenen Voraussetzungen in jeder Schule/Klasse (verfügbare Materialien, bekannte Programmiersprachen usw.) zu beachten sind.

<Zweiter Teil: Programmieren der Sensoren>

Nur die besten Solar-Destillierapparate werden mit Sensoren getestet. In diesem Teil gilt:

- Wähle aus, welchen Mikrocontroller, welche Programmiersprache und welche Sensoren du benutzen möchtest. Die Beantwortung der folgenden Fragen hilft dir, die beste Wahl zu treffen:
 - Nutzt du Blockprogrammierung oder Textprogrammierung? Wenn du dich für Blockprogrammierung entscheidest, überlege, ob du für einen Calliope mini^[2]

oder alternativ für einen Raspberry Pi^[3] mit Scratch^[8] programmieren willst. Wenn du dich für Textprogrammierung entscheidest, kannst du beispielsweise Arduino^[4] verwenden oder du programmierst einen Raspberry Pi^[9] mit Python^[5].

- Verwendest du digitale oder analoge Sensoren? Bei analogen Sensoren ist Arduino eine sehr gute Wahl.
- Um einfach zu beginnen, wähle höchstens zwei Sensoren, die du verwenden möchtest, z. B. zur Messung von Temperatur, Feuchtigkeit, Regen oder Infrarotstrahlung. Bevor du dich entscheidest, berücksichtige die technischen Eigenschaften der Sensoren: Ist das Ausgangssignal analog oder ist es ein digitales Signal mit lediglich zwei möglichen Werten (richtig/falsch)? In welcher Beziehung stehen Ausgangssignal und die gemessene Größe? Sind sie direkt proportional? Wird das Ausgangssignal stärker, wenn der Messwert abnimmt?
 - Baue den Schaltkreis auf, der deinen Sensor mit dem Mikrocontroller verbindet. Benutze die ergänzenden Materialien^[7], die du bekommen hast, oder suche Beispiele im Internet.
 - Programmiere die Sensoren und beachte folgende Schritte:
 - Notiere, was dein Programm leisten soll. Berücksichtige dabei die Eigenschaften der von dir gewählten Sensoren. Soll dein Programm nur den Wert der gemessenen Größe ausgeben oder auch die Maximal- und Minimalwerte? Gibt dein Sensor den tatsächlichen Wert der Größe aus, oder sind weitere Umrechnungen nötig?
 - Schreibe dein Programm. Denke daran, deinen Code mit Kommentaren zu versehen. Du kannst dazu die ergänzenden Materialien^[7], die du von deiner Lehrkraft bekommen hast, zu Hilfe nehmen.
 - Teste dein Programm. Funktioniert das Programm wie vorgesehen?

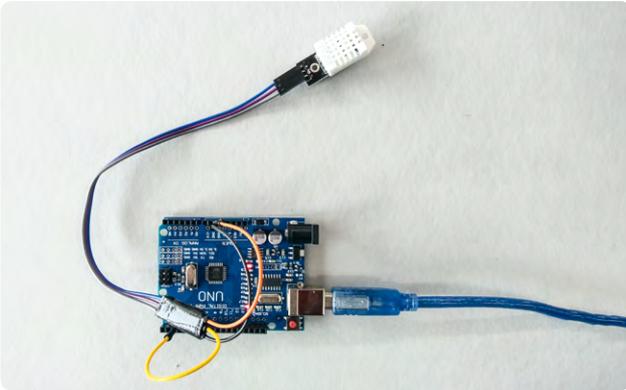
Beispiele:

 - ↳ Mit einem Flammensensor und Arduino UNO^[4] kannst du messen, wie viel Infrarotstrahlung den Solar-Destillierapparat erreicht. Bei einer mit Alufolie überzogenen Fläche kannst du mit diesem Sensor prüfen, ob die Strahlung in den Solar-Destillierapparat gelenkt wird.

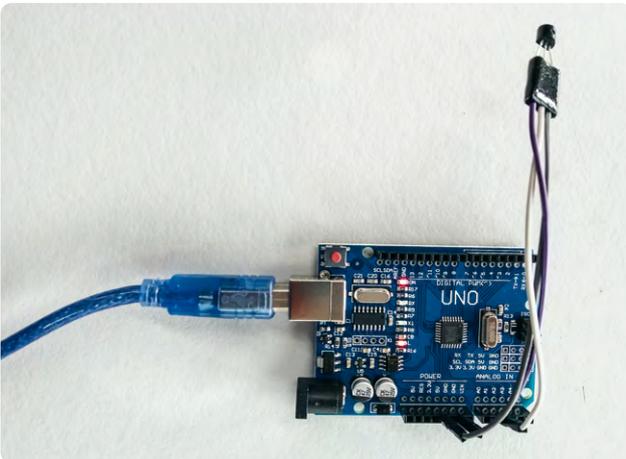


© Flammensensor

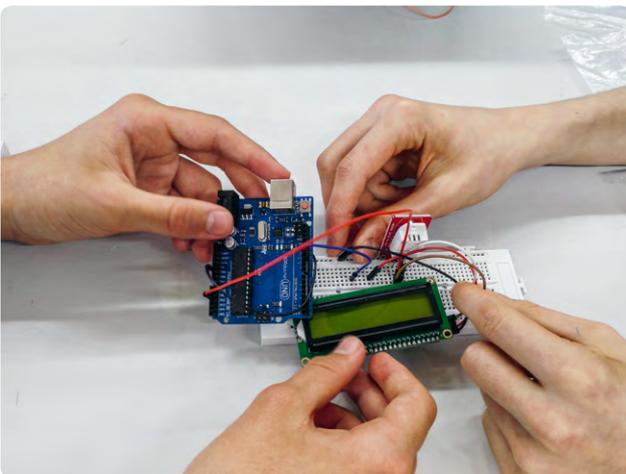
- ↳ Mit dem DHT11 oder DHT22 Feuchtigkeits- und Temperatursensor und Arduino UNO kannst du die Höchsttemperatur und relative Feuchtigkeit im Innern des Solar-Destillierapparats messen.



© Arduino mit Feuchtigkeitssensor

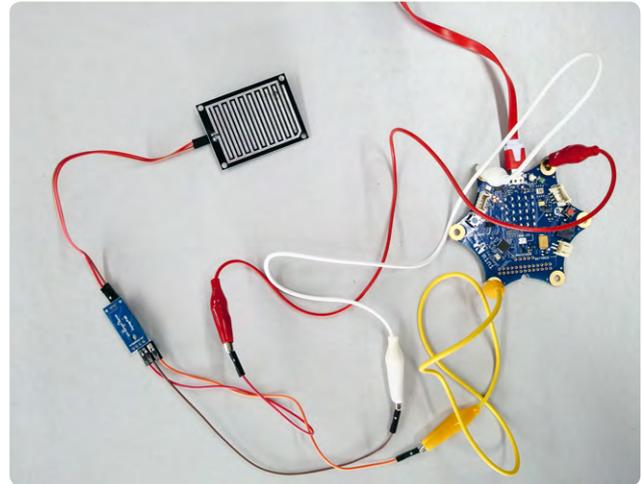


© Arduino mit Temperatursensor



© Arduino mit LCD-Display und Feuchtigkeitssensor

- ↳ Mit dem FR-04 Regensensor und Raspberry Pi^[13] kannst du ein Python3-Programm schreiben, um die Zeit bis zur Kondensation des ersten Wassertropfens zu messen. Du kannst diesen Sensor auch mit einem Calliope mini^[2] benutzen und mit Snap!^[10] (Blockprogrammiersprache) programmieren.



© Regensensor mit einem Calliope mini

<Dritter Teil: Solar-Destillierapparat mit Sensoren testen>

Dein Team muss nun mit den programmierten Sensoren den eigenen Apparat testen und ihn mit einem anderen vergleichen. Dazu müssen die Solar-Destillierapparate unter den gleichen Bedingungen arbeiten und die gleichen Sensoren verwenden.

Analysiere, warum die Reinigungsgrade unterschiedlich sind. Dadurch ermittelst du die Schlüsselfaktoren, die beispielsweise den Verdunstungsprozess beeinflussen.

Reinigungsgrad des Solar-Destillierapparats erhöhen:

- ↳ Teste deinen Apparat mittags an einem sonnigen Tag.
- ↳ Gib deinem Apparat genügend Zeit, die maximale Temperatur zu erreichen.
- ↳ Stelle sicher, dass der Solar-Destillierapparat luftdicht ist, sodass kein Wasserdampf entweichen kann.
- ↳ Entferne das gereinigte Wasser fortlaufend, um dessen erneute Verdunstung zu vermeiden.
- ↳ Färbe das schmutzige Wasser ein, um sicherzustellen, dass der Solar-Destillierapparat korrekt funktioniert.
- ↳ Wähle für das schmutzige Wasser einen schwarzen, weiten Behälter.
- ↳ Verwende einen mit Alufolie überzogenen Schirm, um das Sonnenlicht in den Solar-Destillierapparat zu lenken.

<Erzielte Ergebnisse>

Der erste Teil der Unterrichtseinheit (Bau des Solar-Destillierapparats) führte zu Apparaten mit höchst unterschiedlichen Reinigungsgraden. Bei Tests an sonnigen Tagen im Mai/Juni in Spanien reinigte der beste Apparat 95 % des schmutzigen Wassers innerhalb von 24 Stunden. Es wurde auch ein Reinigungsgrad von 54 % innerhalb von 4 Stunden erzielt. Dennoch wurde bei einigen Apparaten aufgrund verschiedener Konstruktionsmängel überhaupt kein gereinigtes Wasser gesammelt.

Unter Verwendung der Sensoren wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

- ↳ Die höchste erreichte Temperatur im Innern der Solar-Destillierapparate nach einer Stunde an einem sonnigen Tag betrug 65 °C.
- ↳ Der Einfluss der Farbe des Schmutzwasserbehälters wurde analysiert. Beim Vergleich von zwei Behältern, die für einige Minuten ins Sonnenlicht gestellt wurden, war die Wassertemperatur im schwarzen Behälter fast 5 °C höher als im weißen.
- ↳ Mit dem Feuchtigkeitssensor wurde die Beziehung zwischen der Wassertemperatur und der Verdunstungsrate untersucht. Die relative Feuchtigkeit im Innern des Solar-Destillierapparats beträgt 55 % für Wasser bei Raumtemperatur. Wenn das Wasser auf 45 °C erhitzt wurde, erhöhte sie sich innerhalb weniger Sekunden auf 98 %.
- ↳ Die von einer metallischen Oberfläche in den Solar-Destillierapparat gelenkte Strahlungsenergie wurde mit dem Flammensensor gemessen. Ein mit Alufolie überzogener Schirm erwies sich für die Reflexion der Infrarotstrahlung als sehr effizient.

<Fazit>

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten kreativ und analytisch, um den effizientesten Solar-Destillierapparat zu entwickeln. Diese Unterrichtseinheit gibt ihnen die Gelegenheit, kritisches Denken und Problemlösungskompetenzen zu entwickeln – Fähigkeiten, die sie in ihrem Alltag einsetzen können. Sie entdecken dabei wichtige physikalische Grundsätze (Selbststudium), und zwar nicht durch Lektüre ihrer Physikbücher, sondern weil sie beobachten, experimentieren, testen und ihre Ergebnisse analysieren.

Bei der Programmierung ihrer Sensoren entwickeln sie auch ihre Fähigkeit zum Computational Thinking. Zudem wenden sie Physical Computing an, d. h. ihre Programme wechselwirken mit der physischen Welt. Während der gesamten Einheit folgen sie den verschiedenen, zuvor beschriebenen Schritten wissenschaftlichen Arbeitens, um den besten Solar-Destillierapparat zu konzipieren und diesen mit geeigneten Materialien zu bauen.

Für das Projekt ist es wichtig, dass alle Schülerinnen und Schüler miteinbezogen werden. Damit dies sichergestellt ist, können einige Aufgaben des Projekts selbstständig ausgeführt werden (z. B. Recherche, erste Ideen einbringen).

Haupt Hindernisse könnten u. a. sein, dass manche Schülerinnen und Schüler nicht über ausreichende Programmierkenntnisse verfügen (weshalb wir Blockprogrammierung als Alternative einbezogen haben) oder nur mangelhafte Kenntnisse für den

Bau von Schaltkreisen (die zusätzlichen Materialien^[7] sind hier sehr hilfreich) oder über die Funktionsweise der Sensoren haben. Die Materialien sind vermutlich nicht in allen Schulen vorhanden und müssen erst angeschafft werden.

Projekterweiterungen:

- ↳ Die von den Sensoren gesammelten Daten werden zur weiteren Analyse auf einer SD-Karte gespeichert.
- ↳ Mit einer LCD-Anzeige werden die Messungen sichtbar gemacht.
- ↳ Internet of Things (IoT – Internet der Dinge): Die erhobenen Daten werden in Echtzeit ins Internet gestellt und so öffentlich zugänglich gemacht.
- ↳ Zusätzliche Sensoren werden eingesetzt: beispielsweise CO₂-Sensoren und andere Treibhausgas-Sensoren, ein Leitfähigkeitssensor zur Prüfung des Salzgehalts des gereinigten Wassers oder ein pH-Sensor zur Messung der pH-Werte des schmutzigen und des gereinigten Wassers.
- ↳ Bei der Verwendung von Meerwasser wird der Salzgehalt gemessen.
- ↳ Eine Methode zur Desinfektion des gesammelten Wassers wird erarbeitet.

Die Schülerinnen und Schüler können die Solar-Destillierapparate nutzen, um den Treibhauseffekt, die Fotosynthese, die Zellatmung, ideale Gase usw. zu untersuchen. Viele Sensoren zur Messung von physikalischen oder chemischen Parametern können für weitere Projekte verwendet werden, etwa zur Überwachung von Luftverschmutzung oder Wasserqualität.

<Kooperationsmöglichkeiten>

Sind Solar-Destillierapparate in Ländern mit hoher Sonneneinstrahlung effizienter? Schülerinnen und Schüler verschiedener Schulen in Europa können ihre Ergebnisse austauschen, indem sie einen Online-Kartendienst für Standortzwecke nutzen. Wenn Meerwasser verwendet wird, kann der Salzgehalt der verschiedenen Orte verglichen werden.

<Quellen und Hinweise>

- [1] <https://www.arduino.cc>
- [2] <https://calliope.cc>
- [3] www.raspberrypi.org
- [4] www.arduino.cc/reference/en
- [5] www.python.org
- [6] <http://snap4arduino.rocks>
- [7] Alle Zusatzmaterialien sind verfügbar unter www.science-on-stage.de/coding-materialien.
- [8] <https://scratch.mit.edu>
- [9] www.raspberrypi.org/documentation/usage/python
- [10] <https://snap.berkeley.edu>

<Impressum>

<Entnommen aus>

Coding im MINT-Unterricht
www.science-on-stage.de/coding

<Herausgeber>

Science on Stage Deutschland e.V.
Am Borsigturm 15
13507 Berlin

<Revision und Übersetzung>

Translation-Probst AG

<Gestaltung>

WEBERSUPIRAN.berlin

<Illustration>

Rupert Tacke, Tricom Kommunikation und Verlag GmbH

<Text- und Bildnachweise>

Die Autorinnen und Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

<Bestellungen>

www.science-on-stage.de
info@science-on-stage.de

<ISBN PDF-Fassung>

978-3-942524-60-5

Diese Publikation ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.



1. Auflage 2019

© Science on Stage Deutschland e.V.

Ein Projekt von



Hauptförderer von
Science on Stage Deutschland



Science on Stage Deutschland - The European Network for Science Teachers

... ist ein Netzwerk von Lehrkräften für Lehrkräfte aller Schularten, die Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) unterrichten.
... bietet eine Plattform für den europaweiten Austausch anregender Ideen und Konzepte für den Unterricht.
... sorgt dafür, dass MINT im schulischen und öffentlichen Rampenlicht steht.

Science on Stage Deutschland e.V. wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für den Ingenieurwachstum des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

Machen Sie mit!

www.science-on-stage.de

www.facebook.com/scienceonstagedeutschland

www.twitter.com/SonS_D

Bleiben Sie informiert!

www.science-on-stage.de/newsletter

Mit freundlicher Unterstützung von

