



Climate Change and Wet Bulb Temperature



Co-funded by
the European Union

STEAM4Climate Arbeitsblatt für Studenten

Projekt: Klimawandel und Kühlgrenztemperatur

Schöpfer: Thomas Joerg (Kepler-Gymnasium Pforzheim)

Mitwirkende und Rezensenten: Rene Alimisi Chrisanthi Papasarantou (Edumotiva – European Lab for Educational Technology), Dariusz Aksamit (Universität Warschau)

Version: Version 2.0, 18.10.2025

Status: Final



Climate Change and Wet Bulb Temperature



Co-funded by
the European Union

EU-Projektkonsortium

Das Projekt STEAM4Climate wurde im Rahmen des Erasmus+-Programms der Europäischen Union unter der Fördervereinbarung Nr. 2023-1-PL01-KA220-SCH-000158670 gefördert. Die in diesem Lehrbuch genannten Autoren sind Mitglieder des STEAM4Climate-Konsortiums. Das Projekt umfasst sechs Partner und wird von der Technischen Universität Warschau koordiniert. Weitere Informationen zum Projekt finden Sie auf der [Projektwebsite](#)

Haftungsausschluss



Die Unterstützung der Europäischen Kommission bei der Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, der ausschließlich die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für eine Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

Creative-Commons-Lizenz:

Dieses Dokument ist unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz öffentlich zugänglich. ([CC BY 4.0](#))



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Über diese Broschüre	4
 Die Kühlgrenztemperatur und der Klimawandel	5
Implementierungsszenario	5
Annäherung an die Kühlgrenztemperatur durch Experimente.	6
 Experiment 1: Verdunstungskühlung	7
 Experiment 2: Quantitative Verdunstungskühlung	8
 Experiment 3: Qualitative Kühlgrenztemperatur	11
 Experiment 4: Körpertemperatur in Ruhe und während des Sports	13
 Experiment 5: Was misst man eigentlich mit einem Infrarotthermometer?	14
 Einführung in die Kühlgrenztemperatur des Menschen	15
 Arbeitsblatt Körpertemperatur 1/3: Einführungstext	15
 Arbeitsblatt Kühlgrenztemperatur 3/3: Simulation nutzen	17
 Die Herausforderung annehmen: Umgang mit der Kühlgrenztemperatur	20
 Alternative zu Microbit: Kitronik Luftqualitätstafel	23
 Variante 2 (Arduino): Seeed Grove WIO Terminal und SHT31	24
Sozialwissenschaftlicher Ansatz: Was lernen wir aus Szenarien wie diesem?	29

Über diese Broschüre

Willkommen zum Arbeitsblatt „Klimawandel und Kühlgrenztemperatur“ von STEAM4Climate für Schülerinnen und Schüler. Dieses Unterrichtsmaterial ergänzt das Lehrerhandbuch STEAM4Climate. Das im Rahmen des Erasmus+-Projekts STEAM4Climate entwickelte Handbuch führt in das Konzept der Kühlgrenztemperatur, ihre Auswirkungen auf den menschlichen Körper und ihre Bedeutung im Kontext des Klimawandels ein. Die Schülerinnen und Schüler führen praktische Experimente durch, um zu erforschen, wie Wärme und Luftfeuchtigkeit die Thermoregulation beeinflussen. Die vollständige Sammlung an Arbeitsblättern für Schülerinnen und Schüler sowie die zugehörigen Lehrerhandreichungen finden Sie unter [🔗 Steam4climate-Website](#)

Es wurde entwickelt, um Sie durch praktische Aktivitäten und Experimente zu führen, die die Auswirkungen extremer Hitze und Luftfeuchtigkeit untersuchen. Es enthält Schritt-für-Schritt-Anleitungen, Diskussionsanregungen und Fallstudien aus der Praxis, um Ihr Verständnis klimabedingter Herausforderungen zu vertiefen.

- ◆ Arbeiten Sie die Aktivitäten durch, um auf den wichtigsten Konzepten aufzubauen.
- ◆ Halten Sie Ihre Beobachtungen und Überlegungen in einem Notizblock fest.
- ◆ Beteiligen Sie sich an Gruppendiskussionen, um Lösungen zu finden und Ideen auszutauschen.
- ◆ Nutzen Sie zusätzliche Anregungen zur Erkundung, um Ihr Lernen über den Unterricht hinaus zu erweitern.

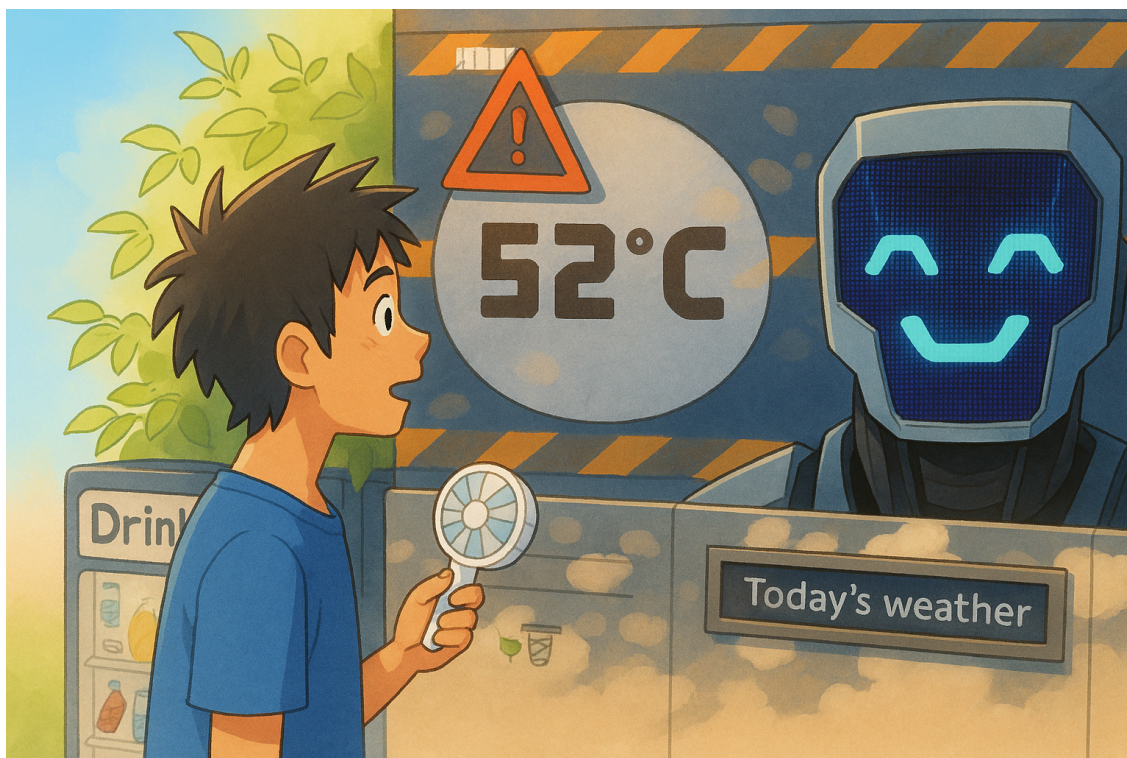
Durch die aktive Teilnahme an diesen Aktivitäten entwickeln Sie Problemlösungskompetenzen, wissenschaftliches Denken und ein Bewusstsein dafür, wie sich der Klimawandel auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auswirkt. Machen Sie sich bereit zum Experimentieren, Entdecken und Innovieren!



Die Kühlgrenztemperatur und der Klimawandel

Dieses Thema verknüpft Physik und Biologie, um den Einfluss des Kühlgrenztemperatureffekts auf die Thermoregulation des menschlichen Körpers zu untersuchen. Dies ist insbesondere im Kontext steigender globaler Temperaturen und Luftfeuchtigkeit relevant, da diese die Fähigkeit des Körpers, sich durch Schwitzen abzukühlen, überfordern können.

Implementierungsszenario



In Zukunft wird unsere Erde nicht mehr so aussehen wie heute. Die Veränderungen werden wahrscheinlich bedeuten, dass wir uns auf einem „neuen Planeten“ zurechtfinden müssen.

Zu diesem Zweck arbeiten Studierende wie ihr an einem wissenschaftlichen Projekt, um diese neuen Umweltbedingungen zu verstehen und messbar zu machen. Nur so können Überlebensstrategien in dieser zunehmend feindseligen Realität entwickelt werden.

Betrachtet man aktuelle Forschungsergebnisse, so erkennt man Umweltbedingungen wie hohe Umgebungstemperaturen in Verbindung mit hoher Luftfeuchtigkeit. Diese Umweltbedingungen verschärfen sich stetig.

Die Aufgabe dieser Unterrichtseinheit besteht darin, zunächst die Auswirkungen dieser Veränderungen zu verstehen, sie zu messen und darauf aufbauend Strategien für den Umgang damit in der Zukunft zu entwickeln.

Annäherung an die Kühlgrenztemperatur durch Experimente.

Allgemeine Küchenutensilien Pipetten, Thermometer, Isopropanol (oder Alternativen wie Ethanol oder Benzinum medicinale), Papiertücher, kleine Ventilatoren, Watte, Erlenmeyerkolben und durchstochene Stopfen.



Experiment 1: Verdunstungskühlung



getropft.

- **Lernziel:** Verstehen Sie die Verdunstungskühlung als physikalisches Phänomen und als biologische Kühlstrategie.
- **Küchenutensilien:** Pipette, Isopropanol (oder Ethanol, Benzinum medicinale).
- **Verfahren:** Mit der Pipette werden ein paar Tropfen Isopropanol auf den Handrücken getropft.
- **Erwartetes Ergebnis:** Ein starker Kühleffekt ist zu beobachten. (Dieser Versuch führt oft zu Erstaunen unter den Schülern.)



Spielerische Erweiterung: Coolste Hand

Teilen Sie die Schüler in Gruppen oder Paare ein. Jede Gruppe erhält Pipetten und kleine Behälter mit verschiedenen Flüssigkeiten wie Wasser und Ethanol, die deutlich beschriftet sind. Die Herausforderung besteht darin, herauszufinden, welche Flüssigkeit am schnellsten verdunstet und die stärkste Kühlwirkung hat. Die Schüler werden die Flüssigkeiten dann von der kühlfsten zur am wenigsten kühlen ordnen.



Experiment 2: Quantitative Verdunstungskühlung

Lernziel:

Die Verdunstungskühlung als quantitativ messbares physikalisches Phänomen zu erfassen und zu messen.

Utensilien:

Pipette, Papiertuch, zwei Thermometer, Halterungen für die Thermometer, Isopropanol (möglicherweise Ethanol, Petroleum medica, kleiner Ventilator).

Verfahren:

- Hängen Sie zwei Thermometer gut sichtbar auf, wie im Bild gezeigt.
- Binden Sie ein Papiertuch um eines der beiden Thermometer und befestigen Sie es mit Draht, damit es nicht verrutscht.

Geben Sie dann ein paar Tropfen Isopropanol auf das Tuch und beobachten Sie die Temperaturunterschiede. Notieren Sie sich die Unterschiede.

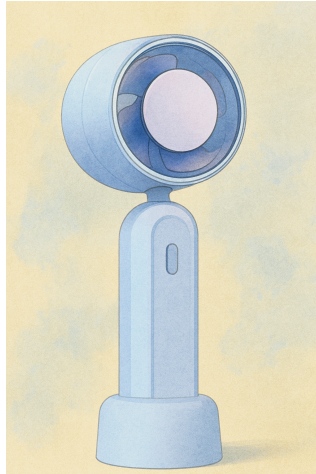
Wärmebildkamera und Kühleffekt auf die Haut:

<https://www.youtube.com/watch?v=QJ44jUFsi2g>



Erwartetes Ergebnis:

Nach etwa 2–3 Minuten kann man lesen: Der Kühleffekt der Verdunstungskühlung von Isopropanol beträgt etwa 10 °C Temperaturdifferenz. Ein Ventilator kühlt zwar schneller, aber nicht auf eine niedrigere Temperatur.



Rolle mit Draht und Isopropanol Kleiner USB-betriebener Handventilator





Spielerische Erweiterung: Wettlauf um die coolsten

Teilen Sie die Schüler in kleine Teams ein. Jedes Team erhält zwei Thermometer, ein Papiertuch, Pipetten und verschiedene Flüssigkeiten. Ein Thermometer bleibt als Kontrolle „trocken“, das zweite wird in ein Papiertuch gewickelt und mit Draht oder einem Gummiband fixiert, um ein Verrutschen zu verhindern. Jede Gruppe verwendet eine andere Flüssigkeit für ihr Experiment (z. B. Isopropanol, Ethanol oder Wasser usw.).

Schritte:

Jede Gruppe kann mit einer Pipette einige Tropfen der ihr zugeteilten Flüssigkeit auf das um ein Thermometer gewickelte Papiertuch auftragen. Das andere Thermometer bleibt trocken.

Starten Sie die Stoppuhr und notieren Sie die Anfangstemperatur auf beiden Thermometern (trocken und nass).

Überwachen Sie die Temperaturen 5–10 Minuten lang und achten Sie darauf, wie die Temperatur des feuchten Thermometers im Vergleich zum trockenen Thermometer sinkt.

Für die zweite Runde schalten Sie den kleinen Ventilator ein, um Luft auf das feuchte Thermometer zu blasen, und wiederholen Sie die Messungen. Beobachten Sie, wie sich der Luftstrom auf die Abkühlungsrate auswirkt.

Jedes Team wird messen, um wie viel die Temperatur auf seinem „nassen“ Thermometer (mit dem Papiertuch) im Vergleich zum trockenen Thermometer sinkt.

Die Teams werden außerdem den Unterschied in der Kühlleistung mit und ohne Ventilator messen. Sie werden ihre Ergebnisse aufzeichnen und der Klasse präsentieren.

Versammeln Sie die Klasse und bitten Sie die Teams, ihre Ergebnisse zu präsentieren. Welche Flüssigkeit erzielte den größten Kühleffekt? Hatte der Ventilator einen Einfluss, und wie hat er die Kühlrate verändert? Warum kühlten manche Flüssigkeiten besser als andere?



Experiment 3: Qualitative Kühlgrenztemperatur



Lernziel:

Die niedrigstmögliche Kühltemperatur hängt auch davon ab, ob sich der zu verdampfende Stoff bereits in der Luft befindet. Je stärker die Luft mit dem Kühlstoff gesättigt ist, desto geringer ist der Kühleffekt.

Benötigte Werkzeuge und Materialien:

Pipette, Papiertuch, zwei Thermometer, Thermometeraufsatz, Erlenmeyerkolben, Watte, durchstochener Stopfen.

Verfahren:

- Wickeln Sie beide Thermometer in ein Papiertuch ein, wie in Versuch 2.
- Hängen Sie eines der beiden Thermometer wie in Experiment 2 auf.
- Das zweite Thermometer wird in einen vorbereiteten Erlenmeyerkolben gegeben. Der Erlenmeyerkolben sollte Watte enthalten, die mit der abkühlenden Flüssigkeit benetzt wird. Substanz. Dadurch wird die Luft im Kolben mit der Verdunstungskühlsubstanz gesättigt.
- Lesen Sie die Kühlgrenztemperatur beider Thermometer ab.



Ergebnis:

Nach etwa 2–3 Minuten sollte sich die Kühlgrenztemperatur am freien Thermometer wieder eingestellt haben. Im Erlenmeyerkolben hingegen findet praktisch keine Abkühlung statt. Zudem verdunstet das Kühlmittel nicht; das Tuch am Thermometer bleibt feucht.

Abschluss:

Je mehr kühlende Substanzen bereits in der Luft vorhanden sind, desto schwieriger verdunstet weitere Substanz vom Stoff. Dadurch bleibt der Stoff länger feucht. Und wo keine Substanz verdunsten kann, kann auch kein Kühleffekt eintreten.

Anwendung auf das menschliche Schwitzen

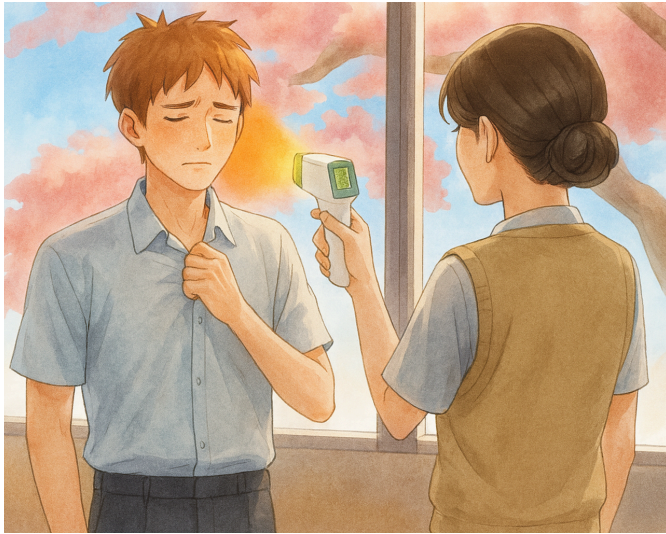
Das bedeutet, je höher die Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit ist, desto geringer ist der kühlende Effekt des Schwitzens.

**Spielerische Erweiterung: Mehr bedeutet mehr?**

Verschiedene Gruppen können mit unterschiedlichen Mengen Kühlmittel im Erlenmeyerkolben arbeiten. Anschließend werden die Ergebnisse verglichen.



Experiment 4: Körpertemperatur in Ruhe und während des Sports



Lernziel:

Der menschliche Körper gibt die Wärme, die beim Stoffwechsel und der Muskelarbeit entsteht, über die Haut ab.

Benötigte Materialien:

Infrarot-Thermometer oder Ohrthermometer, eventuell Wassersprüher

Verfahren:

- Bildet Gruppen von mindestens zwei Schülern.
- In jeder Gruppe meldet sich ein Schüler freiwillig, um seine Temperatur messen zu lassen.
- Messen Sie die Temperatur des Schülers im Sitzen und in Ruhe (z. B. an der Stirn).
 - Hinweis: Bei Verwendung eines Infrarot-Thermometers mit Laser sollte der Laser aus Sicherheitsgründen ausgeschaltet oder abgeklebt werden.
- Der Schüler soll 1–2 Minuten lang körperlich aktiv sein, zum Beispiel Seilspringen, Liegestütze machen oder Treppen rauf und runter laufen.
- Messen Sie unmittelbar nach Abschluss der Aktivität erneut die Temperatur des Schülers.

Erwartetes Ergebnis:

Im Ruhezustand liegt die Körperoberflächentemperatur im niedrigen Bereich, nach körperlicher Aktivität ist sie deutlich höher.

Der Körper gibt die Abwärme über seine Körperoberfläche ab. Dadurch entsteht ein Wärmestrom vom Körper in die Umgebung (in der Größenordnung von 50–100 Watt, abhängig vom Belastungszustand des Körpers). Um die Wärmeabgabe zu verbessern oder zu beschleunigen, beginnt der Körper zu schwitzen.



Experiment 5: Was misst man eigentlich mit einem Infrarotthermometer?



In diesem Experiment werden wir messen, wie viel Wasserdampf in der gesamten vertikalen Luftsäule über uns enthalten ist.

Wasserdampf ist ein wichtiges Treibhausgas und spielt eine Schlüsselrolle für das Wetter, die Wolkenbildung und den Energiehaushalt der Erde.

Anstatt die relative Luftfeuchtigkeit zu verwenden, die nur die Luftfeuchtigkeit in Bodennähe angibt, schätzen wir den gesamten atmosphärischen Wasserdampfgehalt, indem wir die Himmelstemperatur mit einem Infrarotpyrometer messen. Bei feuchter Luft erfasst das Instrument wärmere Strahlung aus tieferen Atmosphärenschichten; bei trockener Luft hingegen kältere Strahlung aus höheren Schichten. Durch mehrere Messungen in Richtung Zenit an einem klaren Tag und die Berechnung des Mittelwerts lässt sich später mithilfe eines Online-Tools, das die Daten auswertet, die Gesamtmenge an Wasserdampf bestimmen.

- Vergewissern Sie sich, dass der Himmel in der Nähe des Zenits völlig wolkenfrei ist.
- Messen Sie die Lufttemperatur mit einem handelsüblichen Außenthermometer.
- Richten Sie das Pyrometer senkrecht nach oben zum Zenit.
- Halten Sie die Messtaste 5 Sekunden lang gedrückt und schätzen Sie die durchschnittliche angezeigte Temperatur.

<https://www.igf.fuw.edu.pl/~kmark/PolandAOD/PDF/ParaWodna.pdf>

(Vielen Dank an Darek Aksamit für die Inspiration zu diesem Thema)



Einführung in die Kühlgrenztemperatur des Menschen



Arbeitsblatt Körpertemperatur 1/3: Einführungstext

Der Mensch produziert durch Stoffwechselprozesse ständig Wärme. Je aktiver er ist, desto mehr Abwärme entsteht. Diese Abwärme muss abgegeben werden, sonst überhitzt der Körper und erleidet gesundheitliche Schäden.

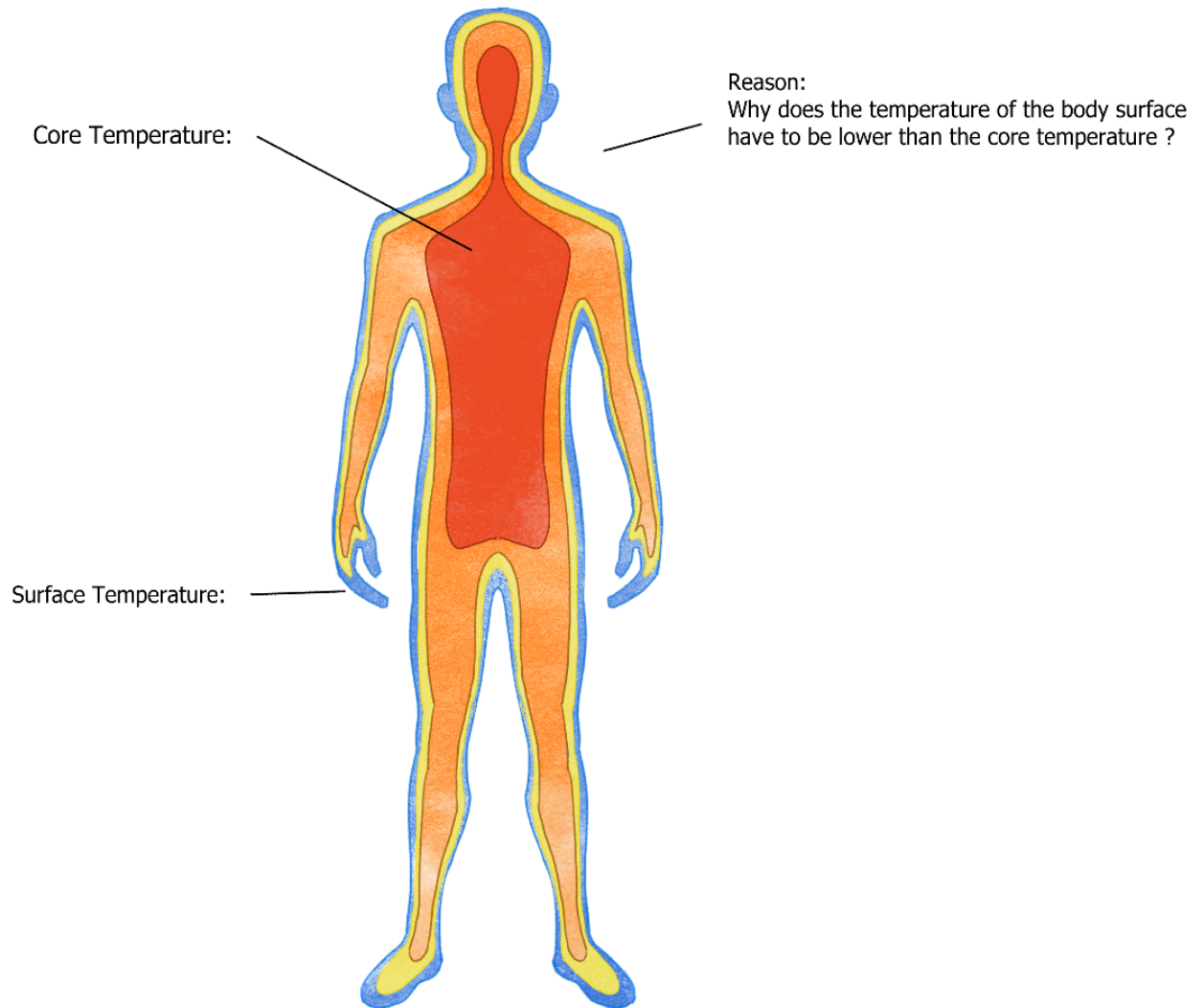
Damit Wärme aus dem Körperinneren abgeführt werden kann, muss die Oberflächentemperatur des Körpers niedriger sein als seine Kerntemperatur. Die Kerntemperatur beträgt etwa 37 °C.

Eine Person, die im Schatten ruht, kann eine Oberflächentemperatur von 35 °C kurzzeitig tolerieren; danach wird es gefährlich. Die maximal zulässige Oberflächentemperatur liegt niedriger, aber die Forschung ist sich darüber noch nicht ganz sicher. Eine Person, die sich bewegt – also jemand, der geht oder im Sitzen arbeitet –, kann eine Kühlgrenztemperatur von 31 °C tolerieren.

Diese Richtlinien gelten für junge, gesunde Menschen. Kleinkinder, ältere Menschen oder Personen mit Vorerkrankungen vertragen nur niedrigere Kühlgrenztemperaturen. Sie gelten außerdem für Personen, die ausreichend Flüssigkeit zu sich nehmen und angemessene Kleidung tragen. Bei zu geringer Flüssigkeitszufuhr kann der Körper nicht genügend Wärme durch Schwitzen abgeben.

Arbeitsblatt Körpertemperatur 2/3: Lücken ausfüllen

Fassen Sie den Einleitungstext zusammen und tragen Sie die korrekten Temperaturen in die Abbildung ein. Beschreiben und erklären Sie die Werte.





Arbeitsblatt Kühlgrenztemperatur 3/3: Simulation nutzen

<https://iludis.de/wetBulbTemp/index.html>

Wet bulb calculator | V1.1
 calculate Wet Bulb Temperature (WBT)
 and the Heat Index (HI)
 5th of May 2024, by Thomas Joerg, Steam4Climate

36 °C

51 % rel. humidity

WBT 27.7°C

danger!

HI 43.6°C

Beantworten Sie die folgenden Fragen

Wie heiß wird es bei Ihnen im Sommer? (In Deutschland beispielsweise können im Sommer bis zu 42 °C erreicht werden, das ist der Rekord.)	
Ab welcher relativen Luftfeuchtigkeit wird es gefährlich? (Oder ab wann wird es bei 42 °C in Deutschland gefährlich?)	
Bei einer Außentemperatur von 40°C: Wie hoch darf die maximale Luftfeuchtigkeit sein, damit man spazieren gehen kann?	
Erläutern Sie kurz die Gründe dafür.	
Im Dschungel Venezuelas beträgt die Luftfeuchtigkeit mittags um 13 Uhr 65 %. Bei welcher Temperatur sollten Sie aufhören, sich zu bewegen?	
Warum sind Dschungelregionen im Allgemeinen hinsichtlich der Kühlgrenztemperaturen viel stärker gefährdet als Wüstenregionen?	

Tabelle der Kühlgrenztemperaturen für verschiedene Luftfeuchtigkeitswerte.

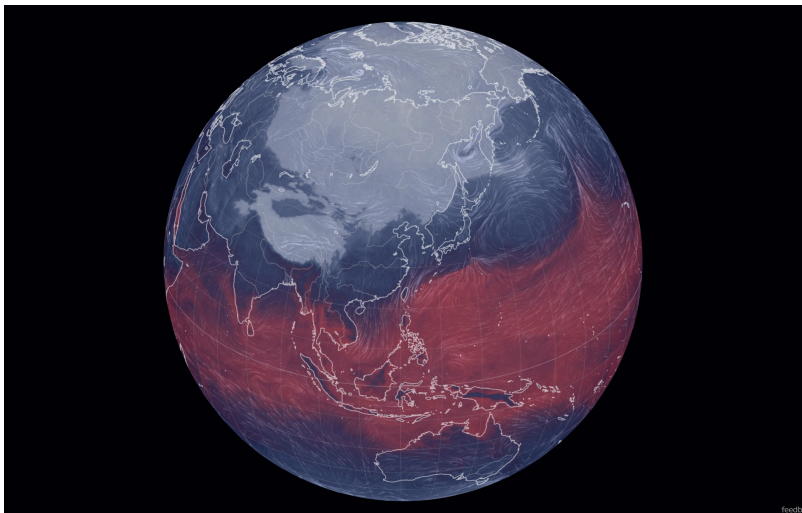
Auf der folgenden Seite finden Sie eine Wertetabelle zur Bestimmung der Kühlgrenztemperatur bei gegebener lokaler Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit.

Beispiel für das Lesen/Verwenden der Tabelle:

- Bei einer Lufttemperatur von 40 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % kann die Verdunstungskühlung genutzt werden, um die Temperatur auf 30,9 °C zu senken, aber nicht darüber hinaus.
- Bei einer Lufttemperatur von 34°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80% kann die Verdunstungskühlung genutzt werden, um die Temperatur auf 31,0°C zu senken, jedoch nicht darüber hinaus.

Zusätzliche Übung: Kühlgrenztemperatur auf unserem Planeten Erde

https://earth.nullschool.net/#current/wind/surface/level/overlay=wet_bulb_temp/



		Relative humidity								
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
T (°C)	0	-4,6	-4,5	-4,3	-3,9	-3,5	-3,0	-2,4	-1,7	-0,9
	2	-3,5	-3,2	-2,8	-2,3	-1,8	-1,2	-0,5	0,2	1,0
	4	-2,3	-1,8	-1,3	-0,7	-0,1	0,6	1,4	2,2	3,0
	6	-1,1	-0,4	0,2	0,9	1,7	2,4	3,2	4,1	5,0
	8	0,0	0,9	1,8	2,6	3,4	4,2	5,1	6,0	6,9
	10	1,2	2,3	3,3	4,2	5,1	6,0	7,0	7,9	8,9
	12	2,3	3,6	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	10,9
	14	3,5	5,0	6,3	7,4	8,5	9,6	10,7	11,8	12,9
	16	4,6	6,4	7,8	9,1	10,3	11,4	12,6	13,7	14,8
	18	5,8	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8
	20	7,0	9,1	10,8	12,3	13,7	15,0	16,3	17,5	18,8
	22	8,1	10,5	12,3	13,9	15,4	16,8	18,1	19,4	20,7
	24	9,3	11,8	13,8	15,6	17,1	18,6	20,0	21,4	22,7
	26	10,4	13,2	15,3	17,2	18,9	20,4	21,9	23,3	24,7
	28	11,6	14,5	16,9	18,8	20,6	22,2	23,7	25,2	26,6
	30	12,7	15,9	18,4	20,4	22,3	24,0	25,6	27,1	28,6
	32	13,9	17,3	19,9	22,1	24,0	25,8	27,5	29,0	30,6
	34	15,0	18,6	21,4	23,7	25,7	27,6	29,3	31,0	32,6
	36	16,2	20,0	22,9	25,3	27,5	29,4	31,2	32,9	34,5
	38	17,4	21,3	24,4	27,0	29,2	31,2	33,0	34,8	36,5
	40	18,5	22,7	25,9	28,6	30,9	33,0	34,9	36,7	38,5
	42	19,7	24,1	27,4	30,2	32,6	34,8	36,8	38,7	40,4
	44	20,8	25,4	28,9	31,8	34,3	36,6	38,6	40,6	42,4
	46	22,0	26,8	30,4	33,5	36,1	38,4	40,5	42,5	44,4
48	23,1	28,1	32,0	35,1	37,8	40,2	42,4	44,4	46,3	
50	24,3	29,5	33,5	36,7	39,5	42,0	44,2	46,3	48,3	
52	25,4	30,9	35,0	38,3	41,2	43,8	46,1	48,3	50,3	
54	26,6	32,2	36,5	40,0	42,9	45,6	48,0	50,2	52,3	
56	27,7	33,6	38,0	41,6	44,6	47,4	49,8	52,1	54,2	
58	28,9	34,9	39,5	43,2	46,4	49,2	51,7	54,0	56,2	
60	30,0	36,3	41,0	44,8	48,1	51,0	53,5	55,9	58,2	



Die Herausforderung annehmen: Umgang mit der Kühlgrenztemperatur

Wie können Sie sich und Ihre Mitmenschen vor wetterbedingter Überhitzung schützen?

- **Baue eine Wetterstation für das Klassenzimmer:**Die Umgebungsbedingungen sollen in Echtzeit erfasst und im Falle kritischer Bedingungen eine Warnung ausgegeben werden.

Überlegen Sie, wie Sie die Gemeinschaft durch Anpassung und Organisation auf steigende Temperaturen vorbereiten und schützen können.

Variante 1 Microbit: DHT22 und Kitronik OLED



Lernziel:

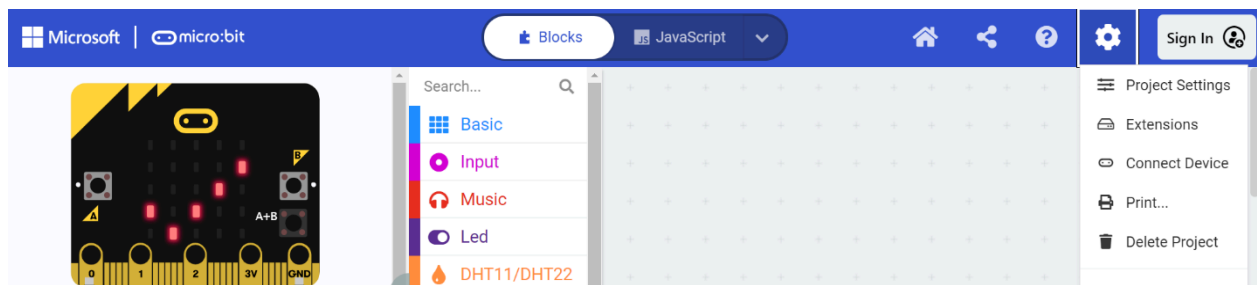
Die Schüler sollen ein Warngerät entwickeln, das die Kühlgrenztemperatur im Klassenzimmer kontinuierlich misst.

Küchenutensilien:

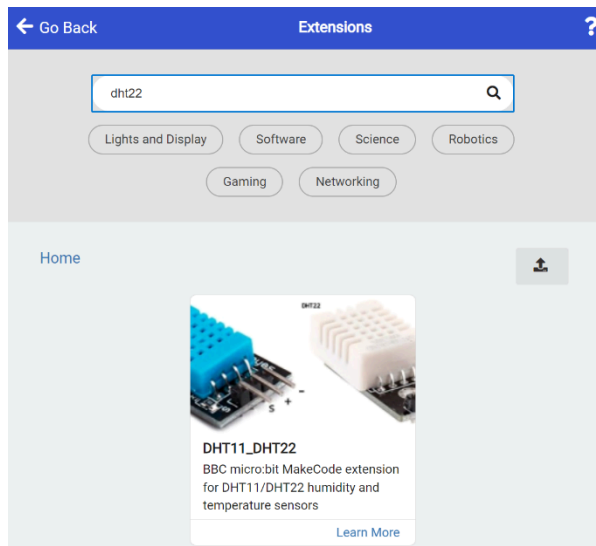
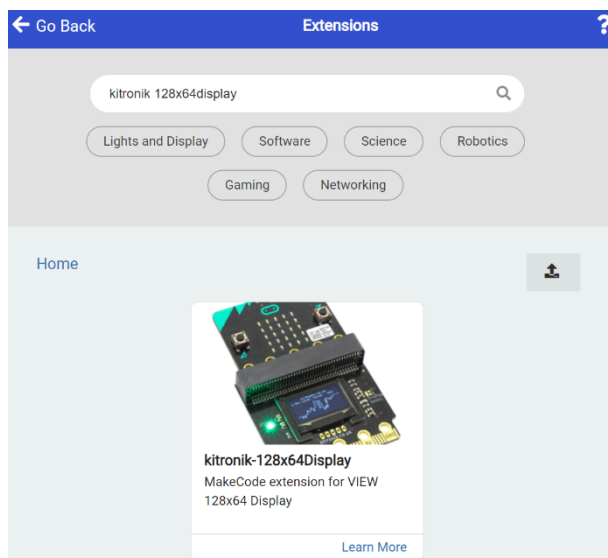
1. BBC Microbit.
2. Kitronik OLED-Display für Microbit.
3. DHT22 Temperatur- und Feuchtigkeitssensor.
4. Ein Computer mit Browser und Internetanschluss.

Notwendige Erweiterungen für Micro:bit:

Um das Display und den Sensor nutzen zu können, müssen Sie die erforderlichen Softwarebibliotheken als fertige Erweiterungen hinzufügen:

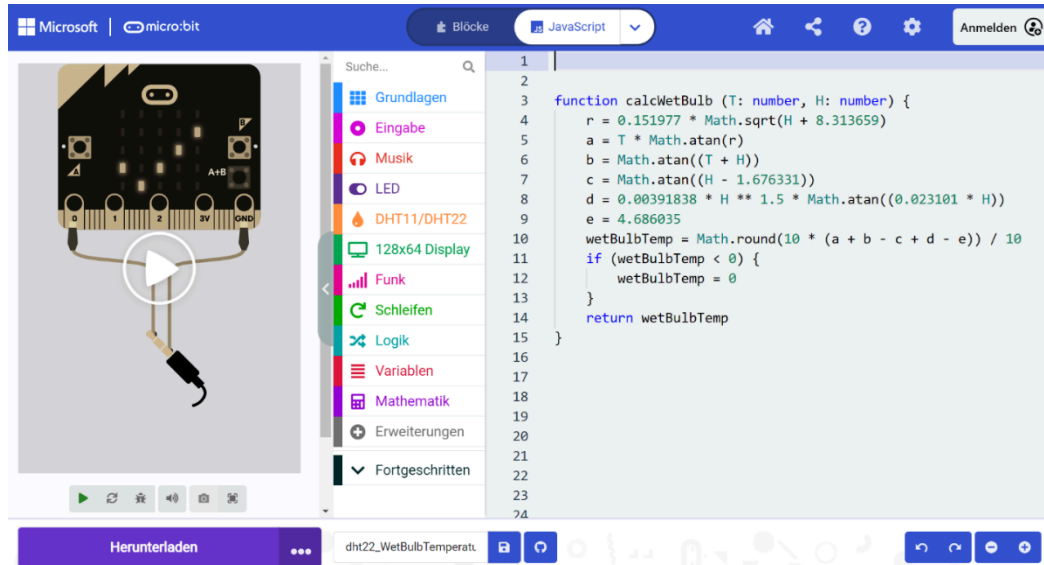


Diese beiden Erweiterungen müssen hinzugefügt werden:



JavaScript-Quellcode zur Berechnung der Kühlgrenztemperatur.

Hier wird eine einfache JavaScript-Funktion bereitgestellt, die in den JavaScript-Bereich von MakeCode kopiert und eingefügt werden kann:



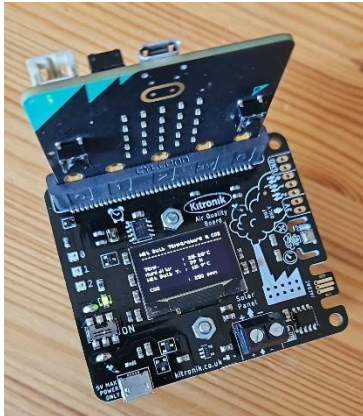
```

function calcWetBulb (T: Zahl, H: Zahl) {
  r = 0,151977 * Math.sqrt(H + 8,313659)
  a = T * Math.atan(r)
  b = Math.atan((T + H))
  c = Math.atan((H - 1.676331))
  d = 0,00391838 * H ** 1,5 * Math.atan((0,023101 * H))
  e = 4,686035
  wetBulbTemp = Math.round(10 * (a + b - c + d - e)) / 10
  if (wetBulbTemp < 0) {
    wetBulbTemp = 0
  }
  Rückgabe der Kühlgrenztemperatur
}

```



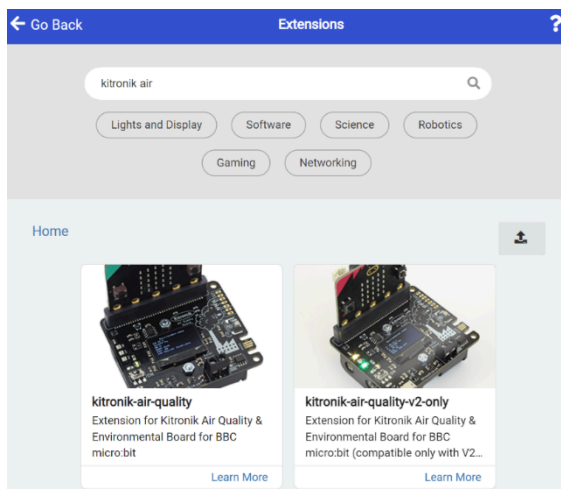
Alternative zu Microbit: Kitronik Luftqualitätstafel



Küchenutensilien:

1. BBC Microbit:
2. Kitronik-Luftqualitätsbehörde:
3. Ein Computer mit Browser und Internetanschluss

Notwendige Erweiterung für Microbit Makecode:





Variante 2 (Arduino): Seeed Grove WIO Terminal und SHT31

Küchenutensilien:

1. Seeed Grove WIO Terminal.
2. Seeed Grove SHT31.
3. Ein Computer mit Browser und Internetanschluss

Installation von Software, Platinen und Bibliotheken:

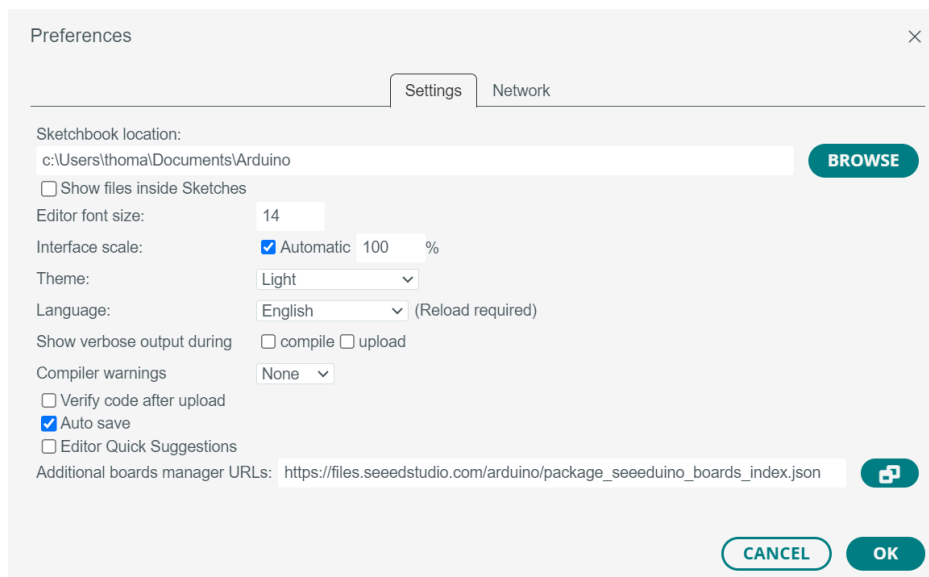
1. Arduino-Software herunterladen und installieren:

<https://www.arduino.cc/en/software>

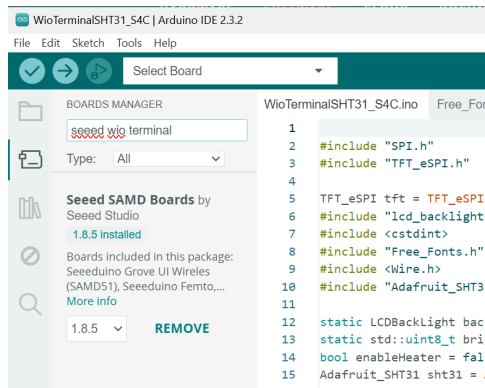
2. Fügen Sie unter Datei > Einstellungen „Zusätzliche Board-Manager-URLs:“ hinzu.



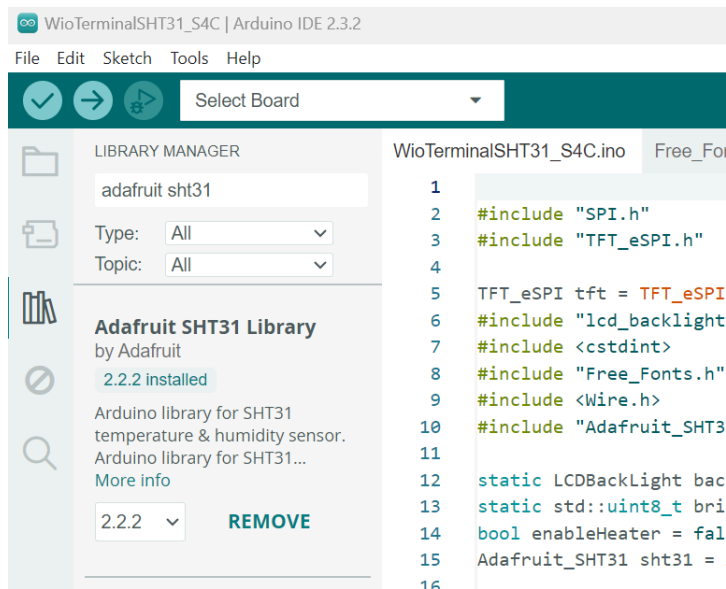
https://files.seeedstudio.com/arduino/package_seeeduino_boards_index.json



3. Fügen Sie im Menü „Board Manager“ Folgendes hinzu: **Seed Wio Terminal** als **Seed SAMD Boards**,



4. Fügen Sie im Menü „Bibliotheksmanager“ Folgendes hinzu: **Adafruit sht31** und installieren Sie es mit allen Abhängigkeiten:



5. Fügen Sie in Ihrem WIO-Terminalprojektordner die folgenden herunterladbaren Dateien hinzu:

5a: Steuerung der LCD-Hintergrundbeleuchtung:




https://github.com/cinimi/WioTerminal_BackLight/blob/master/lcd_backlight.hpp

5b: Eine kostenlose Schriftartenbibliothek für das TFT-Display des WIO-Terminals

https://github.com/Bodmer/TFT_eSPI/blob/master/examples/320x240/Free_Font_Demo/Free_Fonts.h

6. Es sollte folgendermaßen aussehen (in diesem Beispiel heißt das Projekt so):

„**WioTerminalSHT31_S4C**“:

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
 Free_Fonts.h	28.05.2024 14:05	Notepad++ Document	11 KB
 lcd_backlight.hpp	28.05.2024 14:05	HPP-Datei	5 KB
 WioTerminalSHT31_S4C.ino	28.05.2024 14:05	INO-Datei	5 KB

Beispielimplementierung: vollständiger Arduino-C-Quellcode:

```

////////////////////////////////PART 1: Includes //////////////////////////////////
#include "SPI.h"
#include "TFT_eSPI.h" // Hardware-specific library
TFT_eSPI tft = TFT_eSPI(); // Invoke custom library
#include "lcd_backlight.hpp"
#include <cstdint>
#include "Free_Fonts.h"
#include <Wire.h>
#include "Adafruit_SHT31.h"
static LCDBackLight backLight;
bool enableHeater = false;
Adafruit_SHT31 sht31 = Adafruit_SHT31();

////////////////////////////////PART 2: SETUP //////////////////////////////////
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  tft.begin();
  tft.setRotation(3);
  tft.fillScreen(tft.color565(0, 0, 0));
  backLight.initialize();
  std::uint8_t maxBrightness = backLight.getMaxBrightness();
  backLight.setBrightness(maxBrightness);
  Wire.begin();
  if (!sht31.begin(0x44)) { // Set to 0x45 for alternate i2c addr
    Serial.println("Couldn't find SHT31");
    while (1) delay(1);
  }
  Serial.print("Heater Enabled State: ");
  if (sht31.isHeaterEnabled())
    Serial.println("ENABLED");
  else
    Serial.println("DISABLED");
}

////////////////////////////////PART 3: Mainloop //////////////////////////////////
void loop() {
  float t = sht31.readTemperature();
  float h = sht31.readHumidity();
  float wetBulb = calculateWetBulb(t, h);

```

```

float heatInd = calculateHeatIndex(t, h);
int offsety = 10;
int offsetx = 130;
int initx = 10;
tft.fillRect(initx + offsetx, 13 + offsety, 160, 30, tft.color565(0, 0,
90));
tft.fillRect(initx + offsetx, 53 + offsety, 160, 30, tft.color565(0, 0,
90));
tft.fillRect(initx + offsetx, 93 + offsety, 160, 30, tft.color565(90, 0,
0));
tft.fillRect(initx + offsetx, 133 + offsety, 160, 30, tft.color565(90, 0,
0));
tft.setTextColor(TFT_WHITE);
tft.setFreeFont(FF17);
tft.drawString("Temperature: ", initx + 10, 20 + offsety);
tft.drawString(String(t) + " 'C", initx + 10 + offsetx + 20, 20 +
offsety);
tft.drawString("Rel. Humidity: ", initx + 10, 60 + offsety);
tft.drawString(String(h) + " %", initx + 10 + offsetx + 20, 60 + offsety);
tft.drawString("Wet Bulb T.: ", initx + 10, 100 + offsety);
tft.drawString(String(wetBulb) + " 'C", initx + 10 + 20 + offsetx, 100 +
offsety);
tft.drawString("Heat Index: ", initx + 10, 140 + offsety);
tft.drawString(String(heatInd) + " 'C", initx + 10 + 20 + offsetx, 140 +
offsety);
for (int i = 0; i < 255; i++) {
tft.drawLine(30 + i, 185, 30 + i, 220, tft.color565(i, 0, 255 - i));
}
int wetbulboffset = int(wetBulb * 7.3);
tft.drawRect(30 + 226, 185, 29, 35, tft.color565(250, 140, 140));
tft.drawLine(30 + wetbulboffset, 185, 30 + wetbulboffset, 220,
tft.color565(255, 255, 255));
tft.setTextColor(tft.color565(240, 140, 140));
tft.setFreeFont(FF19);
tft.drawString("!", 265, 188);
delay(50);
}

////////////////////PART 4: Functions for calculating wet bulb and heat index
////////////////////
float calculateWetBulb(float Temp, float Hum) {
float T = Temp;
float H = Hum;
float radicand = 0.151977 * sqrt(H + 8.313659);
float term1 = T * atan(radicand);
float term2 = atan(T + H);
float term3 = atan(H - 1.676331);
float term4 = 0.00391838 * pow(H, 1.5) * atan(0.023101 * H);
float term5 = 4.686035;
float wetBulbTemp = round(10 * (term1 + term2 - term3 + term4 - term5)) /
10.0;
if (wetBulbTemp < 0) {
wetBulbTemp = 0;
}
return wetBulbTemp;
}

float calculateHeatIndex(float Temp, float Hum) {
float T = Temp;

```

```
float H = Hum;
float hitzeindex = 0;
if (T >= 27) {
    hitzeindex = -8.78469 + 1.611394 * T + 2.338548 * H - 0.146116 * T * H -
0.0123081 * T * T - 0.0164248 * H * H + 0.002211732 * T * T * H + 0.0007256 *
T * H * H - 0.000003582 * T * T * H * H;
    hitzeindex = round(10 * hitzeindex) / 10.0;
}
return hitzeindex;
}
```

Sozialwissenschaftlicher Ansatz: Was lernen wir daraus?

- Mehr als 1300 Menschen starben während des Haddsch in Mekka an Hitzestress (Temperaturen über 50°C):

<https://edition.cnn.com/2024/06/24/asia/indonesia-hajj-heatwave-burial-intl-hnk/index.html>

- Mindestens 40.000 Fälle von Hitzschlag während der Hitzewelle in Indien:

<https://edition.cnn.com/2024/06/21/india/india-delhi-nighttime-heatwave-climate-intl-hnk/index.html>

- Im Sommer 2024 starben viele Menschen in Athen während einer Hitzewelle:

<https://edition.cnn.com/2024/06/12/climate/greece-shuts-acropolis-heat-climate-intl/index.html>

Wie können wir diese Szenarien verhindern und unsere Gemeinschaft schützen und darauf vorbereiten?

Besprechen Sie das Thema im Unterricht und entwickeln Sie mögliche Lösungsansätze. Im Idealfall verbinden Sie dies mit einer direkten Umsetzungsmöglichkeit. Beispiele für relevante Fragen wären:

1. *Wie können Sie Ihre Mitschüler bei extrem hohen Kühlgrenztemperaturen schützen? Welche Verhaltensregeln sollten gelten?*
2. *Ist es notwendig, das Schulgebäude anzupassen – beispielsweise mit Wasserspendern, Warnschildern, ausgewiesenen Kühlzonen und gegebenenfalls vorbereiteten Räumen?*
3. *Falls genügend Räume zur Verfügung stehen: Sollten diese Räume vielleicht auch Personen zugänglich gemacht werden, die nicht zur Schule gehören, wie z. B. Passanten?*



Sollte beispielsweise benachbarten Kindergärten oder Seniorenheimen Hilfe angeboten werden?