

Gefördert vom:



Bundesministerium
für Bildung, Familie, Senioren,
Frauen und Jugend

Konstruktionsplan

Zum Experiment „Wärmedämmung“



AdUmint



Pädagogische Hochschule Freiburg
Université des Sciences de l'Éducation · University of Education

Konstruktionsplan zum Versuch "Wärmedämmung"

- Anleitung für Lehrkräfte –

Inhaltverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Material- und Werkzeugliste.....	3
3. Holzbau	6
4. Elektronik.....	9
5. Arduino-Nano-Sketch	10
6. Sicherheitshinweise.....	12

1. Einleitung

Das Hausmodell besteht aus einem Holzgehäuse mit zwei Kammern (Abbildung 1), das vollständig von der Lehrkraft vorbereitet wird. In einer Wärmekammer befindet sich eine 150-W-Lampe, die als konstante Wärmequelle dient. Die Temperatur wird mithilfe eines digitalen Temperatursensors erfasst und über eine Arduino-Steuerung im Regelbetrieb auf etwa 80 °C begrenzt. Zusätzlich ist ein mechanischer Bimetall-Thermoschalter integriert, der bei 100 °C den Stromkreis der Lampe unabhängig unterbricht und somit eine zusätzliche Sicherheitsebene darstellt.

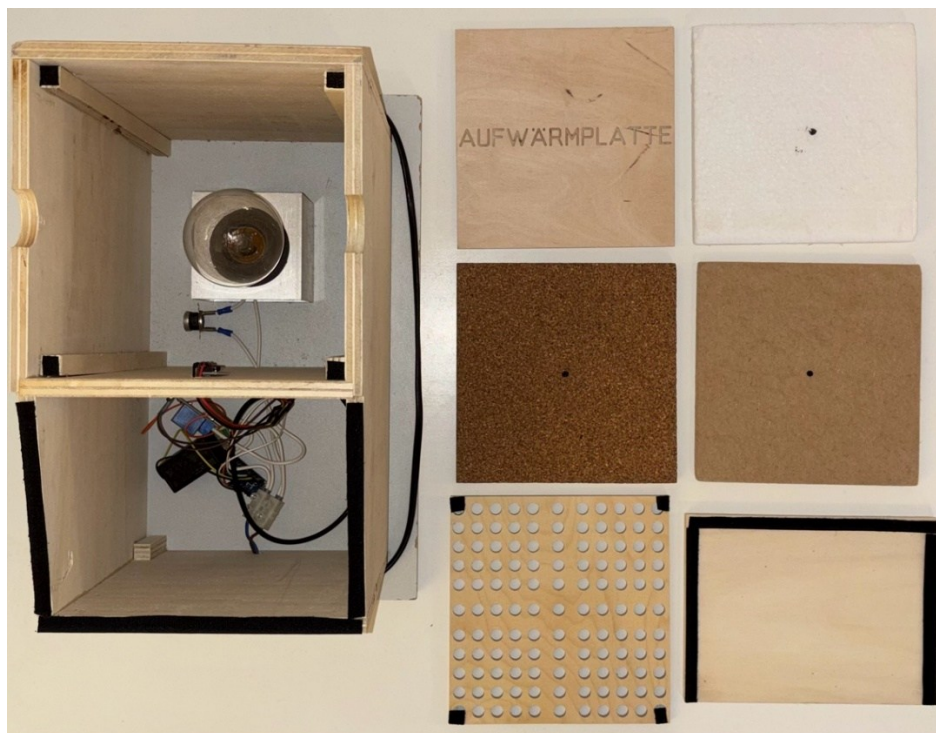


Abbildung 1. Innenansicht Hausmodell mit Einlegeplatten sowie Lochplatte und Abdeckung

2. Material- und Werkzeugliste

2.1 Testmaterialien

Um einen identischen Vergleich der Wärmeisolationsefähigkeit zu gewährleisten, müssen sich die Abmessungen (Tabelle 1) aller Teststücke gleichen.

Tabelle 1. Abmessungen der Teststücke

Teststück	Abmessungen
Holzfaserdämmplatte	17,5 × 17,5 × 0,8 cm
Kork	
Styropor	

2.2 Holzmaterialien für das Gehäuse

Für den Aufbau des Versuchsgehäuses stehen zwei Varianten zur Verfügung:

Option A. Vollständig aus Multiplex gefertigtes Gehäuse → einheitliche Konstruktion und übersichtlicher Zuschnitt (Tabelle 2).

Option B. Falls besonders massive Bodenplatte vorhanden oder eine erhöhte Standfestigkeit erforderlich → separate Ausführung der Bodenplatte, der restliche Aufbau bleibt unverändert (Tabelle 3).

Tabelle 2. Option A - einheitliche Konstruktion

Bauteil	Material	Stärke (mm)	Maße (cm)	Anzahl	Hinweis
Gesamtplatte	Multiplex	9	188,5 × 237,8	1	Zuschnittsgrundlage
Vorderseite			20 × 24,5		-
Rückseite			20 x 29,5		-
Außenseite			29,5 x 32,5	2	-
Zwischenwand			19 x 29,5	1	Trennung Mess-/Wärmekammer
Öffnungsklappe			15,5 x 20		Abdeckung für die Elektronik
Aufwärmplatte			17,5 x 17,5		-
Lochrasterplatte			20 x 34,3		Schutz vor der Glühbirne
Bodenplatte (Option A)					-

Tabelle 3. Option B - falls massivere Bodenplatte vorhanden

Bauteil	Material	Stärke (mm)	Maße (cm)	Anzahl	Hinweis
Gesamtplatte	Multiplex	9	168,5 x 203,5	1	Reduzierter Zuschnitt
Bodenplatte	-	20	40 x 25		Mit 0,5cm eingefräster Einlassung

2.3 Verstärkungs- & Einbauteile

Bauteil	Material	Einsatzbereich	Maße (cm)	Anzahl	Hinweis
Verstärkungsleisten	Restholz/ Multiplex	Kammer 1 (Elektronik)	5 x 1,5 x 1,5	4	Stabilisierung für Kammer
Verstärkungs- und Auflageleisten	Restholz/ Multiplex	Kammer 2 (Wärmekammer)	27 x 1,5 x 1,5		Stabilisierung und Auflagefläche
Holzleim	-	Verbindung für das Holz	-	-	-
Selbstklebendes Klettband		Befestigung Lochrasterplatte und Öffnungsklappe			Lösbare Fixierung für Lochraster und Öffnungsklappe

2.4 Elektronische Komponenten

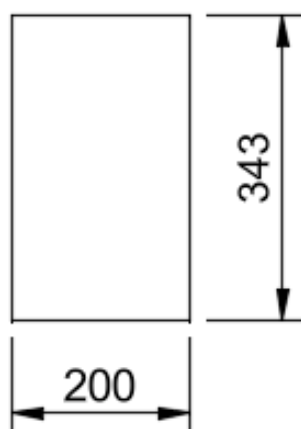
Bauteil	Spezifikation / Typ	Anzahl	Hinweis
Mikrocontroller	Arduino Nano (Standard)	1	Empfohlene Variante
(Alternativer Mikrocontroller)	z. BESP32		bei angepasstem Sketch und Pinbelegung
Temperatursensor	DS18B20 auf Trägerplatine, 3-Pin, OneWire		Integrierter Pull-up-Widerstand
Relaismodul	5 V, Active HIGH		Passend zum verwendeten Sketch
Schaltnetzteil	Mean Well IRM-05-12, 12 V DC		Versorgung der Lampe
Thermoschalter	Bimetall, 100 °C		Mechanische Notabschaltung
Lampenfassung	E27		Halterung für Wärmequelle
Glühlampe	E27, 150 W		Wärmequelle
Netzkabel	Eurostecker mit Schalter		Netzanschluss
Lüsterklemmen	-	nach Bedarf	Sichere Verdrahtung
Jumperkabel			Steckverbindungen
Schrumpfschläuche			Isolierung von Verbindungen

2.5 Mess-, Hilfs- und Werkzeuge

Kategorie	Bezeichnung	Einsatz	Hinweis
Messgerät	Infrarot-Temperaturmessgerät	Berührungslose Messung der Oberflächentemperatur	Schüler*innenbedienung
Hilfsmittel	Markierungsstift	Kennzeichnung des Messpunkts	für reproduzierbare Messungen
Werkzeug	Formatkreissäge oder Stichsäge	Zuschnitt der Holzbauteile	Alternative je nach Ausstattung
	Bohrer	Ø 10 mm	Bohrungen der Lochrasterplatte
	Schleifpapier oder Feile	-	Kantenbearbeitung
	Abisolierzange		Vorbereitung elektrischer Leitungen
	Seitenschneider		Kabelzuschnitt
	CRIMP-Zange		Kabelverbindungen
	Schraubendreher		Montage elektrischer Bauteile
	Heißluftföhn		Schrumpfen der Schrumpfschläuche

3. Holzbau

3.1 Bodenplatte



Für den Aufbau des Holzgehäuses stehen zwei gleichwertige Varianten für die Bodenplatte zur Verfügung. Beide Varianten sind funktional geeignet und unterscheiden sich lediglich in Materialwahl und Fertigungsaufwand. Die Entscheidung kann abhängig von vorhandenen Materialien, Werkstattausstattung oder didaktischen Gesichtspunkten getroffen werden.

Option A (Abbildung 2): In der Standardvariante besteht die Bodenplatte aus einem Stück Multiplex und besitzt die Maße $20 \times 34,3 \times 0,9$ cm. Sie bildet die tragende Basis des gesamten Gehäuses. Die Bodenplatte wird plan zugeschnitten und dient als Ausgangspunkt für den weiteren Aufbau.

Abbildung 2. Technische Zeichnung Bodenplatte Option A

Der Aufbau des Gehäuses erfolgt anschließend schrittweise auf dieser Bodenplatte. Die Seitenwände, die Vorder- und Rückseite sowie die Zwischenwand werden nacheinander mit Holzleim auf die Oberseite der Bodenplatte aufgesetzt und rechtwinklig ausgerichtet. Die senkrechten Gehäuseteile werden dabei stirnseitig mit der Bodenplatte verleimt.

Option B (Abbildung 3. Technische Zeichnung Bodenplatte - Option B): Diese Bodenplatte bildet die stabile Basis des gesamten Gehäuses. In die Oberfläche wird eine 0,5 cm tiefe Einlassung eingefräst, sodass die umlaufenden Gehäuseteile formschlüssig eingesetzt werden können. Die Einlassung beginnt auf der Längsseite jeweils 3 cm vom Rand entfernt und auf der Querseite jeweils 2,5 cm vom Rand entfernt.

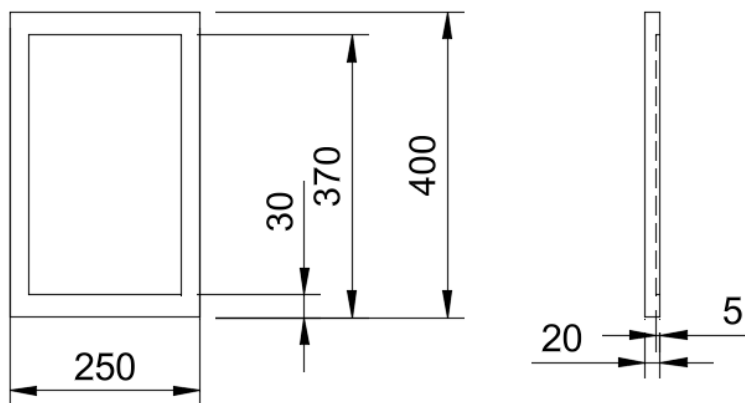


Abbildung 3. Technische Zeichnung Bodenplatte - Option B

3.2 Außenseiten

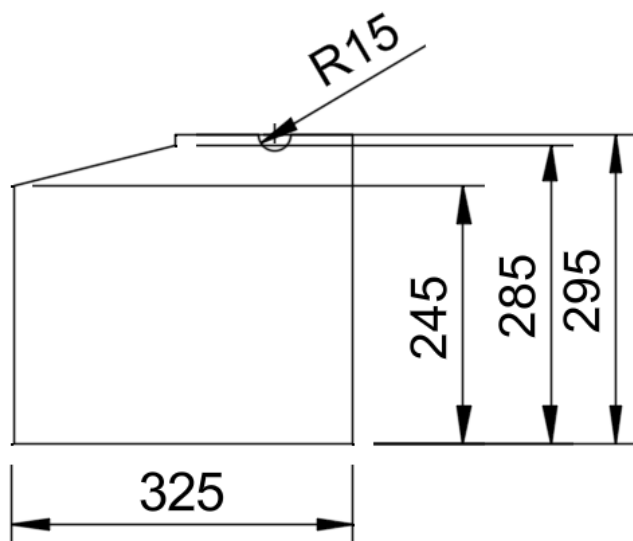


Abbildung 4. Technische Zeichnung Außenseite

Die beiden Außenseiten mit je $29,5 \times 32,5$ cm erhalten mehrere charakteristische Aussparungen: eine dreieckige Ausfräsung, die an der langen Seite in 13,5 cm Höhe beginnt, einen kleinen Halbkreis zum Herausheben der Teststücke auf einer Höhe von 23,5 cm sowie eine durchgehende Nut von 1 cm Tiefe bei 13,5 cm. Diese Nut dient zur Aufnahme der Zwischenwand und gewährleistet eine saubere Trennung von Elektronik- und Wärmekammer.

3.3 Zwischenwand

Die Zwischenwand mit $19 \times 29,5$ cm verfügt über zwei 0,5 cm breite Kabeldurchführungen, die exakt bei 1,5 cm und 25 cm Höhe sowie 9,5 cm von der Unterkante gesetzt werden.

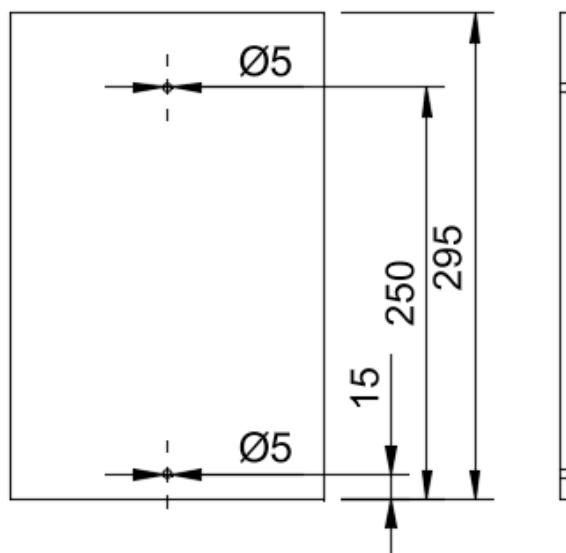


Abbildung 5. Technische Zeichnung Zwischenwand

3.4 Innenseite

Auf die Innenseiten der beiden Kammern werden die Verstärkungsleisten aufgeleimt. In Kammer 1 stabilisieren vier kurze Leisten die Konstruktion und dienen als Auflage für die Elektronik. In Kammer 2 liegen vier längere Leisten in den Ecken an und tragen später sowohl die Aufwärmplatte ($17,5 \times 17,5$ cm) als auch die Lochrasterplatte. Die Lochrasterplatte wird dabei mithilfe von selbstklebendem, hitzebeständigem Klettband auf den Auflageleisten fixiert, sodass sie sicher gehalten, aber bei Bedarf werkzeuglos entnommen werden kann.

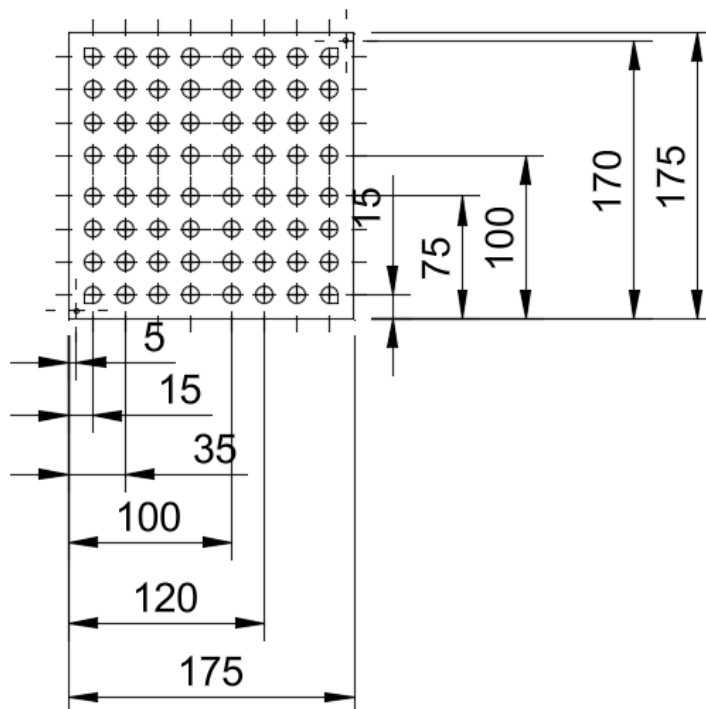
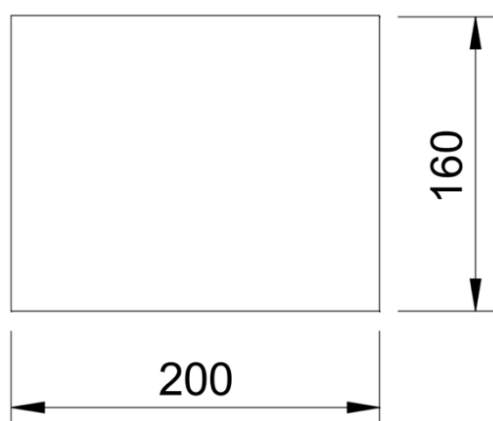


Abbildung 6. Technische Zeichnung Lochrasterplatte



Die **Öffnungsklappe** ($15,5 \times 20$ cm) wird mittels hitzebeständigem Klettband befestigt und dient als Zugang zur Elektronikammer. Die Streifen des Klettband gehen einmal an der Kante entlang, sodass sich die Klappe problemlos nach abnehmen lässt.

Abbildung 7. Technische Zeichnung Öffnungsklappe

Nach dem Verleimen und Verschrauben aller Teile wird die Lochplatte eingelegt. Sie trägt das Testmaterial und verhindert sowohl den Kontakt der Schüler*innen mit der Lampe als auch das Abrutschen der Teststücke.

3.5 Montage der Lampenfassung

Nach dem vollständigen Aufbau des Holzgehäuses und der Montage der Elektronik wird die E27-Lampenfassung in der Wärmekammer (Kammer 2) montiert. Die Position der Fassung ist so zu wählen, dass die Lampe mittig unter der Lochrasterplatte sitzt. Die Lampenfassung wird fest mit der Bodenplatte verschraubt. Die Zuleitungen müssen spannungsfrei geführt sein. Die elektrische Verdrahtung der Lampenfassung erfolgt erst, nachdem die Elektronik vollständig aufgebaut und überprüft wurde.

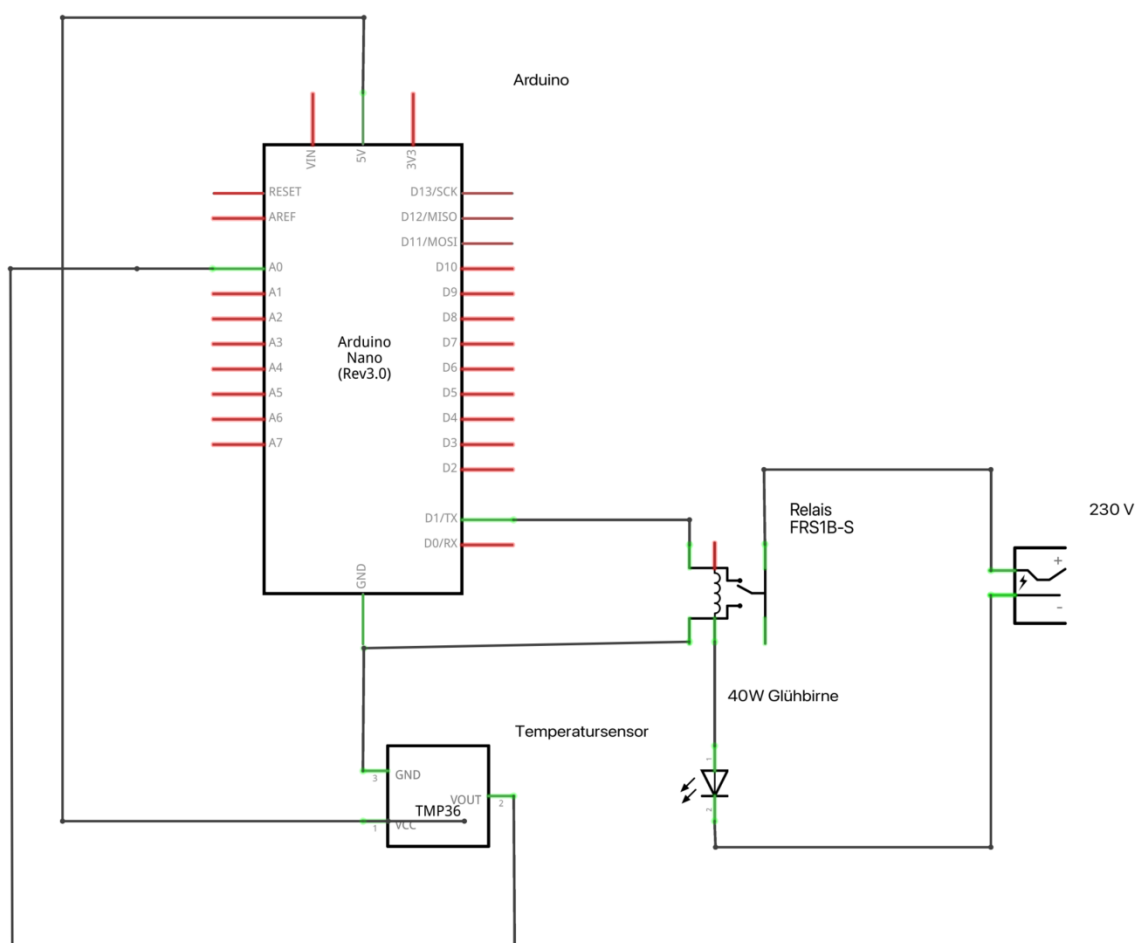
4. Elektronik

Das Netzkabel wird an die Lüsterklemme angeschlossen: Phase (braun) rechts, Neutraleiter (blau) links. Die Phase wird über CRIMP-Abzweig zum L-Eingang des Mean-Well-Netzteils und zum COM-Anschluss des Relaismoduls geführt. Der Neutraleiter wird aufgeteilt zum N-Eingang des Netzteils und zum Bimetall-Thermoschalter.

Der Thermoschalter (Auslösetemperatur 100 °C) ist in Reihe zur E27-Lampenfassung geschaltet und dient als unabhängige Sicherheitsabschaltung. Von der Lampenfassung führt ein Kabel zurück zum NO-Kontakt des Relaismoduls. Die Lampe leuchtet nur bei aktiviertem Relais und schaltet bei Überhitzung automatisch ab – auch bei Arduino-Ausfall.

Das Mean-Well-Netzteil wandelt 230 V in 12 V DC um und versorgt den Arduino Nano (VIN/GND). Alternativ kann ein ESP32 o.ä. verwendet werden.

Das Relaismodul (5V, GND, Steuerung über D4) schaltet die Lampe temperaturabhängig. Ein DS18B20-Sensor (5V, GND, Datenleitung D2) misst kontinuierlich die Temperatur. Der Arduino schaltet die Lampe bei $<80\text{ °C}$ ein und bei $\geq 80\text{ °C}$ aus. Durch thermische Trägheit sind leichte Schwankungen um den Sollwert möglich.



fritzing

Abbildung 8. Schaltplan Temperaturregelung

Hinweis: Im vorliegenden Aufbau wird statt eines analogen Sensors ein digitaler DS18B20 eingesetzt. Zusätzlich ist ein mechanischer Thermoschalter integriert, der bei 100 °C als unabhängige Sicherheitsabschaltung den Lampenkreis unterbricht und damit den Aufbau gegenüber dem dargestellten Schaltplan sicherer macht.

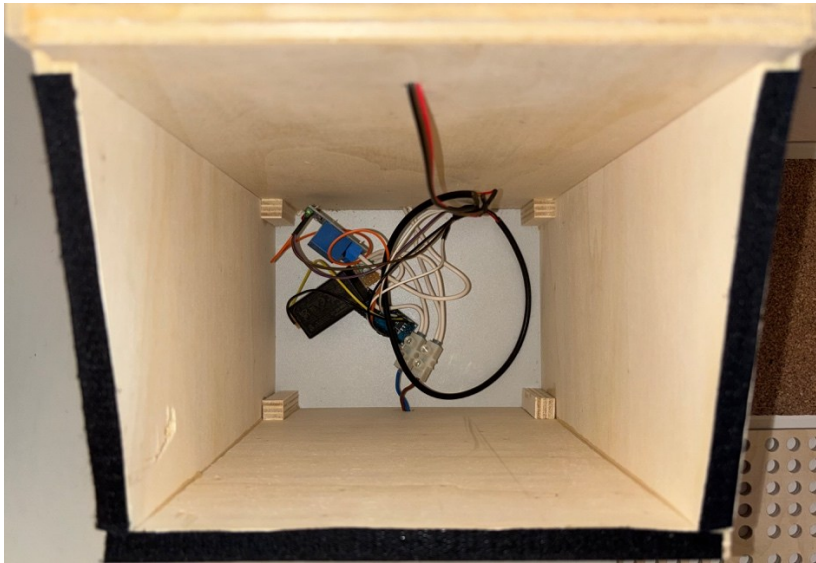


Abbildung 9. Kammer 1 - Sicht von oben



Abbildung 10. Kammer 2 - Sicht von oben

5. Arduino-Nano-Sketch

Der Arduino misst mit einem digitalen Temperatursensor kontinuierlich die Temperatur im Hausmodell. Abhängig vom gemessenen Temperaturwert steuert er über ein Relais die Lampe: Liegt die Temperatur unter dem eingestellten Schwellenwert, wird die

Lampe eingeschaltet, steigt die Temperatur darüber, wird sie ausgeschaltet. Auf diese Weise sorgt der Arduino für eine automatische Temperatursteuerung innerhalb des Hausmodells. Die aktuelle Temperatur sowie der Schaltzustand des Relais werden zur Kontrolle im seriellen Monitor angezeigt.

5.1 Sketch für den Mikrokontroller

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

const int RELAY_PIN = 4;
const int TEMP_PIN = 2;
const float LOW_TEMP_THRESHOLD = 80.0;

OneWire oneWire(TEMP_PIN);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup() {
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  pinMode(TEMP_PIN, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures();
  float tempC = sensors.getTempCByIndex(0);
  Serial.println("Temperatur: " + String(tempC) + " C");

  if (tempC < LOW_TEMP_THRESHOLD) {
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    Serial.println("Relais eingeschaltet.");
  }
  else {
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
    Serial.println("Relais ausgeschaltet.");
  }

  delay(1000);
}
```

6. Sicherheitshinweise

Beim Bau des Holzgehäuses sind grundlegende Arbeitsschutzmaßnahmen einzuhalten. Dazu gehören das Tragen einer Schutzbrille und eines Gehörschutzes sowie das sichere Fixieren aller Werkstücke während des Sägens, Bohrens oder Fräsens. Nach dem Zuschnitt sind scharfe Kanten zu brechen. Fräsarbeiten dürfen ausschließlich an sicher eingespannten Werkstücken durchgeführt werden.

Im Bereich der Elektronik besteht durch die Verwendung von Netzspannung (230 V) ein erhöhtes Gefährdungspotenzial. Alle Verbindungen zwischen Netzkabel, Lüsterklemme, Schaltnetzteil und Relais müssen fachgerecht ausgeführt und vollständig isoliert sein. Offene oder spannungsführende Kontakte dürfen in der fertigen Apparatur nicht zugänglich sein. Schrumpfschläuche sind an sämtlichen Crimp-, Löt- und Schraubverbindungen zwingend zu verwenden. Arbeiten an der Elektrik dürfen nur im spannungsfreien Zustand erfolgen.

Während des Betriebs entsteht durch die 150-W-Lampe eine erhebliche Wärmeentwicklung. Die Temperatur wird im Normalbetrieb durch die Arduino-Steuerung auf etwa 80 °C begrenzt. Zusätzlich ist ein mechanischer Bimetall-Thermoschalter in den Lampenkreis integriert, der bei 100 °C als unabhängige Notabschaltung den Stromkreis automatisch unterbricht. Diese doppelte Absicherung gewährleistet einen sicheren Betrieb auch bei Fehlfunktionen der Elektronik.

Das Gehäuse darf während des Betriebs ausschließlich geschlossen betrieben werden. Schüler*innen dürfen zu keinem Zeitpunkt in die beiden Kammern greifen oder diese öffnen. Der Kontakt mit dem Versuchsaufbau erfolgt ausschließlich über das Auflegen der vorbereiteten Teststücke auf die Lochrasterplatte sowie über die berührungslose Temperaturmessung mit dem Infrarot-Thermometer.

Über das Projekt:



Das vom BMBFSFJ geförderte Projekt "Adaptive Unterstützung in MINT-Lernumgebungen" (AdUmint) hat das Ziel, die Experimentierkompetenz und die Selbstwirksamkeitserwartung von Schüler*innen der 6. Klassen im Bereich MINT zu fördern. Dazu werden im Rahmen von vier praktischen Hands-On MINT-Experimenten zu verschiedenen Aspekten des Klimawandels digitale barrierearme Anleitungen in unterschiedlichen Darstellungsformen eingesetzt. Die Schüler*innen werden darüber hinaus mit gestuften Lernhilfen während des Lernprozesses unterstützt.

Die vorgestellten Materialien wurden im Rahmen dieses Projekts (Förderzeitraum: 2022–2026) an der Pädagogischen Hochschule Freiburg entwickelt.