

Sebastian Laudage*, Florian Bernlochner, Barbara Valeriani-Kaminski, Maike Hansen

Workshops zur Konstruktion von DIY Teilchendetektoren

DPG Frühjahrstagung 2024

Datum: 07.03.2024

Sebastian Laudage, 07.02.2024



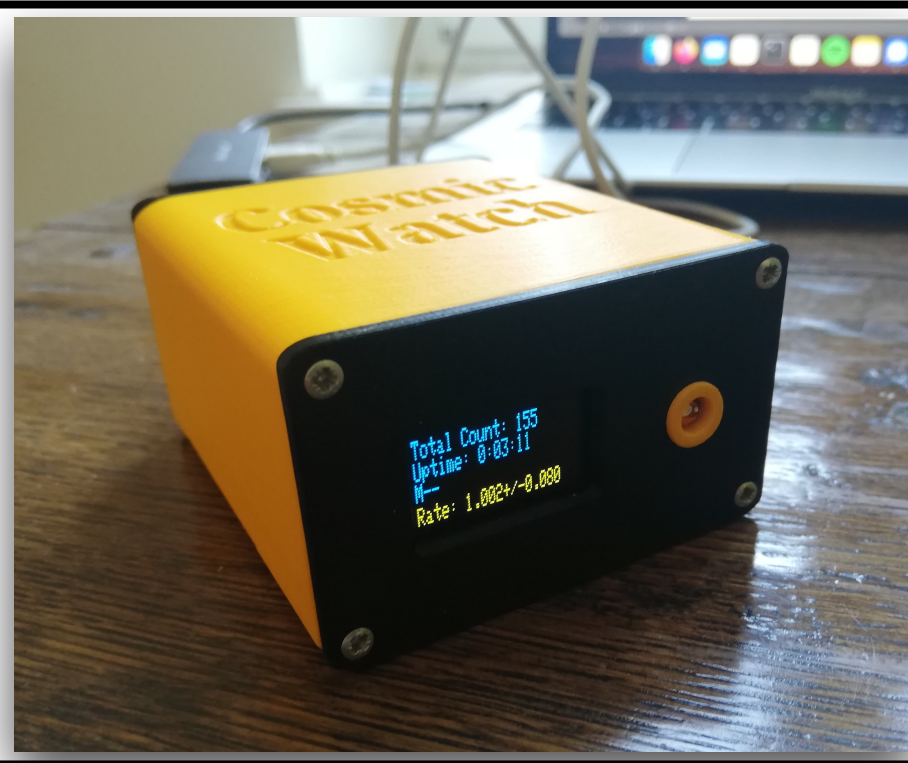
„Bau dir deinen eigenen Teilchendetektor“



- **Detektorworkshops** zum Bau von kleinen Teilchendetektoren zu bestehenden und neuen DIY Konzepten an der Uni Bonn
- **Hands on Erfahrung** in professioneller Umgebung gibt Einblick in die praktische Arbeit der Wissenschaft
- **Tiefes Verständnis** möglich, aber nicht nötig für eine nachhaltige und positive Erfahrung
- **Verschiedene Konzepte** mit Unterschieden in Funktionsprinzip, Komplexität und Dauer des Baus

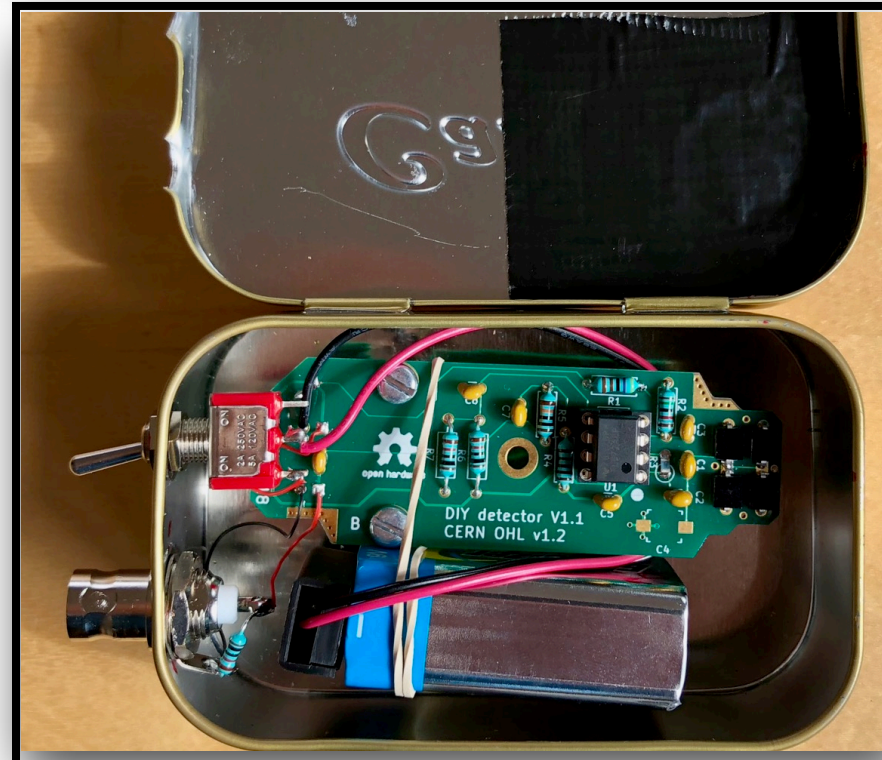
1. Cosmic Watch Workshop
Dauer: 3 Tage
Reine Bauzeit: 8 Stunden

@<http://www.cosmicwatch.lns.mit.edu/detector/>



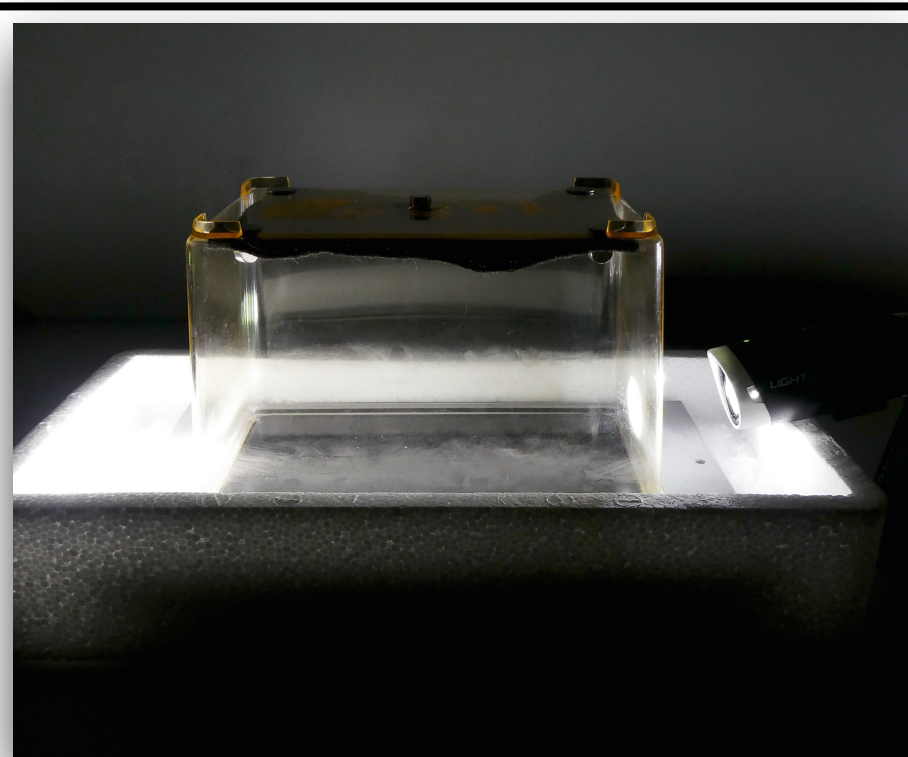
2. DIY Particle Detector
Dauer: 1 Tag
Reine Bauzeit: 3 Stunden

@https://github.com/ozel/DIY_particle_detector



3. Nebelkammern
Dauer: ~1 Stunde
Reine Bauzeit: ~15 Minuten

@<https://www.desy.de/schule/schuelerlabore/>



Cosmic Watch Workshop



Sebastian Laudage, 07.02.2024



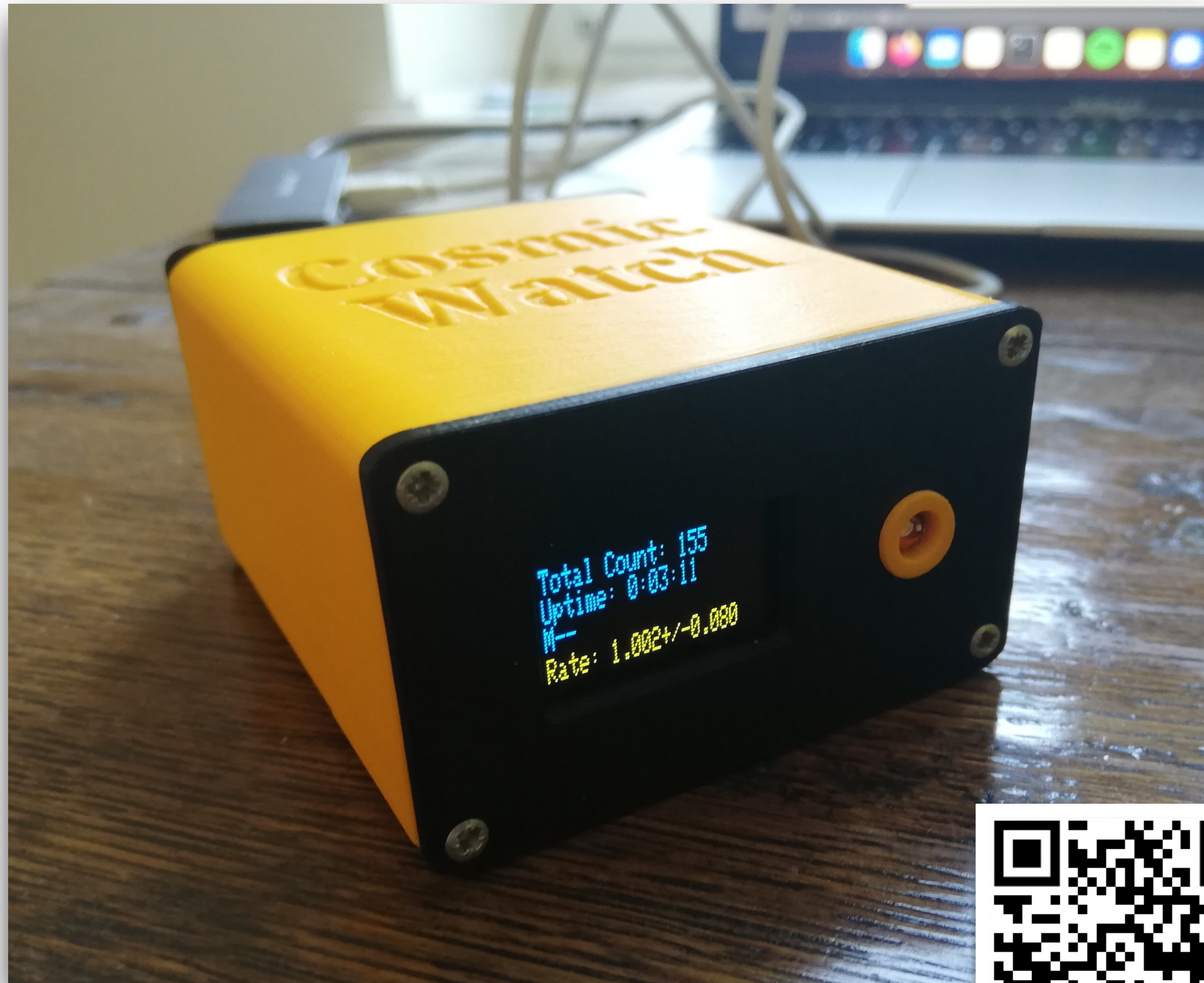
NETZWERK
TEILCHENWELT



Cosmic Watch Workshop

| Zeit | Tag 1 | Tag 2 | Tag 3 |
|-------------|---|---|---------------------------------------|
| 9:00-10:00 | Kennenlernspiele | Führungen im FTD | Nebelkammerworkshop |
| 10:00-12:00 | Vorlesung: Einführung in die Teilchenphysik | Vorlesung: Einführung in die Detektorphysik | Messungen mit eigenen Detektoren |
| 13:00-14:00 | Mittagspause | Mittagspause | Vorstellen der Messungen in Konferenz |
| 13:00-17:00 | Hands-On Session | Hands-On Session | Gemeinsamer Ausklang |

Cosmic Watch Workshop

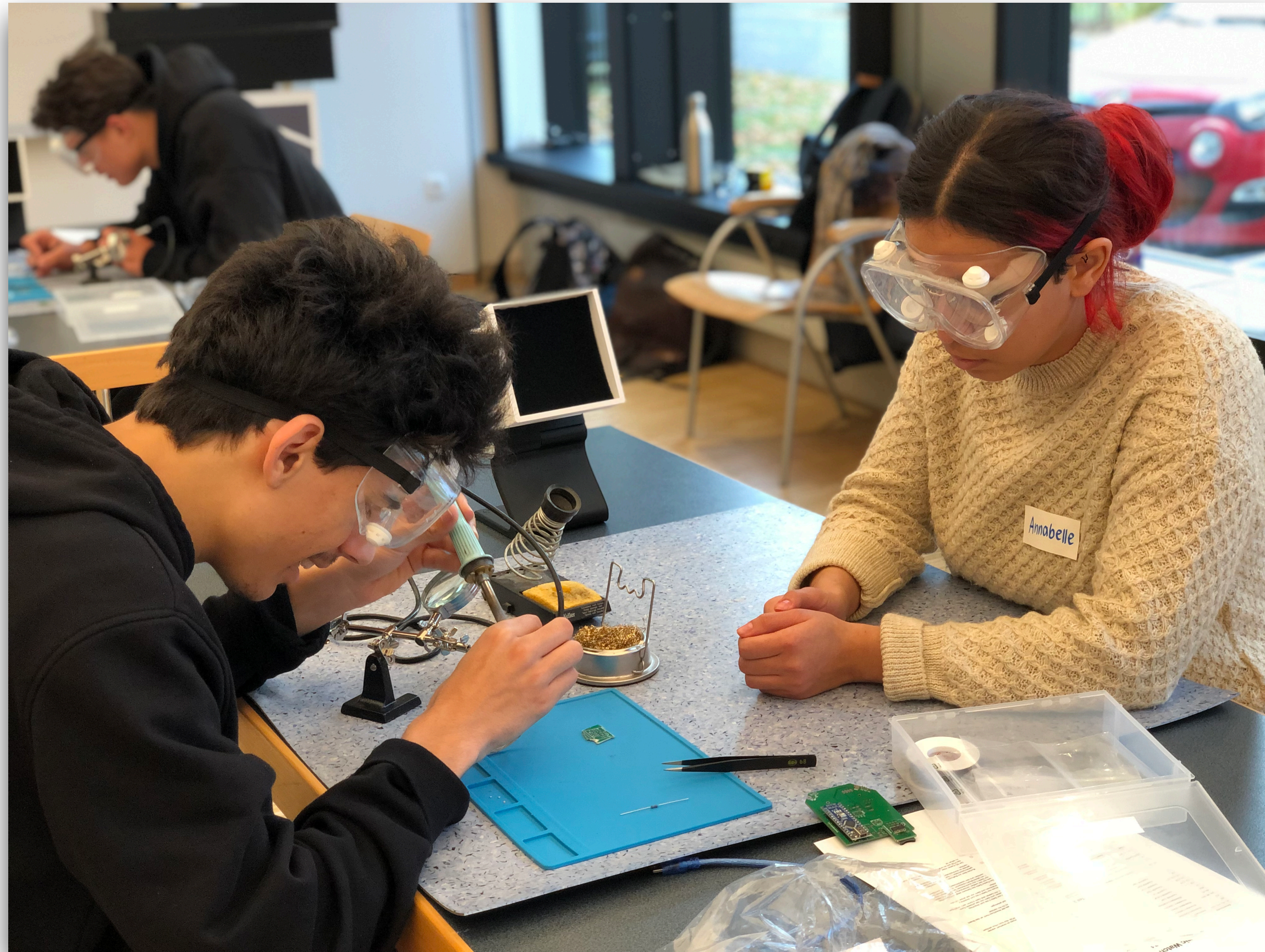


Webseite Cosmic Watch —>



- Open Source Design von Spencer Axani (PhD am MIT)
- Szintillator-SiPM Kombination zum detektieren von kosmischer und radioaktiver Strahlung
- Raten-, Energie- und Richtungsmessungen möglich
- Mobiler Einsatz durch Akku, LED Screen und SD-Karten Auslese möglich
- Kosten pro Detektor ~100 - 150 €

Hands-On Sessions



- Detektorbau in **Zweiergruppen** um Betreuungsaufwand zu erleichtern
- Einführungsvortrag mit Details (ca. 20 Minuten) vor jeder Session
- **Ausgedruckte Bauanleitungen** für jede Gruppe um individuelles Arbeitstempo zu ermöglichen

Hands-On Sessions

Cosmic Watch - SMD Referenz

Teil 1

| Bezeichnung | Wert | Seite | Richtung | Erladigt | Notiz |
|------------------|---------------------|-------|----------|--------------------------|-------|
| R1, R5, R16, R20 | Widerstand 10kOhm | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| R2 | Widerstand 226kOhm | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| R3 | Widerstand 249Ohm | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| R4, R8, R15 | Widerstand 1kOhm | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| R6, R7 | Widerstand 100kOhm | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| R24 | Widerstand 24.9kOhm | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C1 | Kapazität 22pF | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C2 | Kapazität 0.47uF | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C3, C18 | Kapazität 1uF | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C4, C16 | Kapazität 10uF | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C5, C15, C17 | Kapazität 0.1uF | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C6 | Kapazität 20nF | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C7 | Kapazität 10pF | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |

Teil 2

| | | | | | |
|-------------|----------------------------|---|-------------------------|--------------------------|--|
| D1, D2 | Schottky Diode 40V 500mA | 1 | !!!Richtung beachten!!! | <input type="checkbox"/> | Der Strich auf der Diode muss so orientiert werden wie der Strich auf dem PCB. Nur kurz Hitze erhitzen. |
| L1 | Spule 47uH 170mA | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| L2 | 2.5kOhm Bleikern | 1 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| OLED header | 4-pin header | 1 | Richtung offensichtlich | <input type="checkbox"/> | Achtet darauf, dass der Anschluss flach an das Board gepresst ist wenn ihr ihn verlötet. |
| 3.5 mm Jack | Aux Anschluss | 2 | Richtung offensichtlich | <input type="checkbox"/> | Vor Reset Knopf anbringen. |
| Reset | Reset Knopf | 2 | Richtung offensichtlich | <input type="checkbox"/> | Der Knopf von Seite 2 bis zum Anschlag durchstecken und dann von der anderen Seite verlöten. Am besten erst nach 3.5mm Jack anbringen. |
| BNC | BNC Anschluss | 2 | Richtung offensichtlich | <input type="checkbox"/> | Anschluss von Seite 2 bis zum Anschlag durchstecken und dann von der anderen Seite verlöten. |
| Temp | Temperatur Sensor | 2 | !!!Richtung beachten!!! | <input type="checkbox"/> | Die flache Seite des Sensors zeigt zur Boardmitte, wie von der weißen Umrandung indiziert. Die Drähte von Seite 2 aus durchstecken bis der Sensor ungefähr 1 cm (abschätzen) rausguckt. Von der anderen Seite verlöten und den überschüssigen Draht abknipsen. |
| SIPM | 6 Pin Stecker für SiPM PCB | 2 | - | <input type="checkbox"/> | - |
| LED | Leuchtdiode | 2 | !!!Richtung beachten!!! | <input type="checkbox"/> | Kurzes Bein zur Kathode, also das kurze Bein zum gekennzeichneten (-) Symbol. Drähte von Seite 2 aus gerade so durchschieben und von der anderen Seite verlöten. |
| SD-Card PCB | SD-Card PCB anbringen | 1 | !!!Richtung beachten!!! | <input type="checkbox"/> | Der SD-Karten Adapter soll nach hinten zeigen und das PCB soll so orientiert sein, dass der Adapter oben zu sehen ist. |

Cosmic Watch - Tag 2

Teil 1

| Bezeichnung | Wert | Seite | Richtung | Erladigt | Notiz |
|------------------|--------------------|-------|----------|--------------------------|-------|
| R11, R12, R13 | Widerstand 49.9Ohm | - | - | <input type="checkbox"/> | - |
| C8, C9, C10, C11 | Kapazität 10nF | - | - | <input type="checkbox"/> | - |
| 6-Pin Header | 6-Pin Header | - | - | <input type="checkbox"/> | - |

Teil 2

| Aufgabe | Erladigt | Notiz |
|--|--------------------------|---|
| Szintillator polieren | <input type="checkbox"/> | Mit einem Heißluftföhn in Begleitung die äußere Schicht des Plastik Szintillators zum schmelzen bringen um glatte und durchsichtige Oberfläche zu erzeugen. |
| Szintillator in Alufolie packen | <input type="checkbox"/> | Bis auf ein Quadrat an der Seite der Bohrlöcher soll der Szintillator in Alufolie verpackt werden. Die Alufolie und eventuell das Tape an der Stelle der Bohrlöcher mit einer Pinzette durchstoßen. |
| Szintillator mit SiPM-PCB verschrauben | <input type="checkbox"/> | Der Szintillator wird mit dem SiPM-PCB verschraubt. Vorher muss auf die Kontaktfläche ein kleiner Tropfen Silikonfett aufgetragen werden um einen besseren optischen Übergang zu gewährleisten. Diese Aufgabe auch nur begleitet durchführen. |
| Alles zusammen Führen | <input type="checkbox"/> | Jetzt kann das SiPM-PCB mit dem Main-PCB zusammengesteckt werden und der Arduino kann das erste mal mit dem Strom verbunden werden. |
| Case | <input type="checkbox"/> | Wenn der Detektor funktioniert, kann er in das Case geschraubt werden. |

Messungen



Sebastian Laudage, 07.02.2024

Jupyter Notebook

Cosmic Watch Readout

Um den Code in diesem Jupyter Notebook zu benutzen, wählt ihr Zellen mit Codeschnipseln in der gewünschten Reihenfolge an und drückt oben auf "Run". Wenn der dadurch ausgelöste Prozess beendet ist, könnt ihr mit einer anderen Zelle weiter machen. Bitte lest euch die Anweisungen zwischen den Zellen aufmerksam durch und befolgt sie.

Der durch den Code generierte Output wird direkt unter der jeweiligen Zelle angezeigt. In dem folgenden Beispiel nutzen wir die "print" Funktion und generieren den vorgeschriebenen Output "Hello World". Du kannst den Inhalt der "print" Funktion ersetzen um einen beliebigen anderen Output zu erzeugen. Code der hinter einem # geschrieben ist wird beim Ausführen ignoriert. Dinge die wir hinter einem # schreiben sind als zusätzliche Hinweise oder Beschreibungen gedacht.

```
In [2]: 1 print("Hello World") #Hinter den hashtag können wir beliebige Hinweise geben ohne den Code zu beeinflussen
```

Hello World

Eine Programmiersprache wie Python ist ein Grundgerüst die enorm viele Möglichkeiten bietet das gleiche Ziel zu erreichen. Dabei können schon einfache Dinge wie einen Plot zu erstellen, mehrere Seiten Code benötigen. Um uns das Leben zu vereinfachen importieren und nutzen wir vorgeschriebenen Code, sogenannte Pakete.

Im Beispiel unten importieren wir die Pakete **numpy** und **matplotlib**, wodurch wir Zugriff auf erweiterte mathematische Funktion bekommen und unsere Daten schnell grafisch darstellen können. Der import gilt Zellenübergreifend für das gesamte Jupyter Notebook. Ihr müsst diese Pakete also nicht in jeder Zelle erneut importieren.

```
In [3]: 1 import numpy as np
2 import matplotlib
3 import matplotlib.pyplot as plt
```

Listenname = [Rate1, Rate2, Rate3, Rate4, ..]

-Tragt in der nächste Zelle die Messwerte eurer **Raten** in die Liste Raten ein. Diese Werte werden im Diagramm auf der Y-Achse aufgetragen.

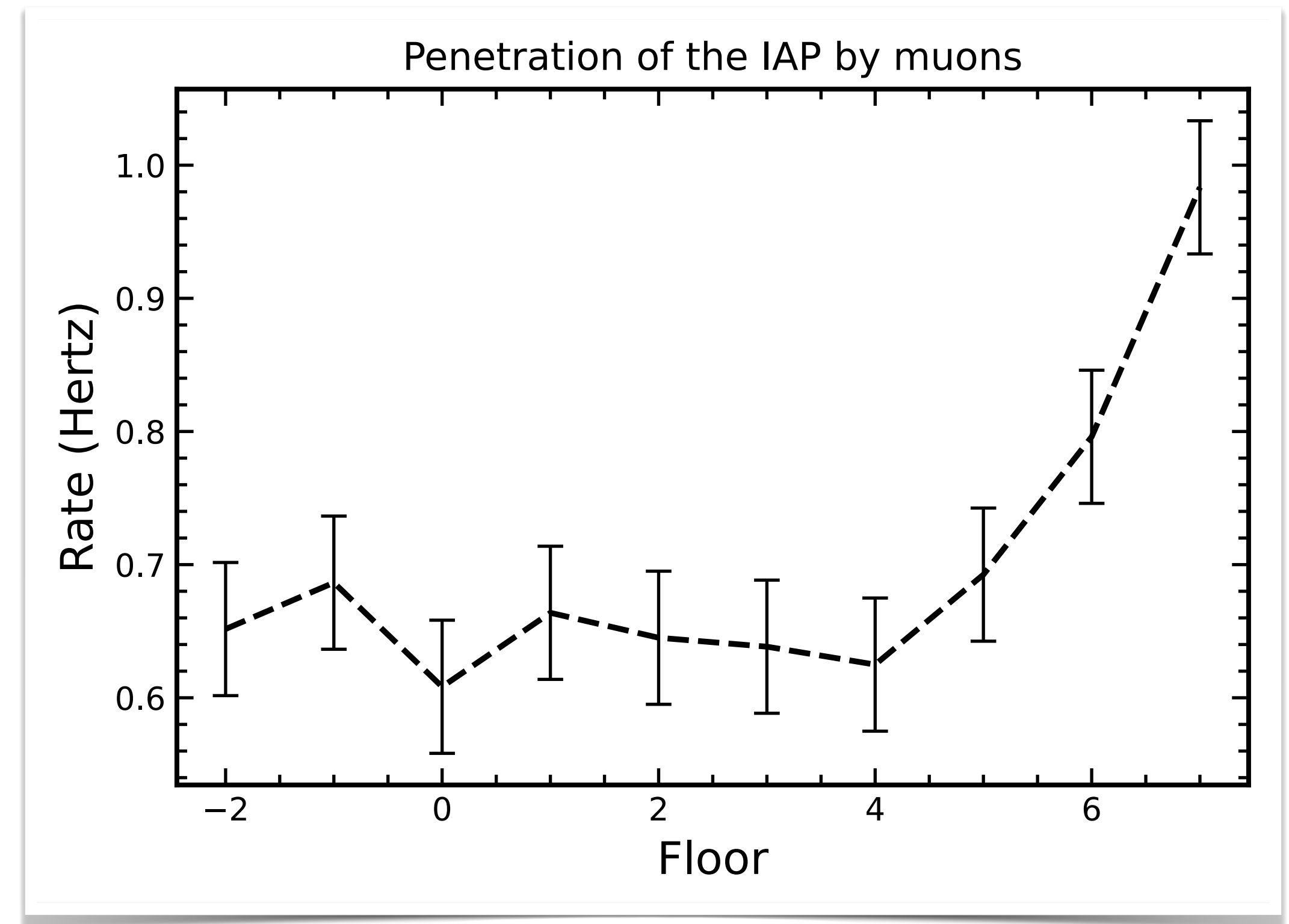
-Tragt die Fehler eurer Messwerte in die Liste **Fehler** ein.

-Wovon waren eure Raten jeweils abhängig? Vom Winkel, dem Stockwerk oder des Quellenabstands? Tragt diese Werte in die Liste **xAchse** ein. Achtet bei allen Listen darauf die einzelnen Messwerte durch ein Komma zu trennen. Außerdem müssen alle drei Listen die gleiche Länge haben.

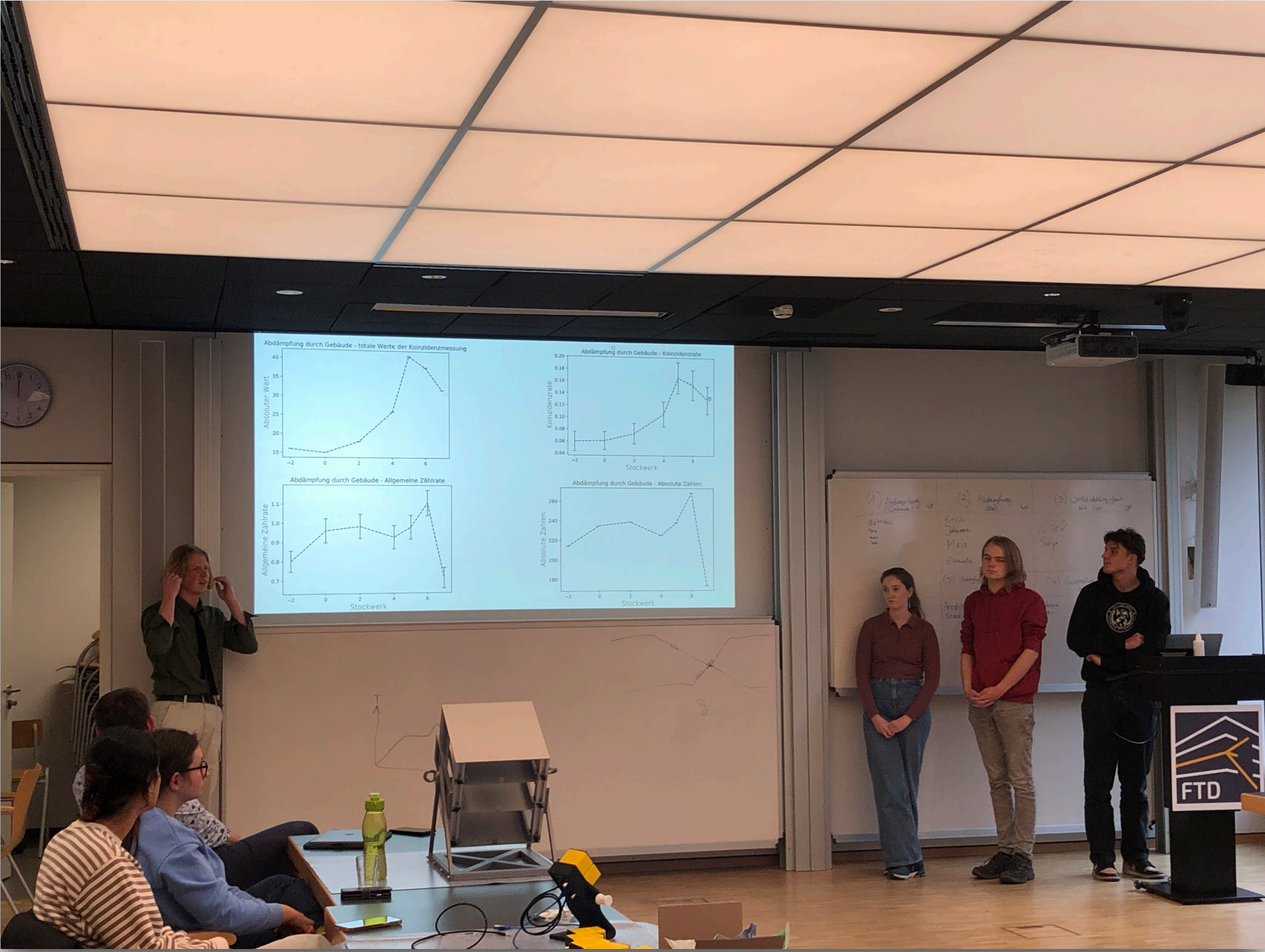
```
In [8]: 1 #X-Achse
2 xAchse = [0, 1, 2,3,4] #Die Werte in der Liste sind Beispiele
3
4 #Y-Achse
5 Raten = [0.04, 0.063, 0.071, 0.0626 ,0.04] #Die Werte in der Liste sind Beispiele
6
7 #Y-Achse Fehler
8 Fehler = [0.015,0.015,0.015,0.015,0.015] #Die Werte in der Liste sind Beispiele
```

Jetzt können wir unsere Listen grafisch in einem Diagramm darstellen. Bestimmt den Titel eurer Grafik indem ihr in der folgenden Zelle die Funktion **ax.set_title('Beispieltitle')** bearbeitet. Den Namen eurer xAchse müsst ihr auch bestimmen indem ihr die funktion **ax.set_xlabel** bearbeitet.

Wenn ihr die untere Zelle ausführt, wird euch der Plot direkt angezeigt. Außerdem speichert die Funktion **plt.savefig** eine Kopie des Plots im gleichen Ordner eures Jupyter Notebooks.

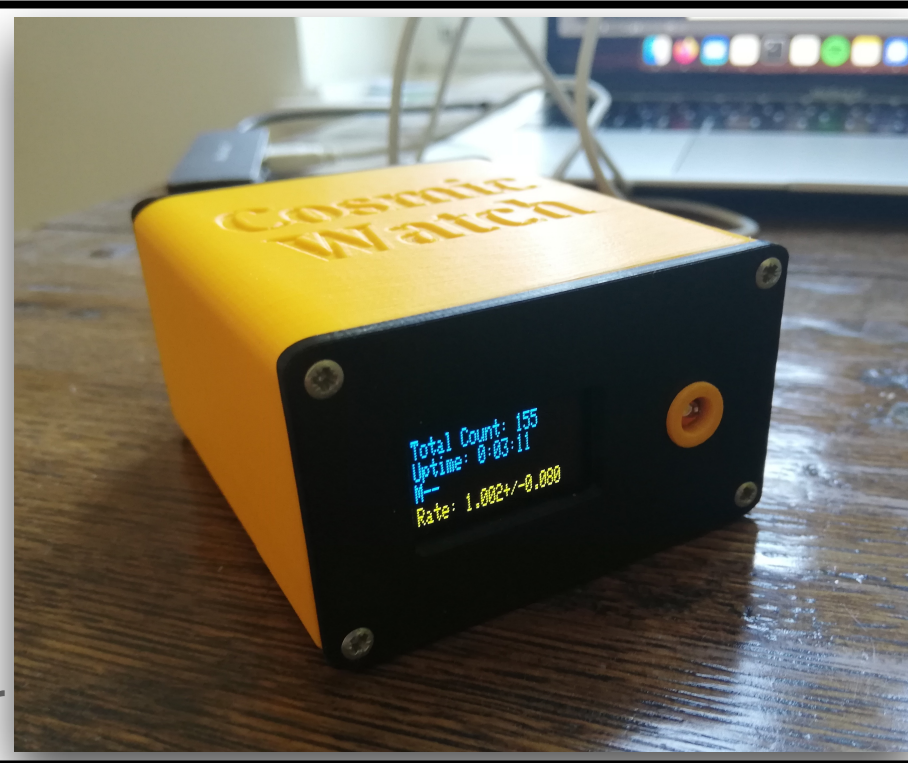


Messungen vorstellen



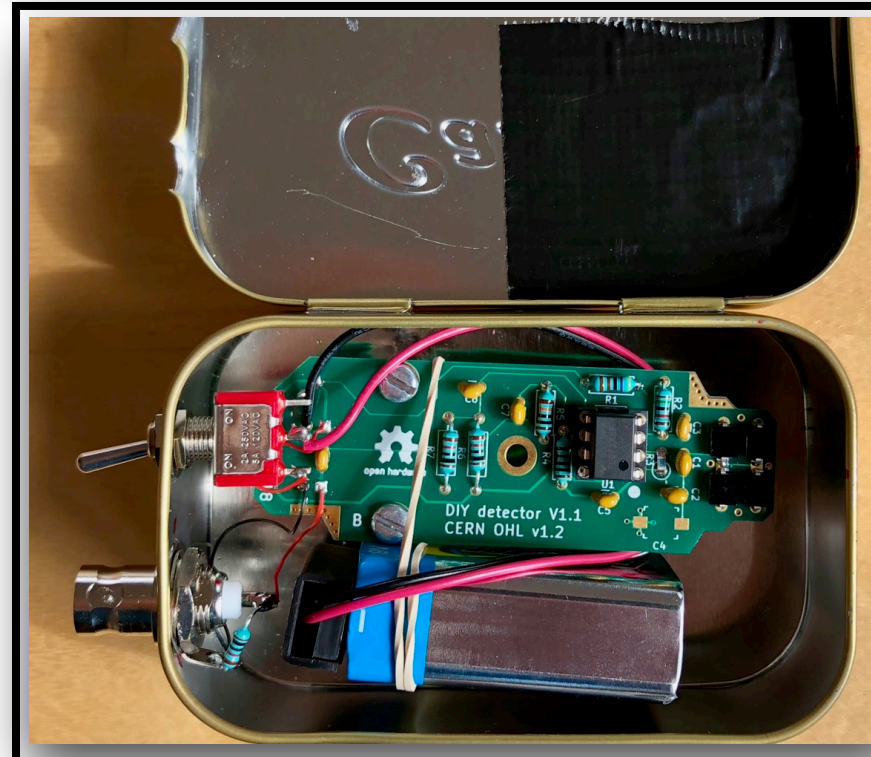
1. Cosmic Watch Workshop
Zeitskala: 3 Tage
Reine Bauzeit: 8 Stunden

@<http://www.cosmicwatch.lns.mit.edu/detector>



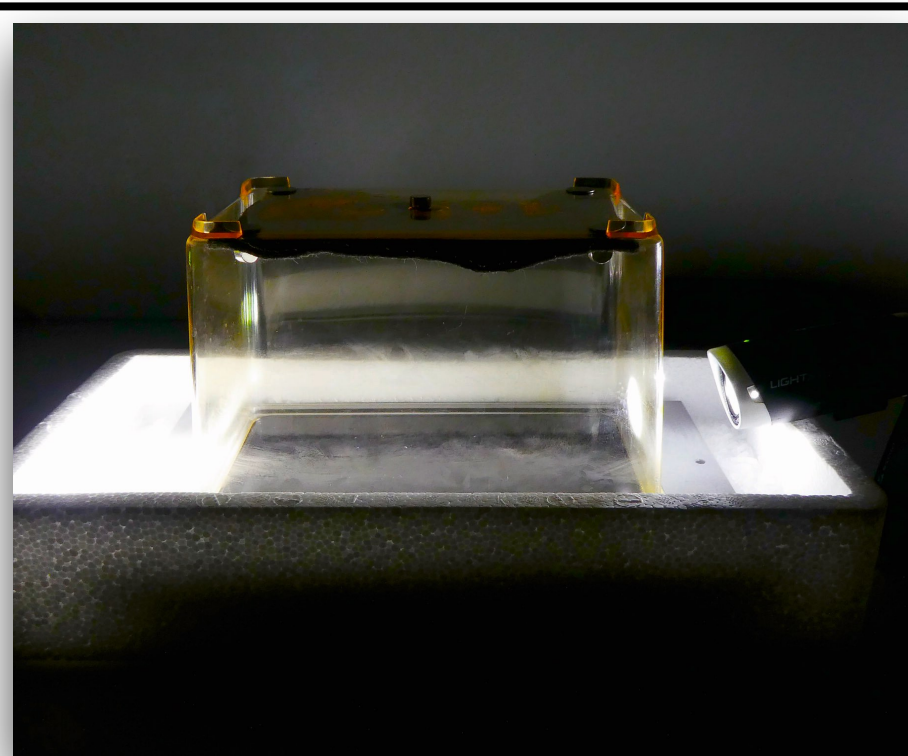
2. DIY Particle Detector
Zeitskala: 1 Tag
Reine Bauzeit: 3 Stunden

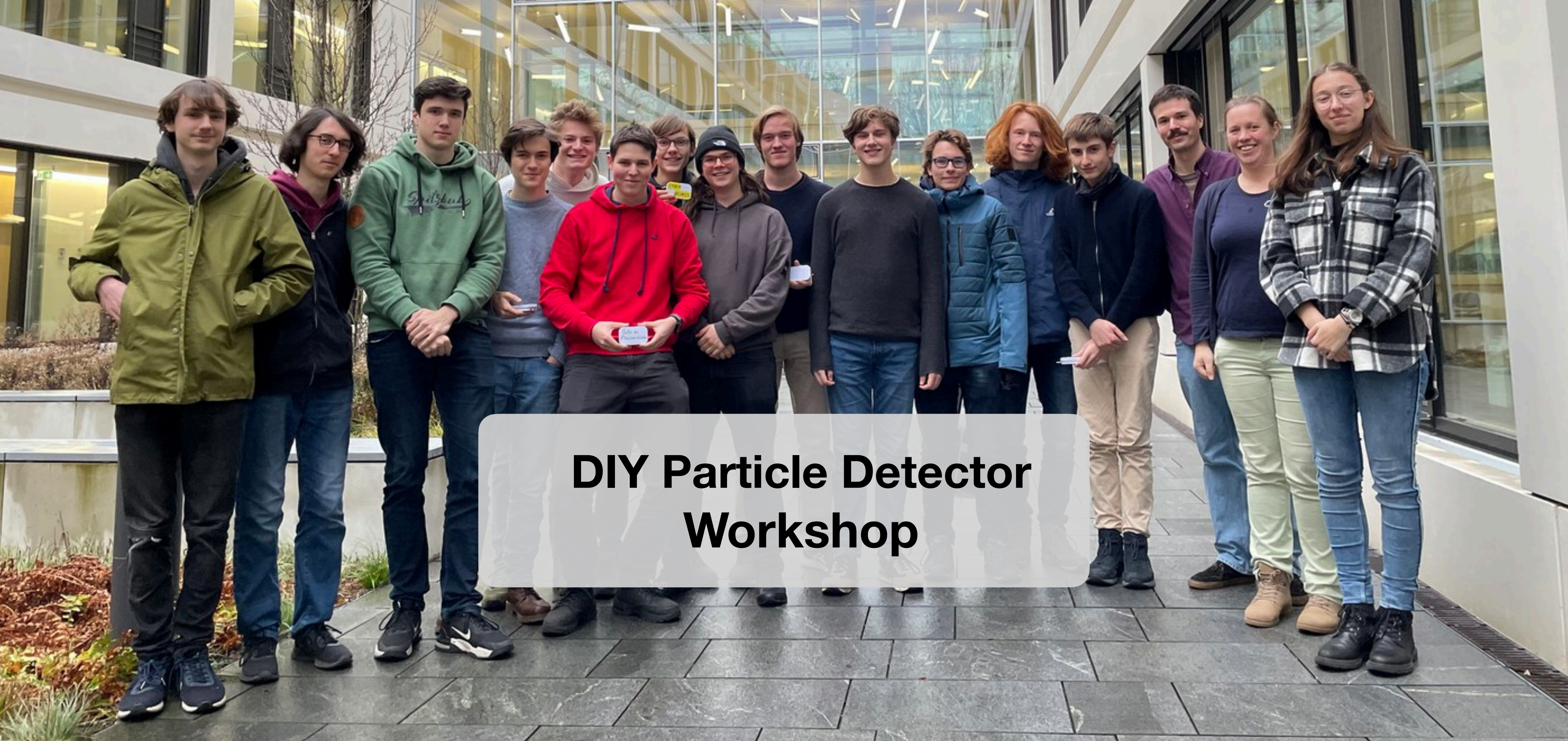
@https://github.com/ozel/DIY_particle_detector



3. Nebelkammern
Zeitskala: 1 Stunde
Reine Bauzeit: 15 Minuten

@<https://www.desy.de/schule/schuelerlabore/>



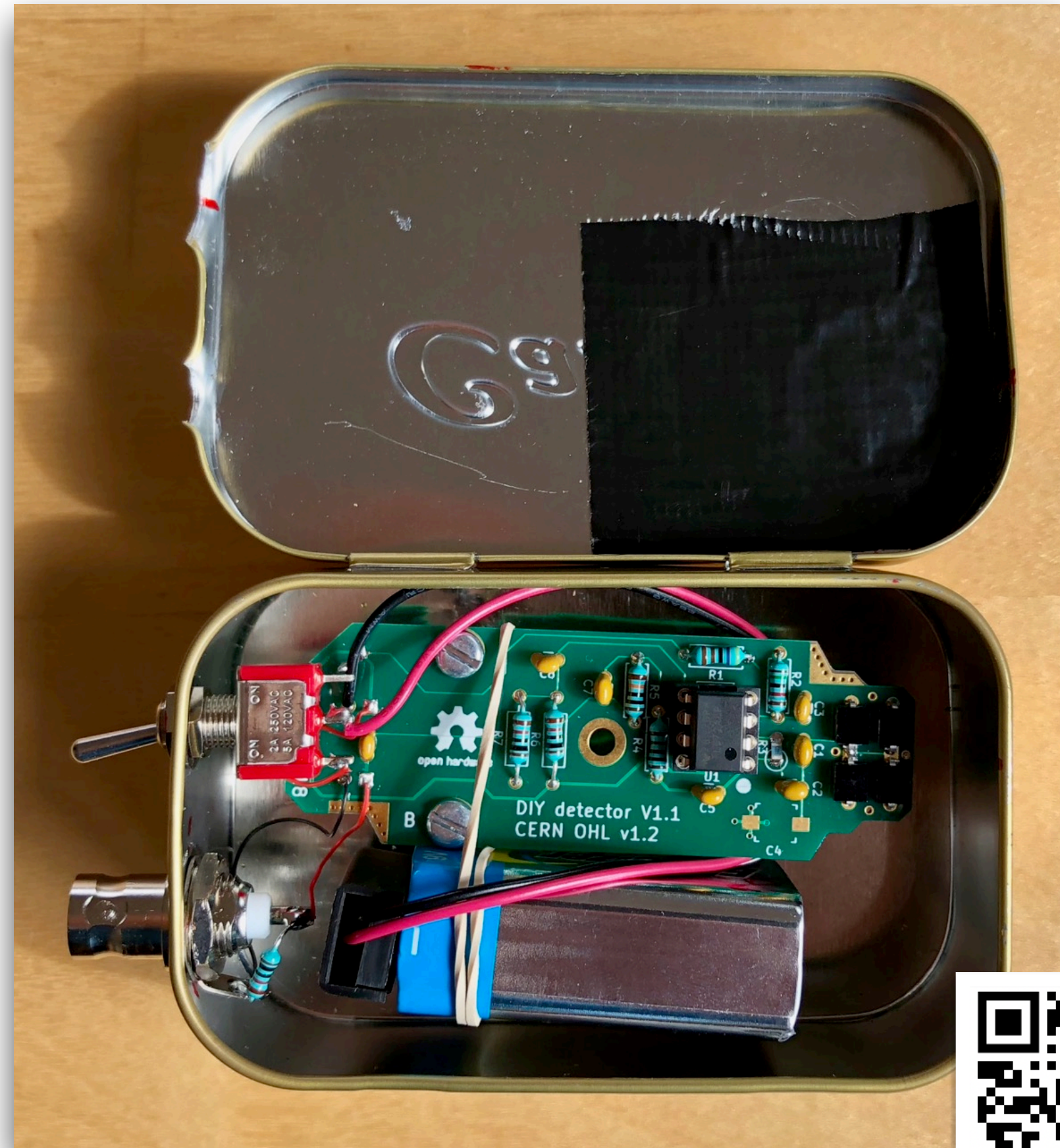


DIY Particle Detector Workshop

Sebastian Laudage, 07.02.2024



DIY Particle Detector Workshop



Alle Infos zum Detektor —>



- Open Source Design von Oliver Keller (CERN)
- PIN Dioden zur Detektion von Elektronen aus β -Zerfällen
- Einfache Ratenmessung von Proben möglich mit Auslese über Auxkabel
- THT statt SMD (Anfängerfreundlicher)
- Kosten pro Detektor ~20 €

DIY Particle Detector Workshop



Ablauf

9:00-10:00 Einführung in die Detektorphysik
10:00-15:00 Hands on: Detektorbau
15:00-16:00 Messungen

- Tischanleitungen als Begleitmaterial zum Detektor vorhanden
- Messungen mit Proben wie z.B: Schweißstab, Uranglas oder Kaliumtabletten zum Testen der Detektoren

1.

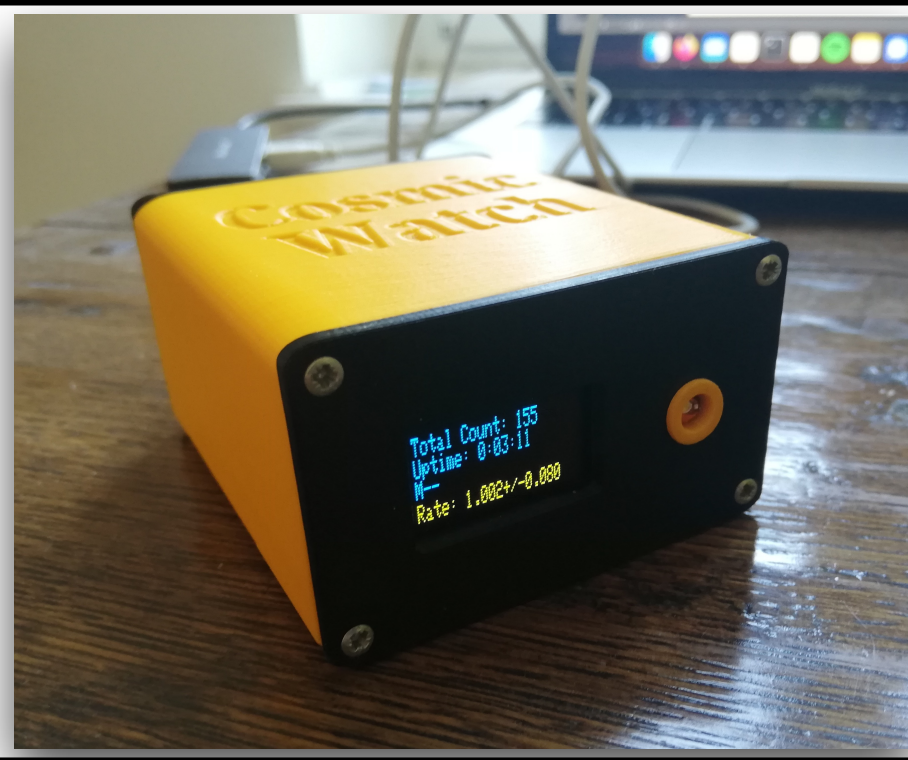
Cosmic Watch Workshop

Dauer: 3 Tage

Reine Bauzeit: 8 Stunden

Kosten: ~100-150€

@<http://www.cosmicwatch.lns.mit.edu/detector>



2.

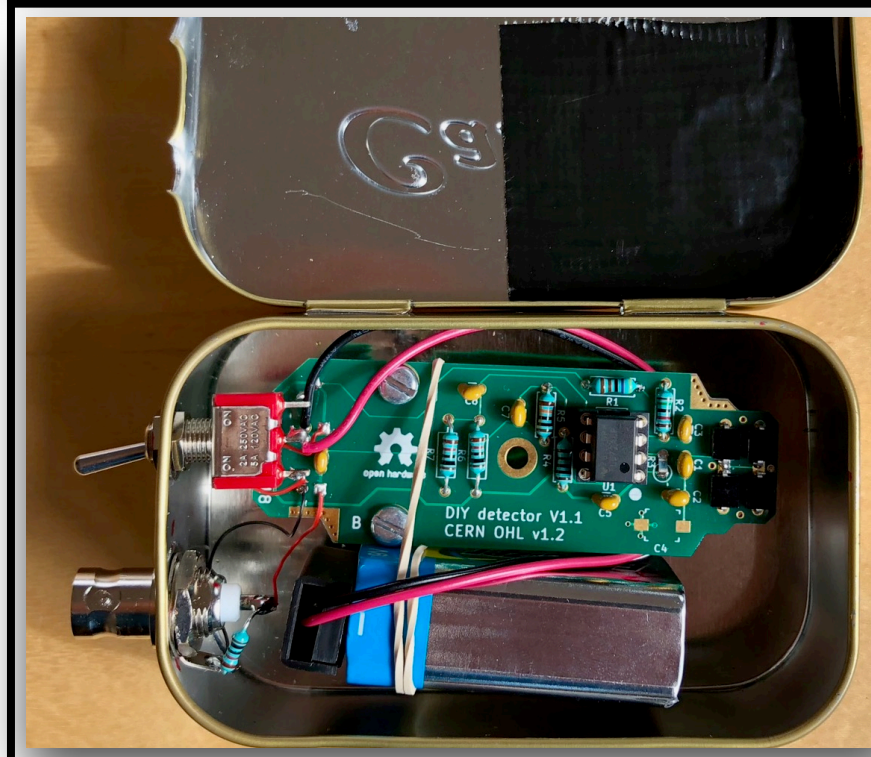
DIY Particle Detector

Dauer: 1 Tag

Reine Bauzeit: 3 Stunden

Kosten: ~20€

@https://github.com/ozel/DIY_particle_detector



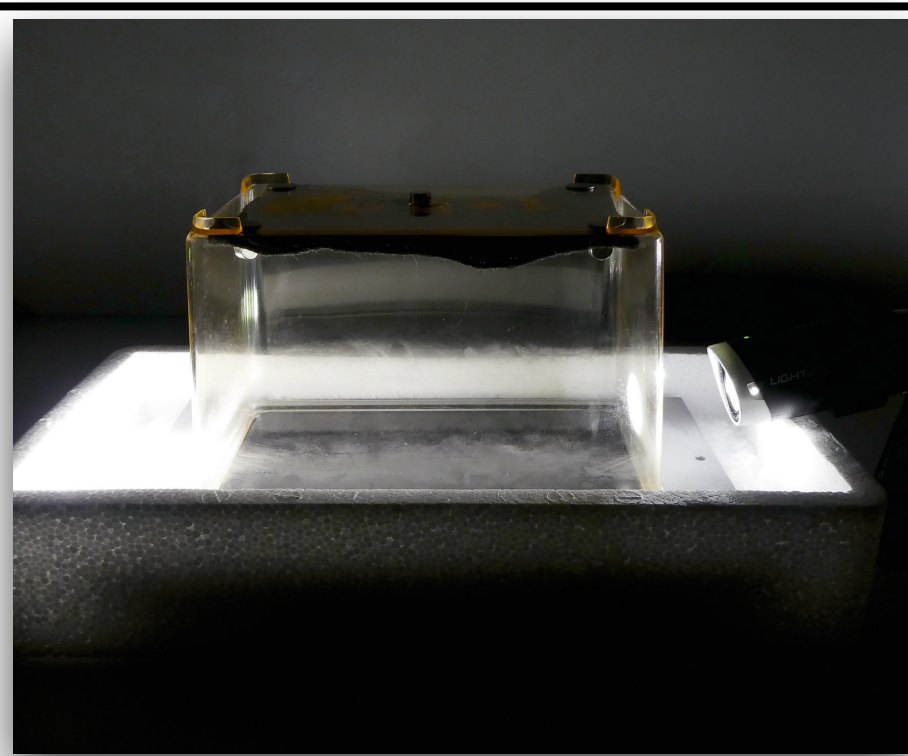
3.

Nebelkammern

Dauer: ~1 Stunde

Reine Bauzeit: 15 Minuten

@<https://www.desy.de/schule/schuelerlabore/>



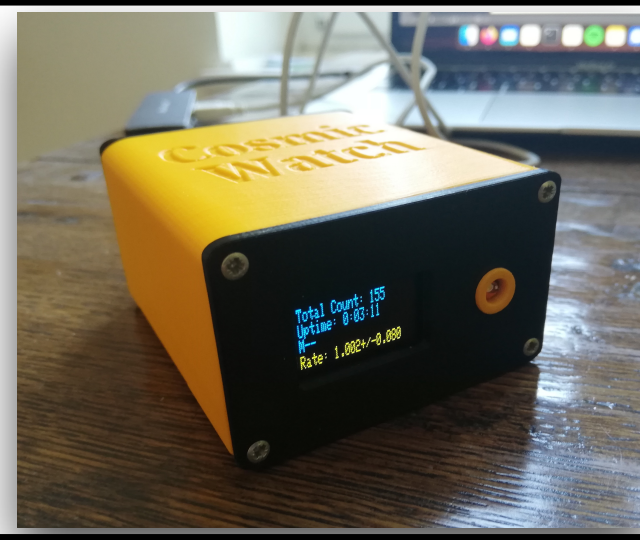
1.

Cosmic Watch Workshop

Dauer: 3 Tage

Reine Bauzeit: 8 Stunden

Kosten: ~100-150€

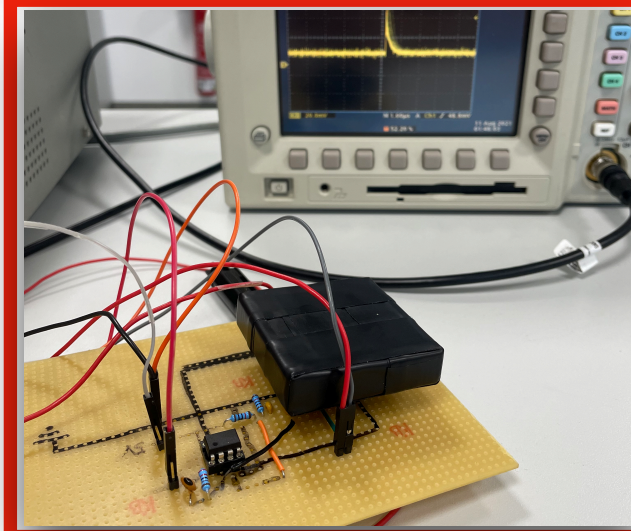


2.

Neues Konzept

Dauer: TBA

Reine Bauzeit: TBA



3.

DIY Particle Detector

Dauer: 1 Tag

Reine Bauzeit: 3 Stunden

Kosten: ~20€

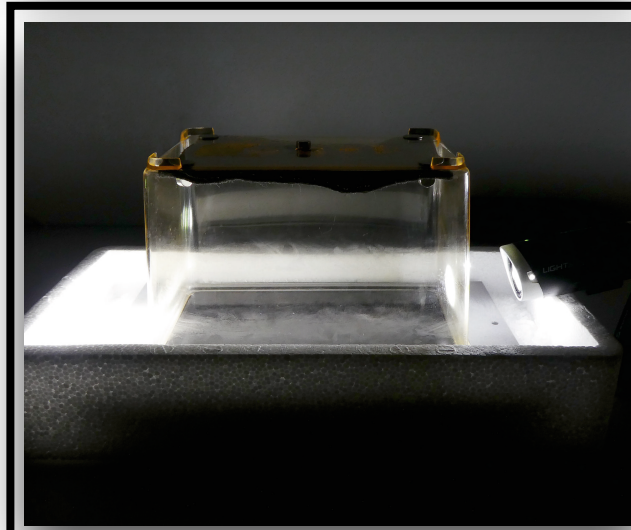


4.

Nebelkammern

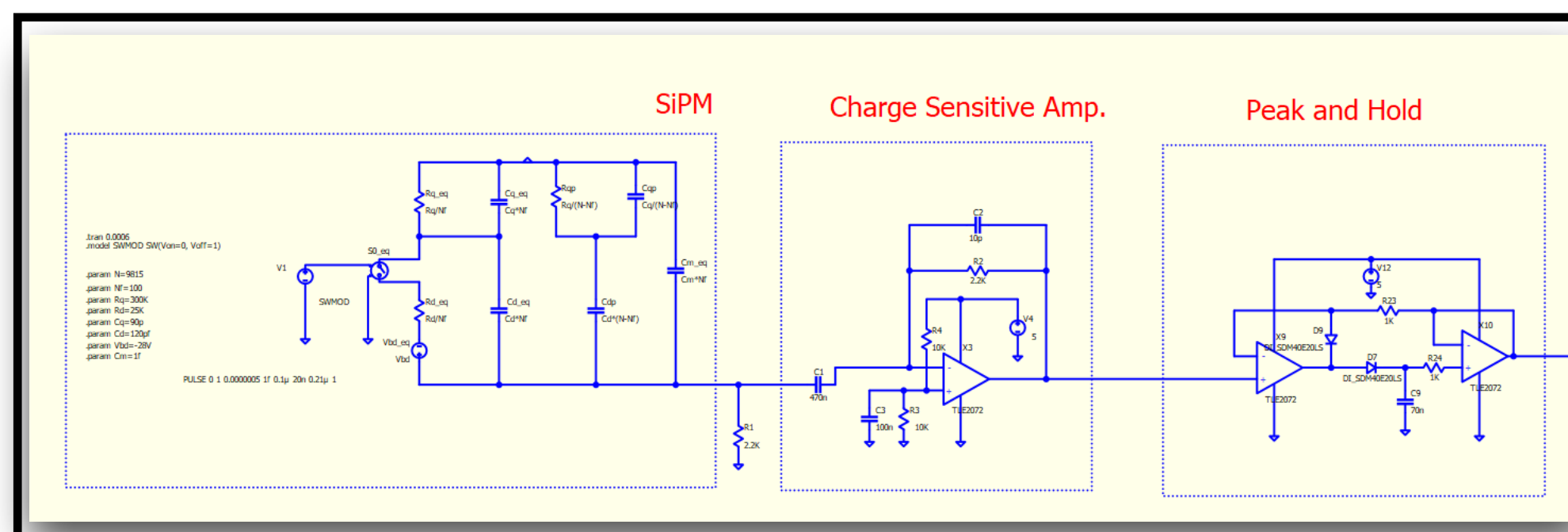
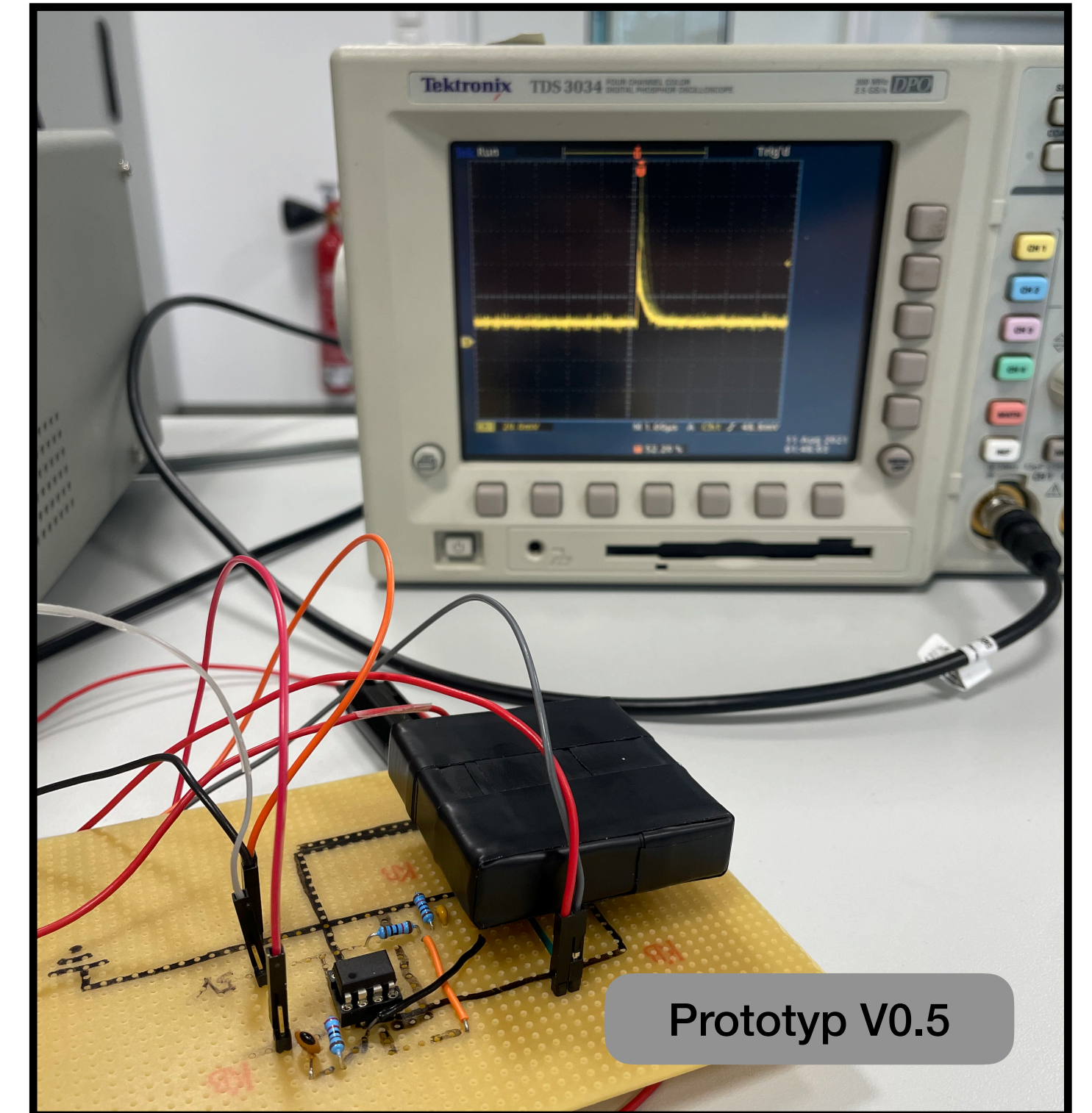
Dauer: ~1 Stunde

Reine Bauzeit: 15 Minuten



Neues Detektorkonzept

- **DIY Detektor Kits** für den Workshops in der Teilchen- und Astroteilchenphysik
- **Anfängerfreundliches Design** mit verfügbaren Begleitmaterialien zum nachbauen
- **Einfacher Zugang:** Open Source Design mit Möglichkeit vollständige Kits über die Universität Bonn zu erhalten



- **SiPM + Scintillator** als Grundlage
- **Kein blackboxing** - Simple Grundschaltung mit wenig ICs

Zusammenfassung: DIY Detektor Workshops

- **Verschiedene Angebote** mit unterschiedlichen Schwerpunkten
- **Breites Publikum** möglich, durch Anpassen der Workshops auf die Zielgruppe
- **Neues Detektorkonzept** für Workshops im Outreach an der Universität Bonn in Entwicklung
- **Interesse und Selbstvertrauen** in MINT Fächern wird durch den Bau von Teilchendetektoren gefördert

Kontakt: laudage@uni-bonn.de

Vielen Dank!