



Bestimmung des planckschen Wirkungsquantums mit einer Vakuumpfotозelle und mit dem PhyPiDAQ- Messdatenerfassungssystem

NIKITA SMIRNOV

TG 13-1

Gliederung

- ▶ Ziele des Versuchs
- ▶ Voltmeter/Elektrometer
- ▶ Versuchsaufbau
- ▶ Raspberry Pi Anschlüsse
- ▶ Konfigurationen: .yaml; .daq
- ▶ Wie werden die Elektronen ausgestoßen?
- ▶ Messdaten
- ▶ Datenauswertung

Ziele des Versuchs

1. Nachweis des photoelektrischen Effekts
2. Messung kinetischer Energie in Abhängigkeit von der Lichtfrequenz
3. Wirkungsquantum bestimmen
4. Demonstration der Unabhängigkeit kinetischer Energie von der Lichtintensität

Voltmeter/Elektrometer

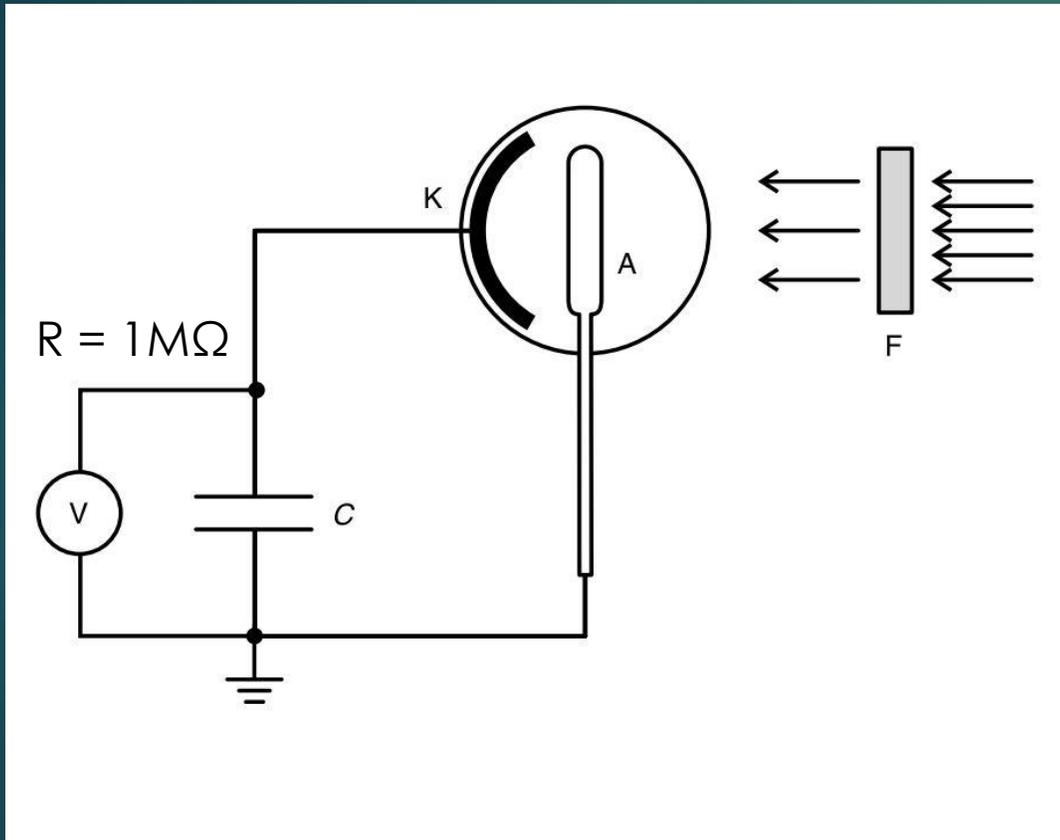


Abb.1

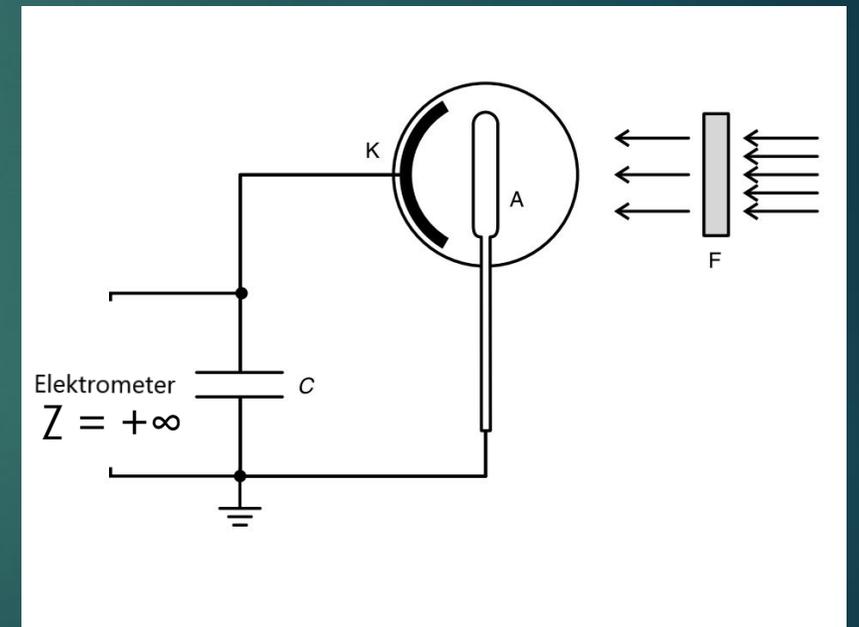


Abb.2

Skizze

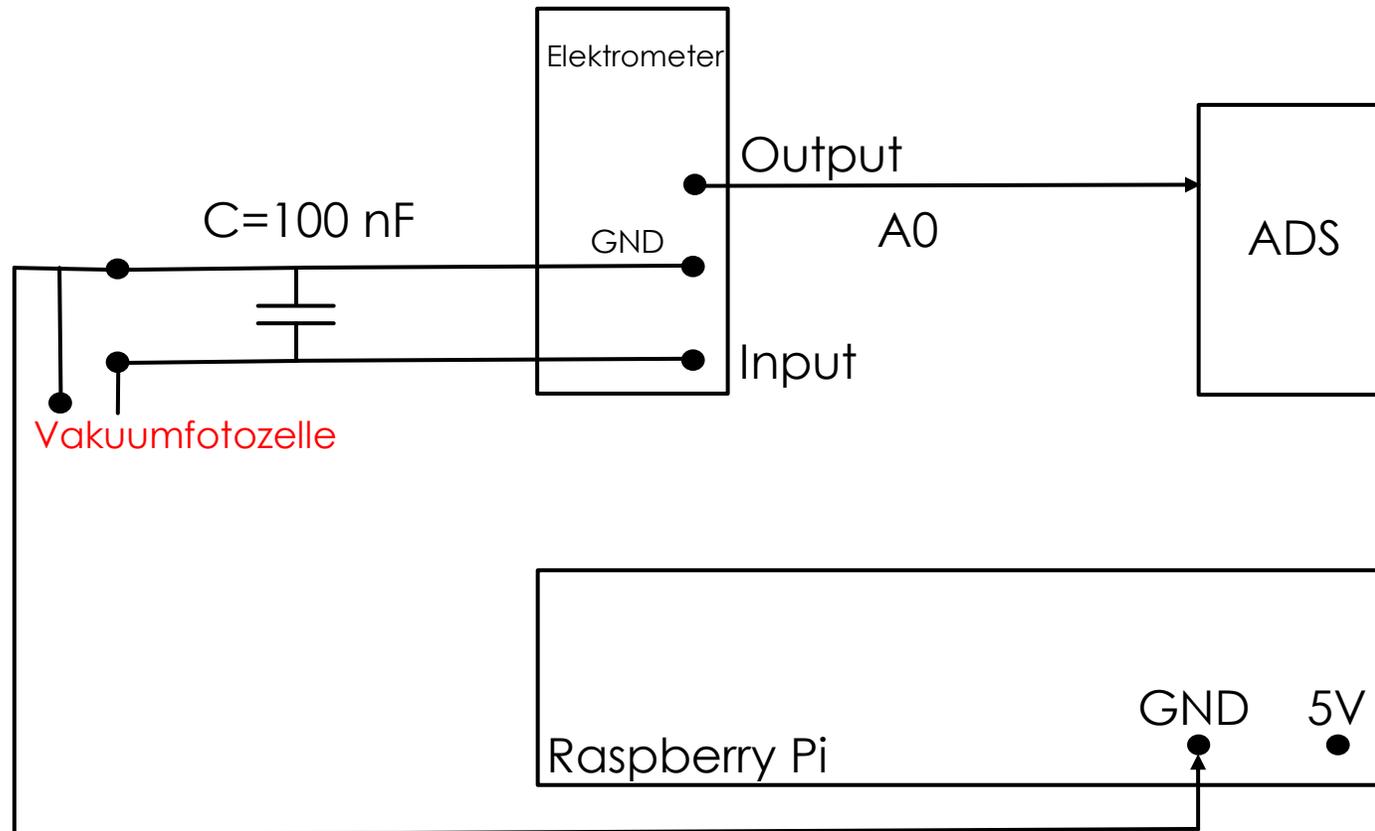
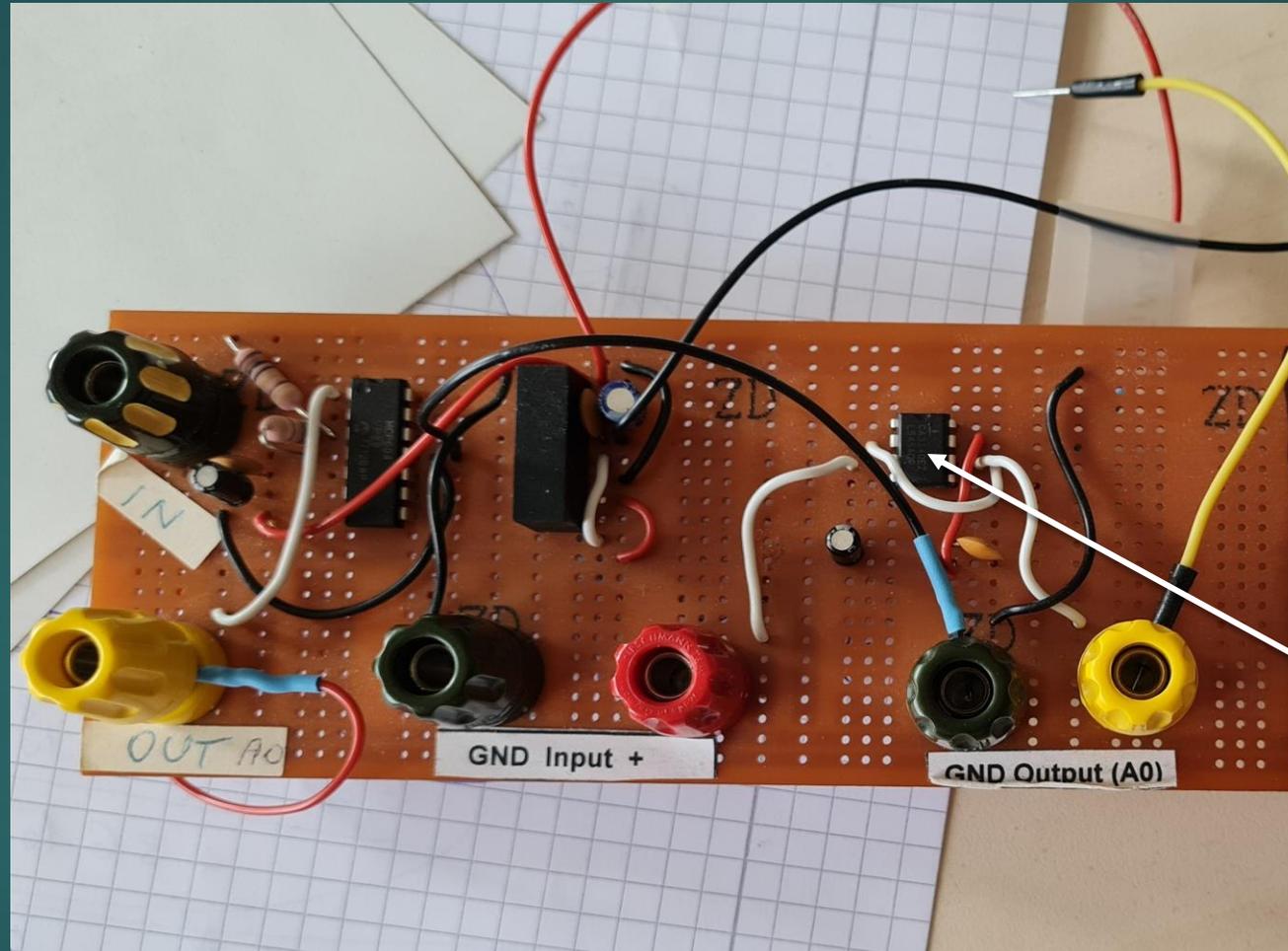


Abb.3

Elektrometer



Operationsverstärker

Abb.4

Elektrometer

CA 3140 DIP Operationsverstärker



Abb.5

Skizze vom Elektrometer

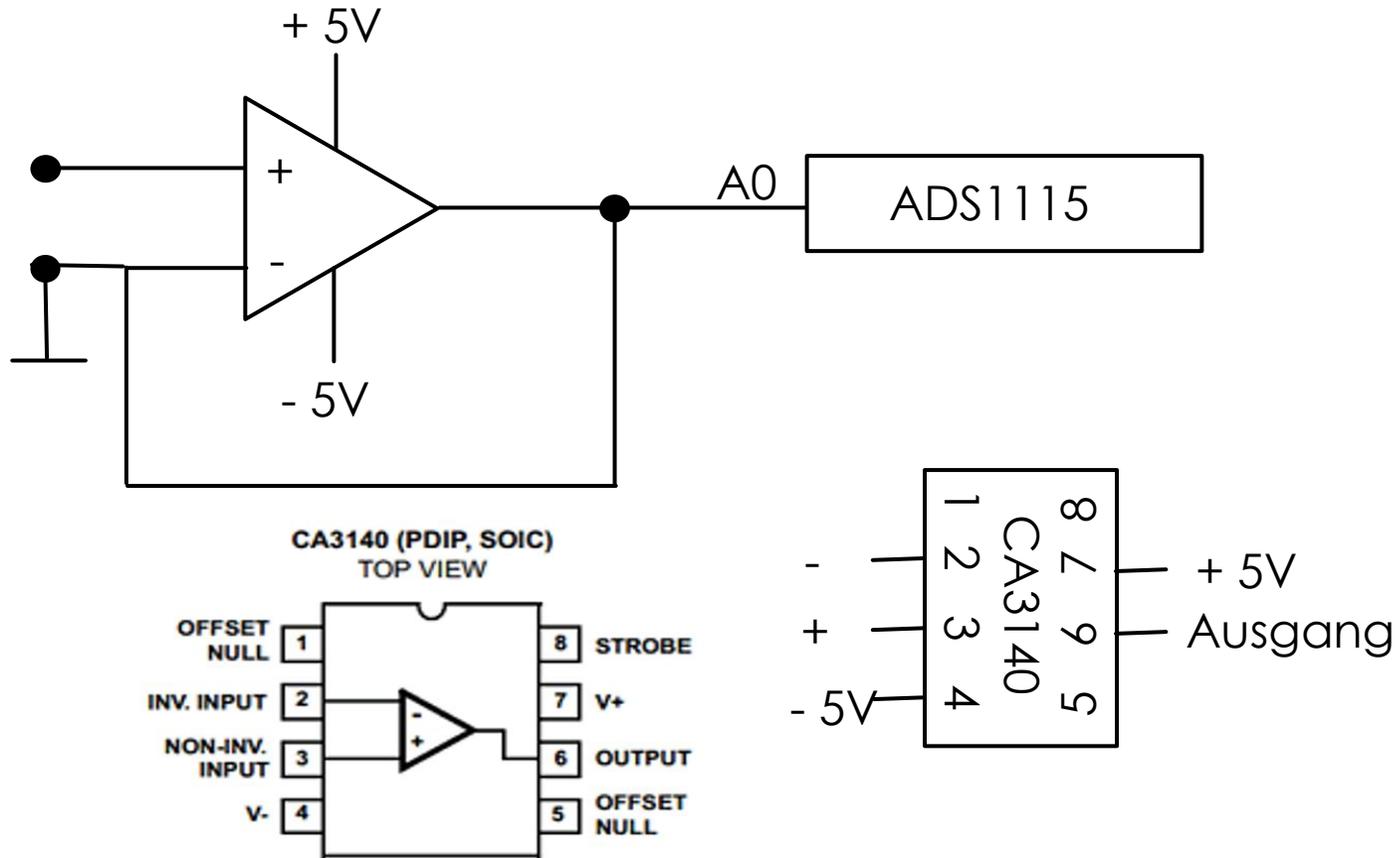


Abb.6

Anschlüsse des Elektrometers über den Analog-Digital Wandler ADS1115 an den Raspberry Pi

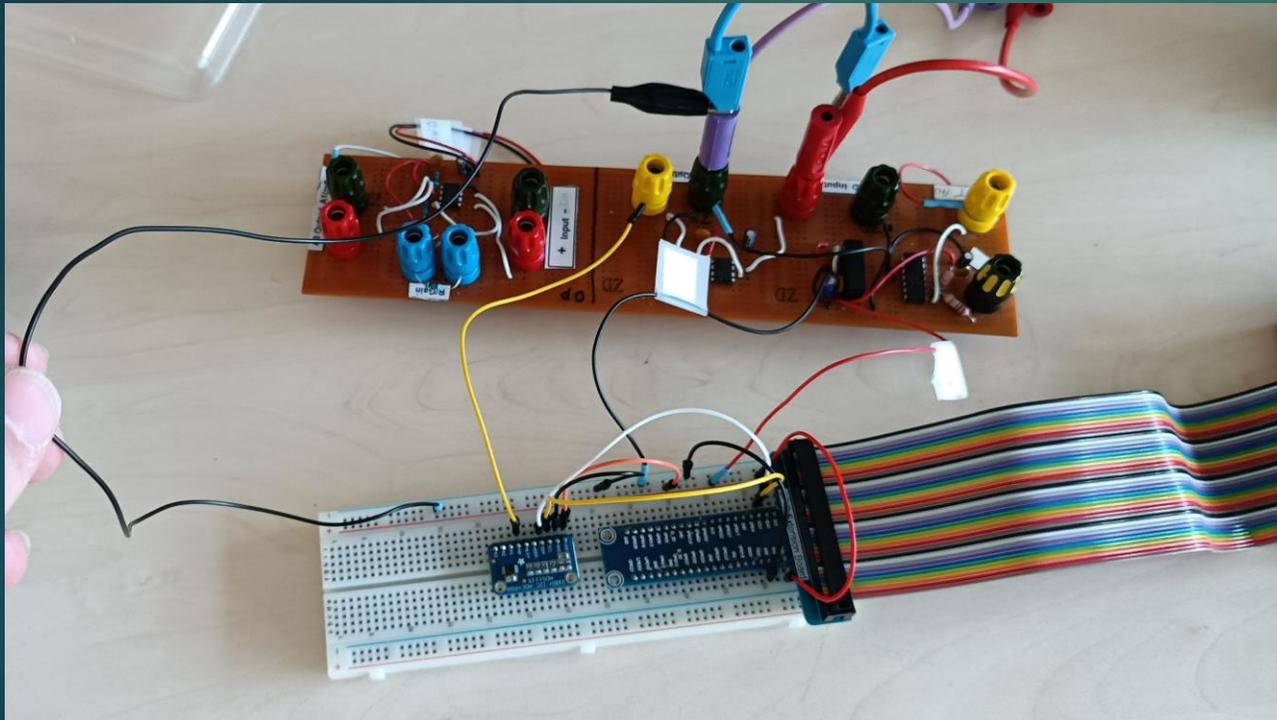


Abb.10

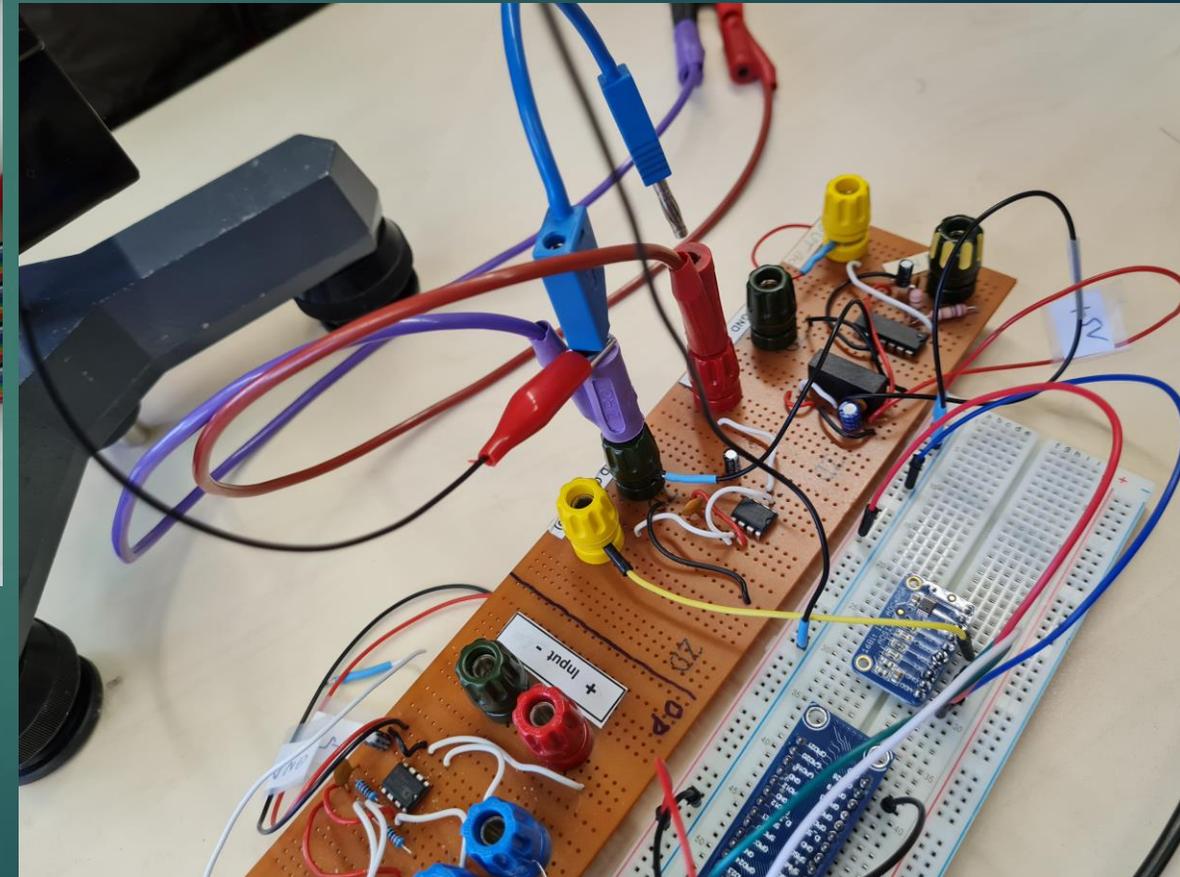


Abb.11

Versuchsaufbau



Abb.7

Vakuumpfotozelle

Halterung für die Filter

Quecksilber-
Hochdrucklampe

Versuchsaufbau

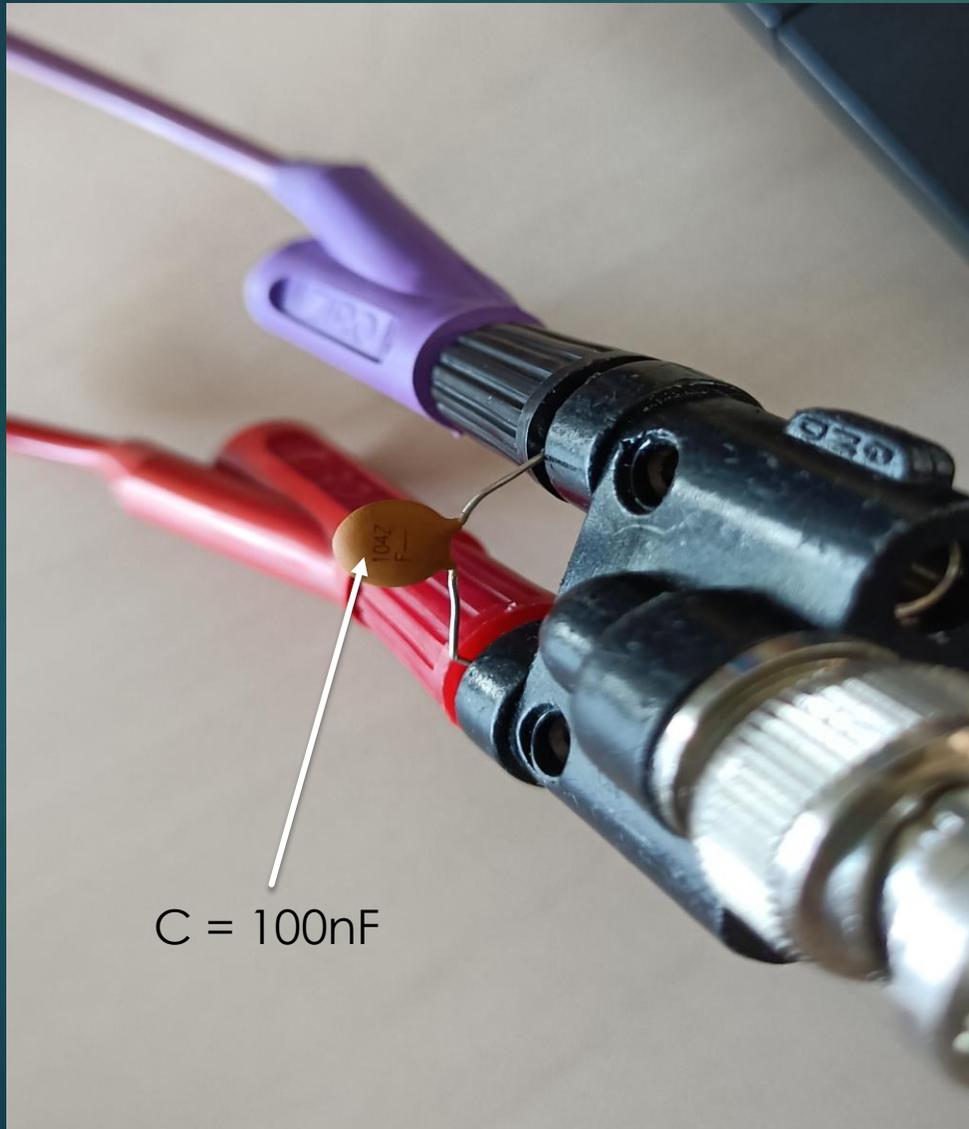


Abb.9

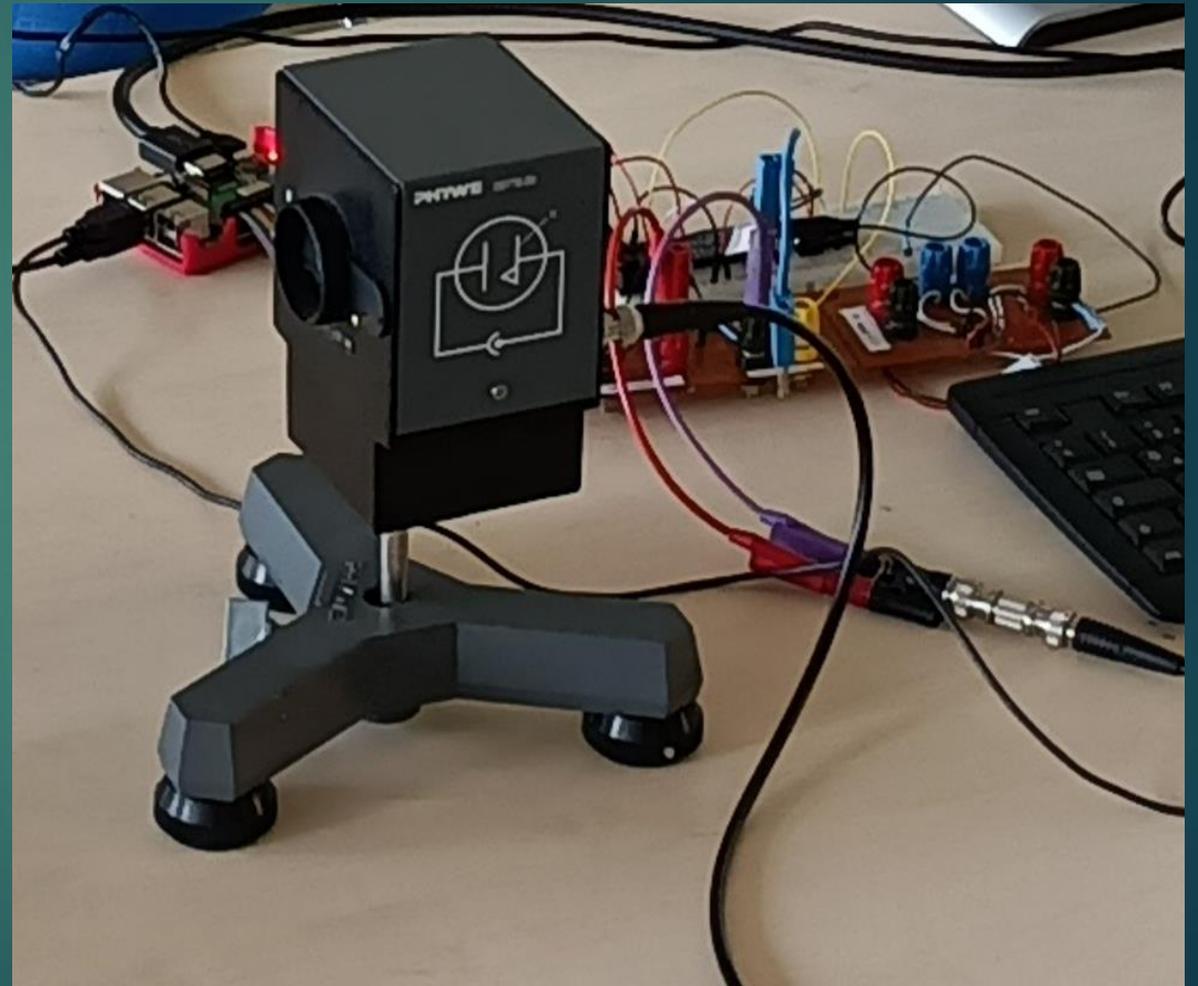


Abb.8

(.yaml)-Konfiguration des Analog-Digital-Wandlers ADS1115 in der PhyPiDAQ-Software

```
# example of a configuration file for ADC ADS1115

DAQModule: ADS1115Config

ADCChannels: [0]    # active ADC-Channels
                    # possible values: 0, 1, 2, 3
                    # when using differential mode:
                    # - 0 = ADCChannel 0
                    #   minus ADCChannel 1
                    # - 1 = ADCChannel 0
                    #   minus ADCChannel 3
                    # - 2 = ADCChannel 1
                    #   minus ADCChannel 3
                    # - 3 = ADCChannel 2
                    #   minus ADCChannel 3
DifModeChan: [false] # enable differential mode for Channels
Gain: [2/3]          # programmable gain of ADC-Channel
                    # possible values for Gain:
                    # - 2/3 = +/-6.144V
                    # - 1 = +/-4.096V
                    # - 2 = +/-2.048V
                    # - 4 = +/-1.024V
                    # - 8 = +/-0.512V
                    # - 16 = +/-0.256V
sampleRate: 860     # programmable Sample Rate of ADS1115
                    # possible values for SampleRate:
                    # 8, 16, 32, 64, 128, 250, 475, 860
```

(.daq)- Konfiguration des Versuchs in der PhyPiDAQ-Software

```
# -- Configuration Options for PhyPiDAQ
# -----

#
# -- configuration files for hardware devices
#
#DeviceFile: config/ReplayConfig.yaml # data from File
#optional:
#DeviceFile: config/ToyDataConfig.yaml # simulated data

# other options(requires connected hardware):
#DeviceFile: config/ADS1115Config.yaml # 16 bit ADC, I2C bus
#DeviceFile: config/MCP3008Config.yaml # 10 bit ADC, SPI bus
#DeviceFile: config/MCP3208Config.yaml # 12 bit ADC, SPI bus
#DeviceFile: config/PSCfg.yaml # PicoTechnology USB scope
#DeviceFile: config/MAX31865Config.yaml # Pt 100 sensor
#DeviceFile: config/GPIOCount.yaml # frequency count
#DeviceFile: config/DS18B20Config.yaml # digital temperature sensor
#DeviceFile: config/MAX31855Config.yaml # thermo element
#DeviceFile: config/BMP180Config.yaml # pressure/temperature sensor
#DeviceFile: config/INA219Config.yaml # Voltage/Current sensor
#DeviceFile: config/MMA845xConfig.yaml # Accelerometer

## an example of multiple devices
#DeviceFile: [config/ADS1115Config.yaml, config/GPIOCount.yaml]
```

Abb.13

```
#
# -- configuration options for Channels
#
#ChanLabels: ['X1', 'X2'] # names for channels
#ChanUnits: ['a.U.', 'a.U.'] # units for channels
#ChanLabels: [U, U] # names for channels
ChanUnits: [V] # units for channels
ChanNams: [U_G]
ChanColors: [darkblue, sienna] # channel colours in display

# eventually overwrite Channel Limits obtained from device config
ChanLimits:
- [0., 4.] # chan 0
## - [0., 1.] # chan 1
## - [0., 1.] # chan 2

# calibration of channel values
# - null or - <factor> or - [ [ <true values> ], [ <raw values> ] ]
#ChanCalib:
# - 1. # chan0: simple calibration factor
# - [ [0.,1.], [0., 1.] ] # chan1: interpolation: [true]([<raw>] )
# - null # chan2: no calibration

# apply formulae to (calibrated) channel values
#ChanFormula:
# - c0 + c1 # chan0
# - c1 # chan1
# - null # chan2 : no formula
```

Abb.14

(.daq)- Konfiguration des Versuchs in der PhyPiDAQ-Software (Fortsetzung)

```
#
# -- configuration options for graphical display
#
Interval: 1.0          # logging interval
#NHistoryPoints: 120   # number of points used in history buffer
#DisplayModule: DataLogger # history of channel signals
DisplayModule: DataGraphs # text, bar-graph, history and xy-view
Title: "Photoeffekt546nm" # display title
#XYmode: false        # enable/disable XY-display
## if more than two channels active:
#Chan2Axes: [0, 1, 0]  # assign channels to axes
#xyPlots:              # define which axes to show
# - [0, 1]             # in xy-plot
# - [0, 2]
# - [1, 2]

#
# -- configuration options for output to file
#
DataFile: 546nm.csv    # file name for output file,
#DataFile: null       # null to disable
CSVseparator: ';'     # field separator, set to ';' for German Excel

# enable buffering of latest data (depth NHistoryPoints from above)
#bufferData: PhyPiData # file name to track latest data and eventually
#bufferData: null      # store them, or null to switch off

# control status LEDs
#RunLED: 20 # display run status on GPIO pin 20
#ReadoutLED: 21 # display readout on GPIO pin 21
```

Wie werden die Elektronen ausgestoßen?

- ▶ Kathode wird beleuchtet
- ▶ Elektronen werden ausgestoßen
- ▶ Treffen Anode
- ▶ Kondensator wird aufgeladen

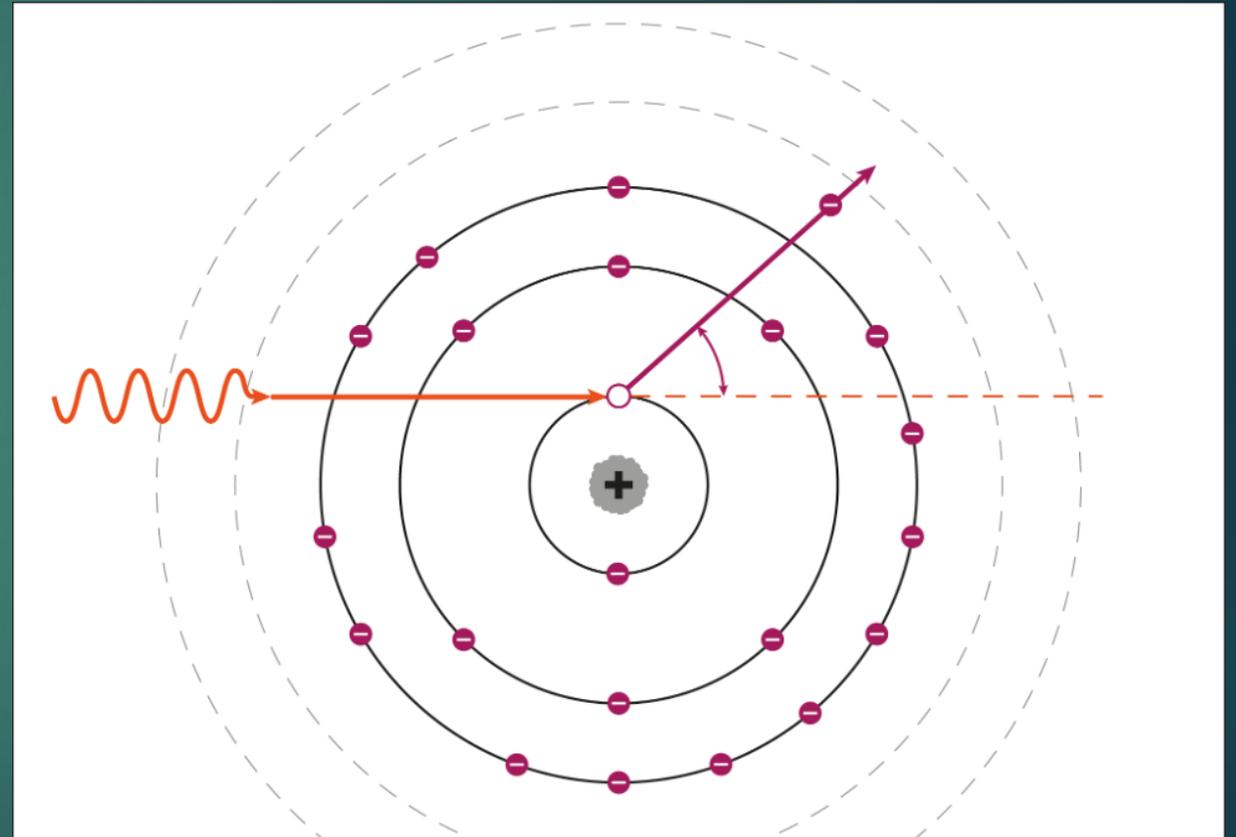


Abb.23 https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/pmed/roe/roe_ph_trans.php

Formeln für den Versuch

- ▶ $E_{ph} = h \cdot f = h \cdot c/\lambda$ ist die Energie von Photonen
- ▶ Im Versuch $E = e \cdot U = mv^2/2$ ist die kinetische Energie von Fotoelektronen
- ▶ **$E_{ph} = e \cdot U_g + W_a$** (Energieerhaltung Einstein)
- ▶ $f = c/\lambda$
- ▶ **$h \cdot f = e \cdot U_g + W_a$**
- ▶ **$e \cdot U_g = h \cdot f - W_a$** die kinetische Energie von Fotoelektronen hängt von der Frequenz des Lichts linear ab

Verschiedene Interferenzfilter \rightarrow Verschiedene Wellenlängen

Photoeffekt_578nm

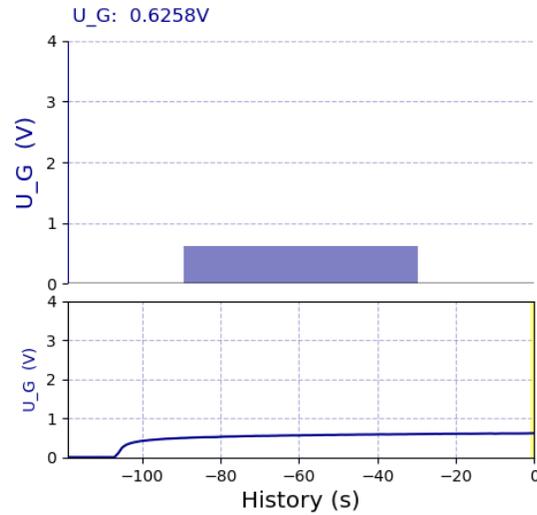


Abb.16

Photoeffekt546nm

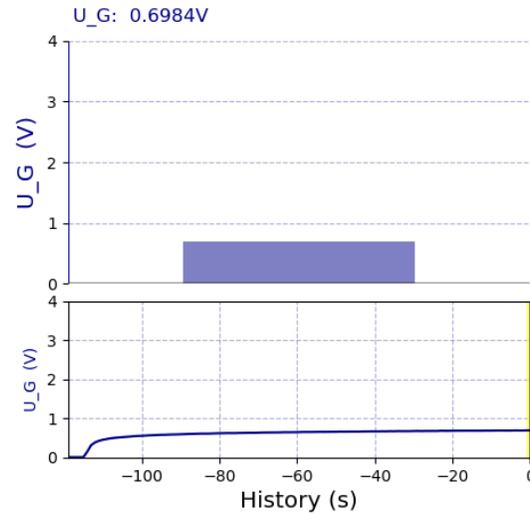


Abb.17

Photoeffekt_436nm

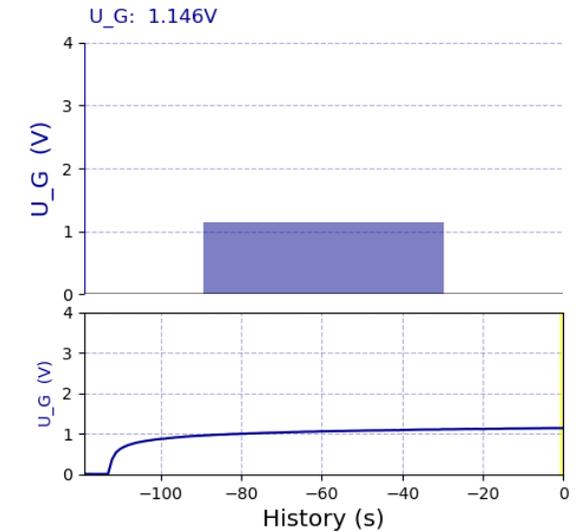


Abb.20

Photoeffekt_366nm

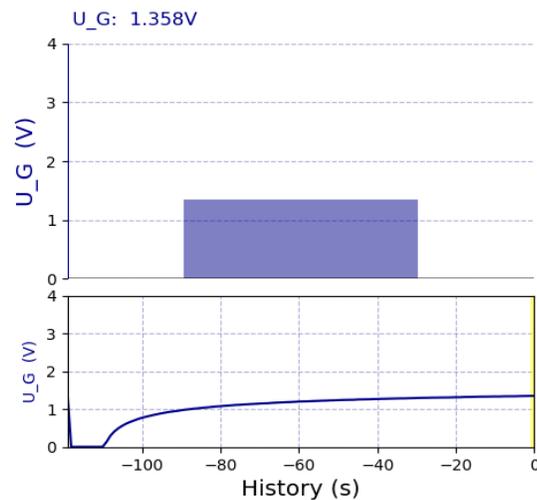


Abb.18

Photoeffekt_405nm

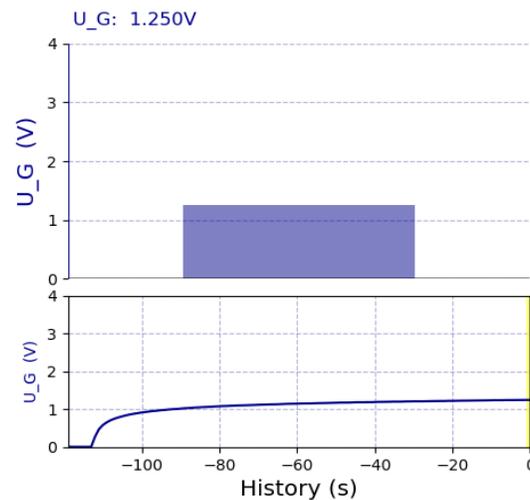


Abb.19

Videos:

Video 1: [Aufbau des Versuchs](#)

Video 2: [Lambda = 366nm](#)

Beispiele: Csv-Dateien mit der aufgezeichneten Spannung am Kondensator durch die Beleuchtung der Vakuumphotozelle;

Zunahme der Spannung U bis auf $U_G = 1,636V$

366nm

U_G:(V)
0.01176
0.0112
0.01269
0.01231
0.0125
0.01213
0.0125
0.01231
0.01306
0.1427
0.3081
0.5017
0.5682
0.6693
0.7072
0.7467

Abb.24

Zunahme der Spannung U bis auf bis auf $U_G = 0,394V$

578nm

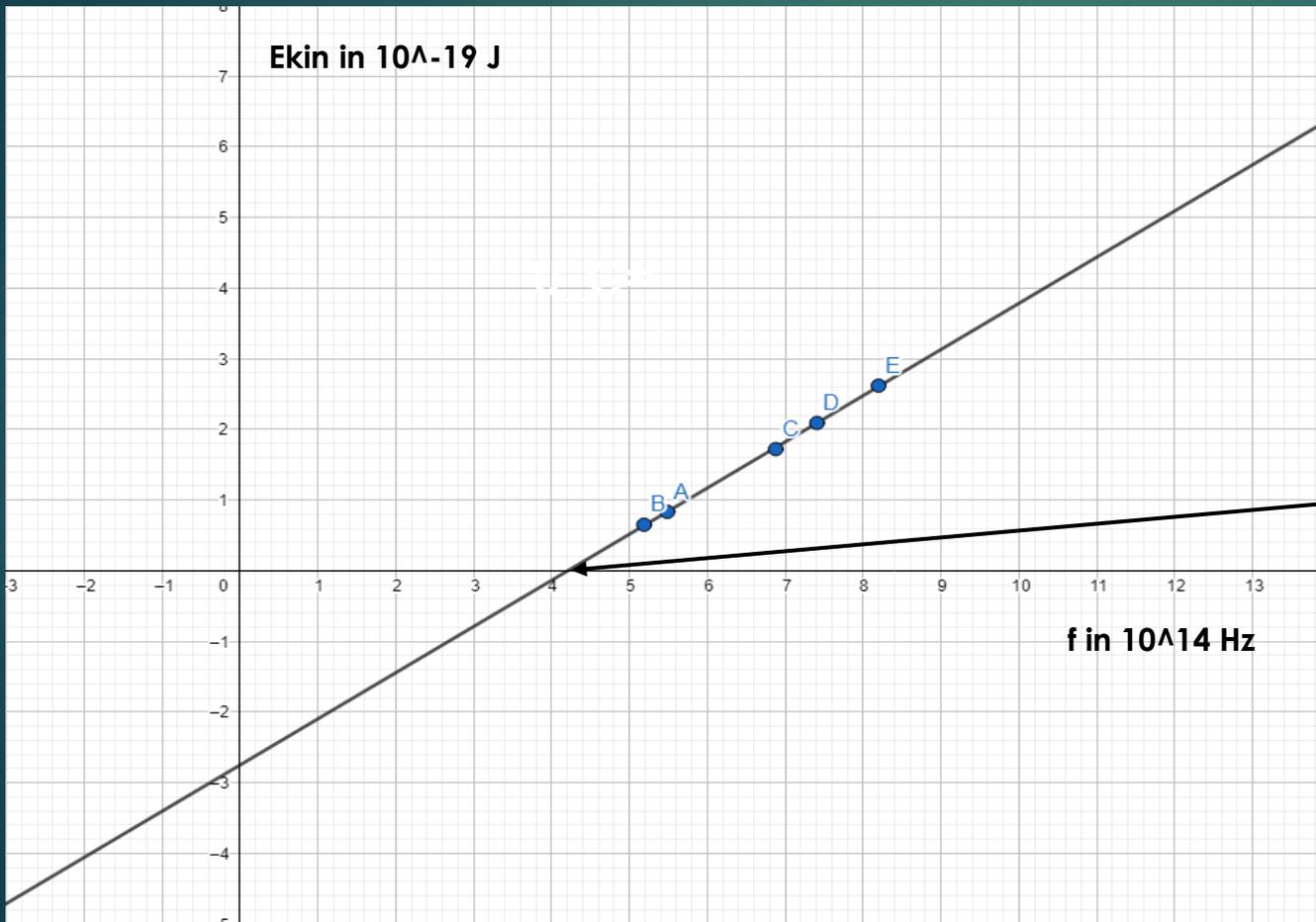
U_G:(V)
0.03452
0.01287
0.01231
0.01287
0.0125
0.01213
0.01157
0.01213
0.01194
0.01231
0.01287
0.01231
0.01157
0.0125
0.1155
0.2614

Abb.25

Datenauswertung: Die kinetische Energie der schnellsten Photoelektronen wird in Abhängigkeit von der U_G berechnet und von der Frequenz des Filters grafisch dargestellt

	Lambda = 546nm	Lambda = 578nm	Lambda = 436nm	Lambda = 405nm	Lambda = 366nm
U _G : (V)	0,52	0,394	1,093	1,31	1,636
E _{kin} : (J) *10 ⁻¹⁹	0,832	0,6304	1,74	2,096	2,618
f: (Hz) *10 ¹⁴	5,49	5,19	6,88	7,41	8,2

Abb.21



- ▶ $h \text{ exp} = 6,61 \cdot 10^{-34} \text{ J*s}$
- ▶ $W_a = 2,73 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- ▶ $W_a = 1,71 \text{ eV}$

Grenzfrequenz liegt bei $f = 4,13 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Einsatz von GeoGebra zur Darstellung der Regressionsgerade $E_{kin}(f)$

Abb.22

Quellen

- ▶ https://www.reichelt.de/operationsverstaerker-1-fach-9-v-s-4-5-mhz-dip-8-ca-3140-dip-p6459.html?&trstct=pos_0&nbc=1
- ▶ [LD Didactic - Handblattter Physik \(ld-didactic.de\)](http://ld-didactic.de)
- ▶ <https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/grundwissen/erklaerungsprobleme-des-photoeffekts>
- ▶ <https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/grundwissen/einsteins-theorie-des-lichts>
- ▶ <https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/versuche>
- ▶ <https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/versuche/h-bestimmung-mit-selbstaufbauender-photospannung>
- ▶ <https://www.ulfkonrad.de/physik/12-13/3-semester/h-best-photozelle>
- ▶ https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/pmed/roe/roe_ph_trans.php