

# Empfindlichkeitsmessungen selbstgebauter Rauchmelder verschiedener Bauarten

Bettina Schaller, Fatma-Nur Seferoglu, Herzallah HH Alharazin  
 Projektleiter: Timo Schmalofski

SOWAS 2018, Gruppe K

## 1. Motivation/Ziel

Da in jedem Haushalt ein Rauchmelder zu finden ist, ist die Empfindlichkeit eines Rauchmelders von Relevanz. Weil es zwei Typen von Rauchmeldern gibt, soll überprüft werden, welche dieser Rauchmelder empfindlicher auf den Raucheintritt reagiert.

## 2. Physikalische Grundlagen des Ionisationsrauchmelders

Aufgrund von Ionisation wird ein Ionenpaar erzeugt, das durch das angelegte elektrische Feld sofort getrennt wird. Das positive und das negative Ion bewegen sich dann zur jeweiligen Elektrode. Den dadurch hervorgerufenen elektrischen Strom bezeichnet man als Ionisationsstrom. Dringt nun Rauch zwischen die Elektroden, stoßen die Rauchmoleküle mit den Ionen und da die  $\alpha$ -Teilchen dadurch an kinetischer Energie verlieren, brauchen sie eine längere Zeit, um zur jeweiligen Platte zu gelangen und somit sinkt der Strom. Da aber der Rauch unter anderem auch aus geladenen Ionen besteht, die von den Kondensatorplatten angezogen werden, steigt der Strom.

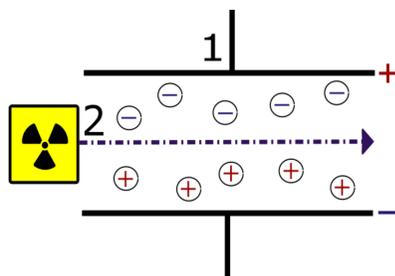


Abb. 1: Funktionsweise eines Ionisationsrauchmelders: 1 Elektrode, 2 Strahlungsquelle

Für den Ionisationsstrom  $I_0$  gilt:

$$I_0 = 2e \cdot A_{Am} \frac{E_{Kin,\alpha}}{E_{Ionisation}} = 4 \mu A$$

Aktivität von  $Am^{241}$ :  $A_{Am} = 73,3 \text{ kBq}$   
 Ionisationsenergie von  $N_2$ :  $E_{Ionisation} = 33 \text{ keV}$   
 Kinetische Energie von  $\alpha$ -Teilchen:  $E_{Kin,\alpha} = 5,5 \text{ MeV}$   
 Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ist.

## 3. Physikalische Grundlagen des optischen Rauchmelders

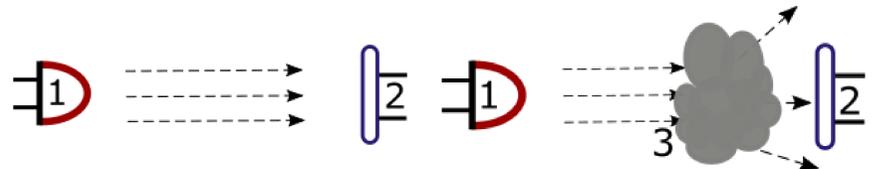


Abb. 2.1: Funktionsweise eines optischen Rauchmelders: 1 Infrarotdiode, 2 Fotodiode

Abb. 2.2: Funktionsweise eines optischen Rauchmelders: 1 Infrarotdiode, 2 Fotodiode, 3 Rauch

Das Licht der Infrarotdiode fällt auf die Fotodiode. Befindet sich Rauch dazwischen, wird das Licht gestreut und die Stromstärke sinkt, da weniger Licht auf der Fotodiode ankommt.

Für den fotoelektrischen Strom gilt:

Sei  $n$  die Anzahl der auf die Fotodiode treffenden Photonen pro Zeiteinheit und jedes Photon gebe seine ganze Energie  $h \cdot f$  an ein Elektron ab. Dabei sei die Energie des Photons größer als die Austrittsarbeit des Elektrons. So hat man pro Zeiteinheit  $n$  Elektronen, die zum fotoelektrischen Strom führen.

## 4. Versuchsaufbau und Durchführung des Ionisationsrauchmelders

Es werden drei  $Am^{241}$ -Präparate an die Seite einer Kiste angebracht, so dass die Luft zwischen den zwei unter Gleichspannung liegenden Elektroden ionisiert werden kann.

Bei dem Ionisationsrauchmelder sollte bei Raucheintritt die Stromstärkeänderung, die durch Stöße von den Ionen mit den Rauchmolekülen hervorgerufen werden, gemessen werden.

Das Nano-Amperemeter gibt die Stromstärke an den Elektroden an.

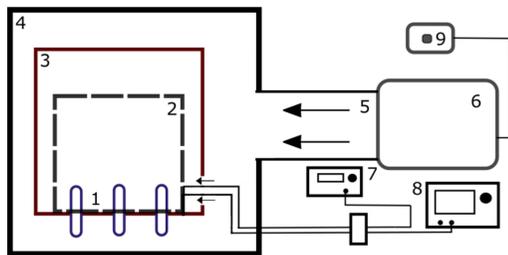


Abb. 3: Ionisationsrauchmelder (Ansicht von oben): 1  $Am^{241}$ -Präparate, 2 Elektroden, 3 Kiste, 4 Rauchkammer, 5 Röhre, 6 Nebelmaschine, 7 Netzteil, 8 Nanoamperemeter, 9 Auslöser der Nebelmaschine

## 5. Versuchsaufbau und Durchführung des optischen Rauchmelders

An den gegenüberliegenden Seiten einer schwarzen Kiste werden eine Fotodiode und eine Infrarotdiode befestigt und an einem Netzteil angeschlossen.

Beim optischen Rauchmelder wird die Stromänderung, die durch Streuung an den Rauchmolekülen auftritt, untersucht.

Die Stromstärke wird mittels eines Amperemeters an der Fotodiode gemessen.

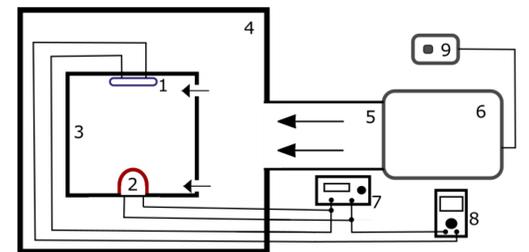


Abb. 4: Optischer Rauchmelder (Ansicht von oben): 1 Fotodiode, 2 Infrarotdiode, 3 Kiste, 4 Rauchkammer, 5 Röhre, 6 Nebelmaschine, 7 Netzteil, 8 Amperemeter, 9 Auslöser der Nebelmaschine

## 6. Ergebnisse

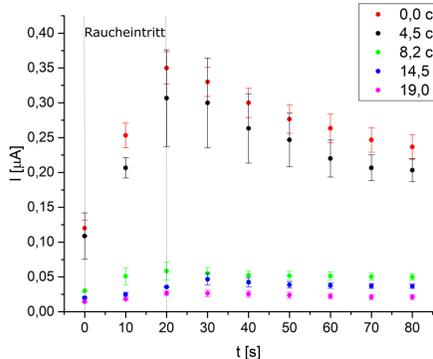


Abb. 5: Abstandsmessung des Ionisationsrauchmelders

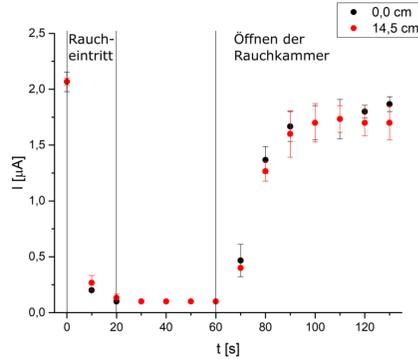


Abb. 6: Abstandsmessung des optischen Rauchmelders

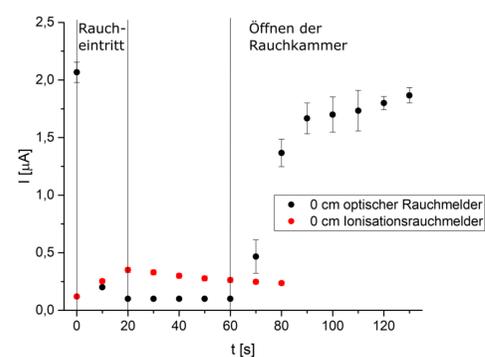


Abb. 7: Vergleichsmessung beider Rauchmelder

Bei zunehmendem Abstand zur Rauchquelle bemerken wir eine deutlich schwächere Veränderung der Stromstärke (s. Abb. 5 und Abb. 6).

Beim optischen Rauchmelder ist eine größere Veränderung der Stromstärke erkennbar als beim Ionisationsrauchmelder (s. Abb. 7).

## 7. Fazit

Die Empfindlichkeit der Rauchmelder nimmt mit der Entfernung zur Rauchquelle ab. Zudem haben wir gezeigt, dass der optische Rauchmelder empfindlich auf Rauch reagiert, jedoch ohne neuen Raucheintritt auch länger braucht, bis der Strom wieder zu seinem ursprünglichen Wert zurückkehrt.

Die Messung des Ionisationsrauchmelders ist jedoch nicht aussagekräftig, da dort nicht der gesuchte Ionisationsstrom gemessen wurde. Es wurde lediglich die Stromänderung untersucht, die durch den Rauch hervorgerufen wird. Dieser hat einen größeren Einfluss auf die Stromstärke als die Ionisation selber. Aufgrund der Zusammensetzung des Rauches wird dieser ebenfalls ionisiert, sodass es zu einer Stromstärkeänderung kommt.

## 8. Literatur

- [1] <https://www.bvfa.de/de/151/stationaere-loeschtechnik/steuerungstechnik-fuer-loeschanlagen/brandmeldetechnik/> (Stand: 23.03.18)
- [2] <https://www.rauchmelder-lebensretter.de/rauchmelder-im-test/optischer-rauchmelder/> (Stand: 23.03.18)
- [3] A. Beer, S. Kunze, D. Meyer. Physikalisches Praktikum für Studierende der Geowissenschaften. 2017; S. 75-79

## 9. Danksagung

Wir bedanken uns bei:  
 - Frau Dr. Möller und Herrn Dr. Meyer für Ihre Unterstützung und Ratschläge  
 - den (Elektro-) Technikern für die Hilfe beim Bau der Rauchmelder