

# **Der Operationsverstärker**

Paul Becker                      Alina Nasr-Esfahani  
(paul.becker@udo.edu)      (alina.esfahani@udo.edu)

Durchführung: 18.06.2018, 1. Abgabe: 08.06.2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>2</b>
3.1	Frequenzgang eines gegengekoppelten Verstärkers . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>3</b>

## 1 Theorie

Myonen werden in der Atmosphäre durch Kollision von Teilchen dort mit Protonen aus extragalaktischen Quellen erzeugt. Da sie sich mit relativistischer Geschwindigkeit bewegen, erreichen sie trotz ihrer kurzen Lebensdauer den Erdboden. Der Zerfall in ein Elektron und zwei Neutrinos kann mit Hilfe eines geeigneten Versuchsaufbaus gemessen und so die Lebensdauer der Myonen bestimmt werden.

## 2 Durchführung

Die Myonen, die gemessen werden sollen, entstehen größtenteils aus Pionzerfällen in der oberen Atmosphäre. Aufgrund ihrer relativistischen Energie erreichen sie den Erdboden. Durch Wechselwirkung mit Materie geben sie einen Teil ihrer kinetischen Energie ab. Bei Durchgang durch einen Szintillator in einem Edeltank regt die abgegebene Energie das Szintillatormaterial an, sodass bei der Rückkehr in den Grundzustand Photonen im kurzwelligen sichtbaren bis UV-Bereich emittiert werden. Diese Photonen werden mit zwei Sekundärelektronenvervielfachern (SEV) detektiert, die an den Enden des Tanks angebracht sind. Niederenergetische Myonen können innerhalb des Detektionsvolumen in ein Elektron zerfallen, welches ebenfalls durch einen Lichtblitz ein Signal auslöst. Der zeitliche Abstand zwischen dem Myon- und dem Elektronsignal ist dann die Lebensdauer des Myons im Tank.

## 3 Auswertung

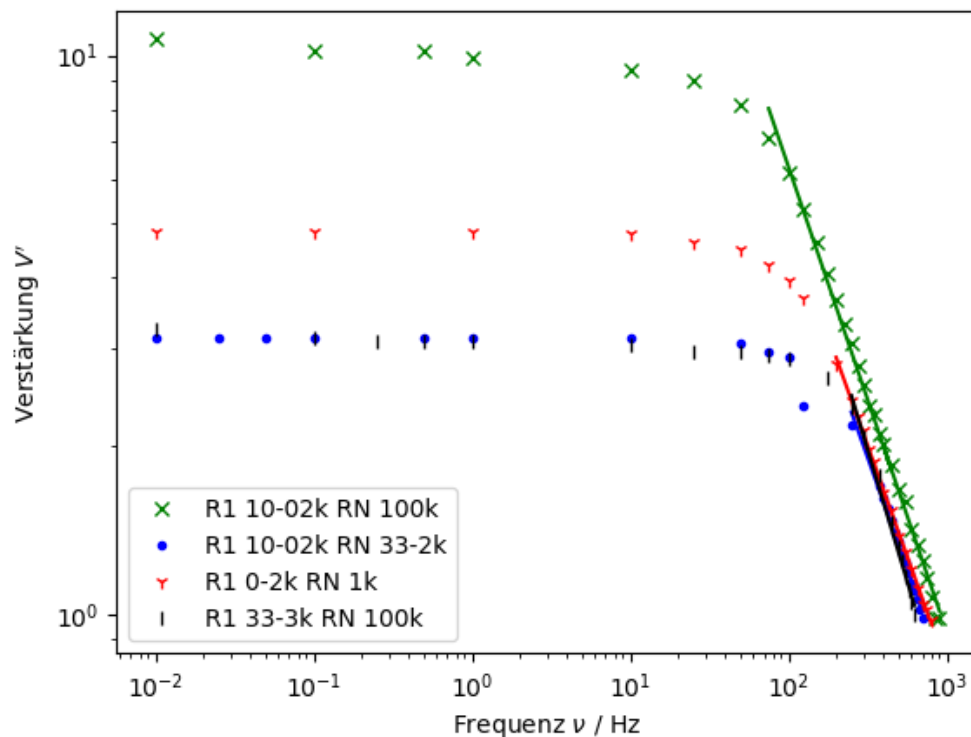
Ausgleichsrechnungen mit den dazugehörigen Fehlern werden mit dem `python`-Paket `SciPy` [1] erstellt, weitere Fehler werden mit dem `python`-Paket `uncertainties` [2] berechnet, welches eine automatische Gauß'sche Fehlerfortpflanzung bereitstellt.

### 3.1 Frequenzgang eines gegengekoppelten Verstärkers

Die Frequenzabhängigkeit des Linearverstärkers wird untersucht, indem die Verstärkung bei verschiedenen Frequenzen über mehrere Zehnerpotenzen gemessen wird. Dies wird für vier verschiedene Kombinationen von Widerständen durchgeführt. Eine doppelt-logarithmische Darstellung der Frequenzgänge ist in Abbildung 1 gezeigt. Die durchgezogene Linie stellt dabei jeweils den linearen Fit der Form

$$\log_{10} V' = A \cdot \log_{10} \nu + B \quad (3.1.1)$$

an den abfallenden Teil bei hohen Frequenzen dar, wobei  $V' = U_A/U_E$  ist. In Tabelle 1 werden die verwendeten Widerstände, die daraus resultierenden Fitparameter und die Grenzfrequenzen – also die Frequenz, bei der die Verstärkung auf  $V'/\sqrt{2}$  abgefallen ist – zusammengefasst. Das Verstärkung-Bandbreite-Produkt  $\nu_G V'$  ist ebenfalls eingetragen. Der Mittelwert des Verstärkung-Bandbreite-Produkts der vier gemessenen Widerstandskombinationen ist  $(833 \pm 37) \text{ Hz}$ , auch die Abweichungen davon sind 3.5, 1.6, 6.6 und 4.8%.



**Abbildung 1:** Frequenzgang eines gegengekoppelten Verstärkers - bei kleinen Frequenzen ist die Verstärkung in etwa konstant, nimmt dann aber mit größer werdenden Frequenzen exponentiell ab.

**Tabelle 1:** blub

$R_1/\text{k}\Omega$	$R_N/\text{k}\Omega$	A	B	$V'$	$R_N/R_1$	$\nu_G/\text{Hz}$	$\nu_G \cdot V'/\text{Hz}$	V
10.02	100.0	$-0.83 \pm 0.01$	$2.47 \pm 0.03$	10.69	9.98	80.74	862	3.5%
10.02	33.2	$-0.80 \pm 0.02$	$2.27 \pm 0.06$	3.13	3.31	262.07	820	1.6%
1.00	0.2	$-0.79 \pm 0.01$	$2.28 \pm 0.03$	4.85	5.00	160.60	778	6.6%
33.30	100.0	$-0.94 \pm 0.04$	$2.70 \pm 0.10$	3.25	3.00	269.00	873	4.8%

## 4 Diskussion

Der experimentell bestimmte Wert für die Myonlebensdauer beträgt  $(2,330 \pm 0,002) \mu\text{s}$ . Dieser stimmt mit einem relativen Fehler von 5,6 %, gut mit dem Theoriewert [3] überein. Der Fehler lässt sich eventuell durch eine noch längere Messung reduzieren.

## Literatur

- [1] Eric Jones, Travis Oliphant, Pearu Peterson u. a. *SciPy: Open source scientific tools for Python*. 2001. URL: <http://www.scipy.org/>.
- [2] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. 2018. URL: <http://uncertainties-python-package.readthedocs.io/en/latest/#>.

Datum:  
18.06.2018

Der Operationsverstärker  
von Paul Becker,  
Alina Nasr-Esfahani

Versuchs Nummer:  
V51

- [3] C. Patrignani u. a. „Review of Particle Physics“. In: *Chin. Phys.* C40.10 (2016), S. 100001. DOI: 10.1088/1674-1137/40/10/100001.