

# Der TI-84 Plus im Physikunterricht der Oberstufe

## Beispiele für den Einsatz von EasyLink™ und EasyData™

Jürgen Enders

### 1. Vorbemerkungen

EasyLink™ ist ein einfach zu bedienender Einkanal-Messwertaufnehmer für den TI-84 Plus und kann bei vielen Versuchen eingesetzt werden. Das kleine Gerät benötigt keine eigene Stromquelle, denn es wird über den USB-Port mit dem Taschenrechner verbunden. Voraussetzungen für die Verwendung von EasyLink™ sind:

- Das Betriebssystem 2.40 und
- die Applikation EasyData™ 2.0 müssen auf dem TI-84 Plus installiert sein
- ein Sensor, der an EasyLink™ angeschlossen wird.

Ich beschränke mich in den Beispielen auf die Verwendung eines Spannungssensors, wie er in der Sekundarstufe II häufig zum Einsatz kommt.

Wird EasyLink™ mit dem TI-84 Plus verbunden, erkennt der Taschenrechner das Gerät und startet EasyData™. Sobald ein Sensor angeschlossen ist, erkennt ihn die Applikation und der Messwert wird mit großen Ziffern im MAIN-Bildschirm der Applikation dargestellt. Jetzt arbeitet die Gerätekombination als normales Digital-Multimeter (DMM).

Mit den Funktionstasten kann man nun verschiedene Aktionen auslösen. Zur Aufzeichnung von Messreihen bietet das **SETUP** (F2)(Abb. 1) mehrere Möglichkeiten. Bei den nachfolgenden Beispielen wurde stets der Modus **ZEIT-GRAPH** (Abb. 2) verwendet, die Geräte also als xt-Schreiber eingesetzt. Es lassen sich die Intervalllänge und die Anzahl der Messwerte einstellen, woraus EasyData™ die Dauer der Messreihe errechnet. Es können maximal 375 Messwerte im Abstand von minimal 0,005 s aufgenommen werden.



Abb. 1

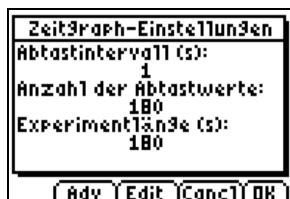


Abb. 2

Mit **START** (F3) wird eine Messreihe gestartet; mit **STOP** kann sie jederzeit unterbrochen werden. Man kann den Fortgang der Messreihe graphisch in einem Vorschaumodus verfolgen. Ist die Messung beendet, erscheint die Grafik in einem den Messwerten angepassten Fenster. Jetzt hat man die Möglichkeit, über **ANLYZ** (F3) die Grafik auszuwerten (Abb. 3) oder sich über **ADV** (F1) (Abb. 4) auch andere Plots z.B. zu Vergleichszwecken anzusehen.



Abb. 3

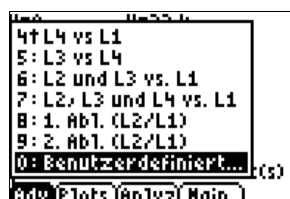


Abb. 4

Die aufgenommene Messreihe wird in den Listen **L1** (Zeit) und **L2** (Messwerte) gespeichert. Diese Listen werden bei jeder neuen Messreihe überschrieben. Für vergleichende Untersuchungen sollte man die Listen unter einem anderen Namen speichern. Man kann sie auch mit TI-Connect™ auf den PC übertragen und von dort als CSV-Datei in eine Tabellenkalkulation exportieren.

Die Messgraphen lassen sich als Screenshots problemlos mit TI-Connect™ auf den PC übertragen, auch wenn dazu EasyLink™ vom Taschenrechner getrennt werden muss, da der USB-Port benötigt wird. Während der Aufnahme einer Messreihe oder im DMM-Betrieb ist eine Kommunikation mit dem PC nicht möglich.

### 2. Auf- und Entladung eines Kondensators

Bei der Durchführung des Versuchs ist zu beachten,

- dass die Ladespannung kleiner als 10 V ist, da der Spannungssensor nur für Spannungen im Bereich 0 .. ±10 V ausgelegt ist.
- dass man einen Kondensator hoher Kapazität wählt, um gut messbare Ladezeiten zu erhalten

Außerdem habe ich die standardmäßig montierten Abgreifklemmen des Spannungssensors durch handelsübliche Bananenstecker ersetzt.

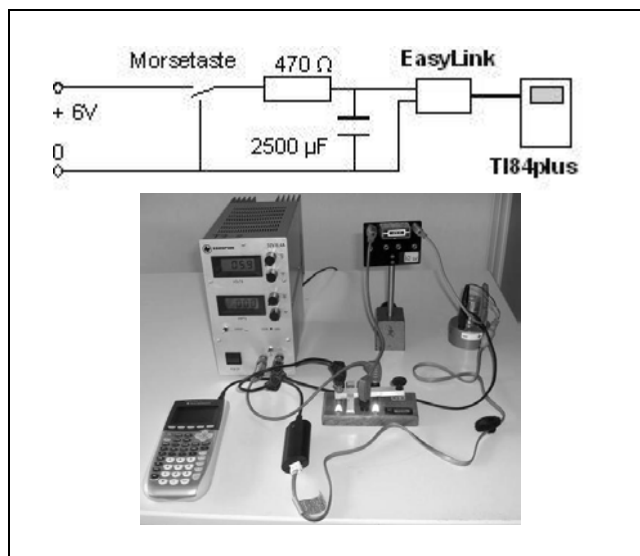


Abb. 5

Abb. 5 zeigt den Schaltplan sowie den Versuchsaufbau, Abb. 6 zeigt die von EasyData™ erzeugte und automatisch skalierte Grafik.

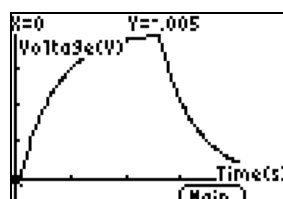


Abb. 6

Wählt man nur den Bereich der Entladung aus und führt man eine exponentielle Regression durch, so erhält man eine perfekte Überdeckung der Messdaten durch den Regressionsgraphen. Die Zeitkonstante ist dann  $R \cdot C \approx 1,387 \text{ s}$ , ein realistischer Wert für die verwendeten alten Bauelemente.

### 3. Pendel

Von mehreren Firmen gibt es starre Pendel ähnlich einem Uhrpendel, deren Bewegung in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Ich habe ein Pendel der Firma ERWE verwendet, bei dem ein Hallgenerator zum Einsatz kommt. Oberhalb der Pendelmasse ist eine Stativstange befestigt, die in einen Wassertank ragt, so dass eine deutliche Reibung erzeugt wird (Abb. 7).



Abb. 7

Zeichnet man nur wenige Perioden auf (Abb. 8), so lässt sich gut die Periodendauer bestimmen (hier  $T \approx 1,2 \text{ s}$ ). Bei mehreren Perioden, in Abbildung 9 sind es 15, wird die Dämpfung deutlich sichtbar.

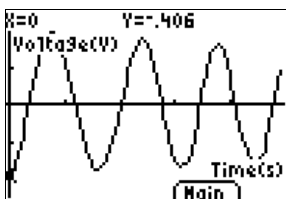


Abb. 8

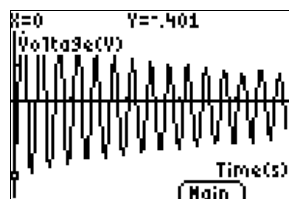


Abb. 9

Damit die Schwingung für eine Auswertung genau genug abgebildet wird, wurden hier 200 Messungen mit  $\Delta t = 0,1 \text{ s}$  durchgeführt. Zur Berechnung der Dämpfungsfunktion bestimmt man mittels TRACE die Maxima. Man kann sie auch gleich auf einen zweiten Taschenrechner übertragen und dort eine exponentielle Regression durchführen. Die gemeinsame Darstellung von Regressionsfunktion und Schwingung ergibt dann die Abb. 10.

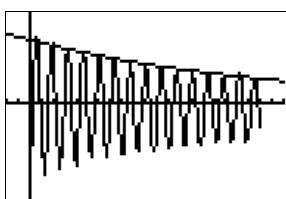


Abb. 10

### 4. Franck-Hertz-Versuch

Üblicherweise stellt man den Auffängerstrom gegen die Beschleunigungsspannung dar. Der Versuch kann mit einem Einkanal-Messgerät durchgeführt werden, wenn man dafür sorgt, dass der Spannungsanstieg konstant erfolgt. Ich habe im Versuch ein Netzgerät verwendet, das einen linearen Spannungsanstieg erzeugt (Abb. 11). Die Anstiegsgeschwindigkeit sowie die maximale Spannung habe ich vorher durch Ausprobieren bestimmt und EasyData™ entsprechend eingestellt.

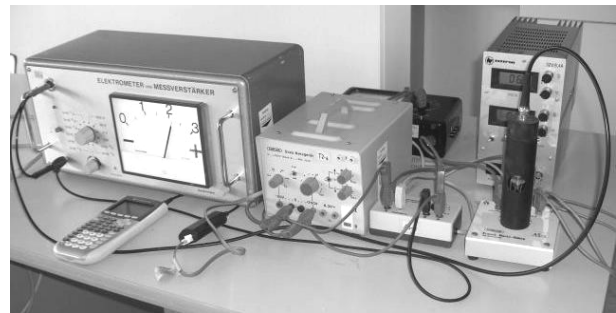


Abb. 11

Die Beschleunigungsspannung ist jetzt proportional zur Zeit (Zeitachse), und der Auffängerstrom wird auf der y-Achse dargestellt (Abb. 12) - natürlich als Spannung, da ja ein Spannungssensor verwendet wird!

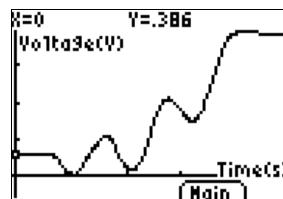


Abb. 12

EasyData™ und das Netzgerät werden zeitgleich gestartet; die Applikation wird gestoppt, wenn die maximale Spannung erreicht ist. Dieser Zeitpunkt lässt sich im Graphen durch Abtasten mit TRACE noch genauer bestimmen.

Im Beispiel waren 50 V nach 167 Zeitintervallen zu je 0,075 s erreicht. Das ergibt pro Zeitintervall einen Spannungsanstieg von  $\Delta U \approx 0,3 \text{ V}$ . Damit erhält man für die Minima 12,9 V - 26,1 V - 39,3 V.

### 5. Spektrum der Röntgenröhre

Das Spektrum wird mit der Drehkristallmethode unter Verwendung eines NaCl-Kristalls bestimmt. Die Drehung muss mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit erfolgen, damit Zeit und Winkel zueinander proportional sind, so dass man aus der Zeit auf den Winkel zurück schließen kann.

Ich habe dazu einen langsam drehenden Experimentiermotor verwendet, der einen Stahldraht aufwickelt, der vom Drehknopf der Winkelverstellung abgewickelt wird (Abb. 13).

EasyLink™ wurde an den Analog-Ausgang (für ein Zeigermessinstrument) des GM-Betriebsgerätes angeschlossen.

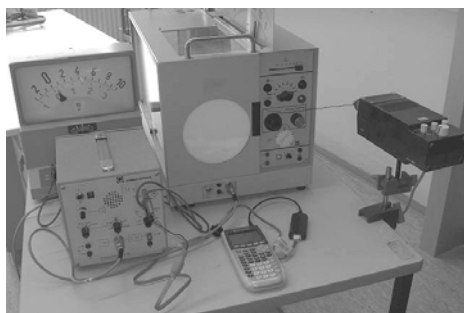


Abb. 13

Die Zeiger für die Winkelstellung wandern dabei langsam über eine Skala. EasyData™ wurde bei  $4^\circ$  gestartet und bei  $12^\circ$  wieder gestoppt. Bei  $\Delta t = 0,25$  s und 200 Messungen ergab sich eine effektive Messzeit von 48 s, damit eine Geschwindigkeit von  $0,083$  °/s (Abb. 14).

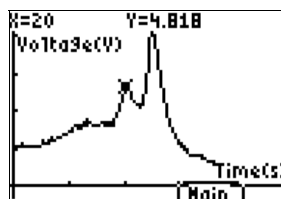


Abb. 14

Für die  $K_\alpha$ -Linie ergibt sich ein Winkel von  $8,3^\circ$  gegenüber dem Literaturwert von  $7,3^\circ$  für das 1. Maximum.

**Autor:**

Jürgen Enders, Hameln (D)

Gymnasium Bad Pyrmont

[aj.enders@t-online.de](mailto:aj.enders@t-online.de)