

# Warum brennt eine Glühlampe häufig beim Einschalten durch?

Dr. Karl Heinz Keunecke

## Vorüberlegungen

Bekanntlich ist der Metallfaden der Glühlampe ein Kaltleiter, so dass der Strom beim Einschalten wesentlich größer ist als im Dauerbetrieb. Das bedeutet, dass sich die Glühwendel beim Einschalten schnell erhitzt und zu glühen beginnt. In dem heißen Zustand ist ihr Widerstand erheblich größer und der Strom sinkt auf den stationären Wert ab, der auf der Lampe steht. Wenn allerdings durch längeren Einsatz die Glühwendel - z.B. durch Verdampfen - an einer Stelle etwas dünner geworden ist, so erhitzt sich diese Stelle beim Einschalten schneller als der restliche Teil des Drahtes. Die Erwärmung ist dort auch stärker als sonst im Normalbetrieb, weil der Strom weit über dem Nennwert liegt. Somit ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Wendel an der dünnsten Stelle schmilzt, recht hoch. Es kann sogar beim Durchbrennen ein Lichtbogen auftreten. In dem Fall springt dann sogar der Sicherungsautomat an, weil der Strom zu groß wird.

Schülerinnen und Schüler müssen das Ohmsche Gesetz bereits behandelt haben, wenn sie die beschriebene Aufgabe bearbeiten sollen. Sie werden bei ihren Versuchen erkennen, dass bei der Glühwendel der Quotient aus Spannung und Strom keineswegs konstant ist, sondern von der angelegten Spannung abhängt. Es muss also eine neue Beschreibung der Beziehung zwischen Stromstärke und Spannung gefunden werden.

Das beschriebene Durchbrennen einer Lampe bei normaler Betriebsspannung kann im Unterricht nicht simuliert werden, wohl aber das "normale" Einschaltverhalten. Daraus kann dann eine Antwort auf die gestellte Frage hergeleitet werden.

Die Messungen werden mit dem Datenerfassungsgerät für Handheldcomputer CBL 2™ durchgeführt, die Aufzeichnung und die Auswertung erfolgt mit dem Taschencomputer Voyage™ 200.

## Durchführung der Messungen

Es wird in den Stromkreis mit der Glühbirne (4V/0,3A) eine Stromsonde eingefügt und gleichzeitig die Spannung gemessen. Beide Sonden werden an das CBL 2™ angeschlossen, wie in Abb.1 zu sehen ist. Die Spannung wird auf nur ca. 1V eingestellt, um den Messbereich der Stromsonde von 600 mV nicht zu überschreiten. Über den Taschencomputer Voyage™ 200 wird mit der Mess- und Auswertesoftware `data-mate()` das Messintervall auf 0,005 s und die Anzahl der Messungen auf 200 eingestellt. Die Messzeit beträgt somit 1 s.

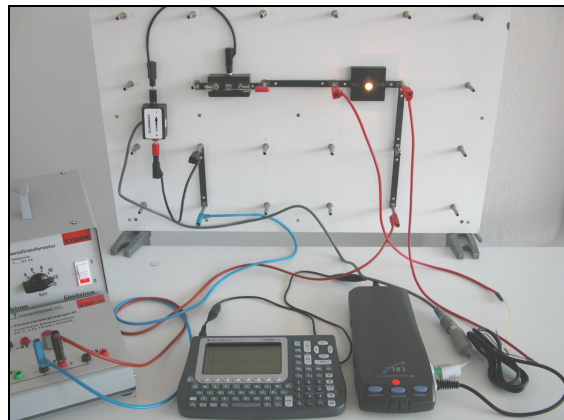


Abb.1: Messung des Einschaltstromes durch eine Glühbirne.

Es wird anschließend die Messung gestartet und kurz danach mit dem Schalter der Strom eingeschaltet.

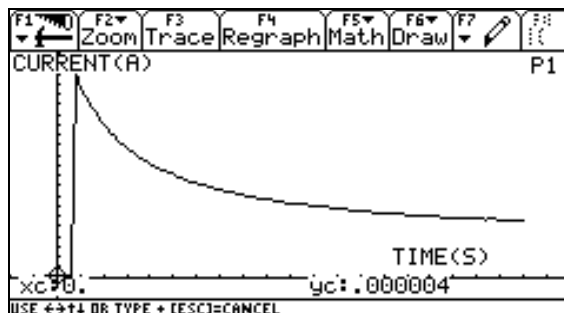


Abb.2: Einschaltstrom einer Glühlampe

## Auswertung und Interpretation der Messdaten

Der zeitliche Verlauf der Stromstärke ist in der Abb.2 grafisch dargestellt. Hier ist allerdings der Zeitbereich auf den interessanten Bereich von 0 s bis 0,3 s beschränkt worden. Zu Beginn springt die Stromstärke auf einen Wert von etwa 0,5 A, um dann nach 0,3 s auf einen Wert von 0,16 s abzufallen. Daraus können Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Einschaltzeit die gefährlichste Zeit für die Lampe ist, weil der Strom (in diesem Fall) 3,2 mal so hoch ist wie nachher, wenn die Lampe brennt. Dieser Einschaltvorgang ist nach etwa 0,3 s beendet, dann brennt die Lampe unverändert gleich hell.

Der Grund für dieses Verhalten liegt auf der Hand. Die Glühwendel hat im kalten Zustand einen wesentlich kleineren elektrischen Widerstand als im heißen.

Es liegt auf der Hand, diesen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung genauer zu untersuchen. Dazu ist es – im Gegensatz zu der bisherigen Untersuchung – erforderlich, die Spannung zu variieren. Wenn dann nach kurzer Zeit der Strom konstant ist, so ist eine Einzelmessung vorzunehmen. Für diese Messart wird im Setup-Menue statt *Time graph* der Modus *Selected events* eingegestellt. Die Spannung wird in Schritten von 0 V auf 5 V geregelt. Bei dieser Einstellung werden in der Anzeige die aktuellen Werte von U und I auf dem Display angezeigt, so dass man das gewünschte Werte-

paar mit der Enter-Taste speichern kann. Das Ergebnis der Messung ist in Abb.3 dargestellt (CH3 vs CH2).

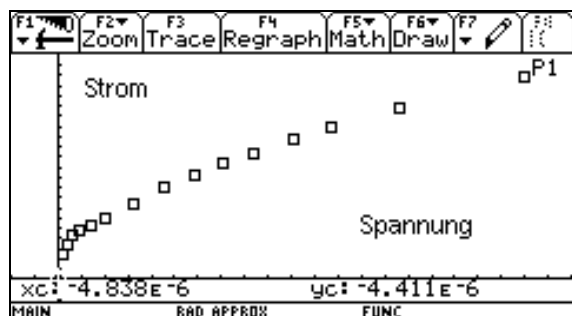


Abb.3: Stromstärke in Abhängigkeit von der angelegten Spannung.

Die Stromstärke steigt bis 0,2 V sehr stark an. Dann setzt ein erstes Glimmen ein und die Stromänderung wird deutlich geringer.

Es ist Schülerinnen und Schülern bekannt, dass bei ohmschen Widerständen das Strom-Spannungsdiagramm eine Gerade ist, deren Steigung die Leitfähigkeit des Widerstandes angibt. In Abb.3 ändert sich die Steigung ständig. Deshalb hat die Leitfähigkeit für jede Spannung U einen anderen Wert. Sie kann aber mit Hilfe der Messungen durch die Intervallsteigungen angenähert werden. Diese Berechnung ist in der Tabelle in Abb.4 erfolgt.

DATA	c4	c5	c6	c7	c8
1	undef	undef	undef	undef	undef
2	-4.E-6	-.042	-5.E-6	-.059	1.412
3	.042	-.020	.059	-.059	3.000
4	.061	-.013	.117	-.059	4.364
5	.075	-.009	.176	-.078	9.143
6	.083	-.011	.254	-.137	12.445
7	.094	-.012	.391	-.176	14.399

**c8=c7/c5**

Abb.4: Berechnung der Widerstände pro Intervall (1)

DATA	c4	c5	c6	c7	c8
10	.159	-.022	1.251	-.371	16.889
11	.181	-.021	1.623	-.332	16.000
12	.202	-.017	1.955	-.352	20.571
13	.219	-.024	2.307	-.469	19.200
14	.243	-.020	2.776	-.430	22.001
15	.263	-.034	3.206	-.821	24.000
16	.297	-.055	4.027	-1.466	26.666

**Gr16c8=26.666242316226**

Abb.5: Berechnung der Widerstände pro Intervall (2)

Da im Allgemeinen der elektrische Widerstand für die Lernenden anschaulicher ist als die Leitfähigkeit wird in Spalte c8 der Widerstand und nicht die Leitfähigkeit berechnet. Die Messwerte für den Strom sind in der Spalte c2 (nicht sichtbar) gespeichert. In c4 werden diese Werte eine Zeile nach unten verschoben mit shift(c2) (Deshalb gibt es keinen Wert in Zeile 1). Dann werden mit c4-c2 die Stromänderungen in den Intervallen in c5 berechnet. Ebenso sind die Spannungsänderungen in den Intervallen in c7 bestimmt worden. Mit c7/c5 wird in c8 der Widerstand für das jeweilige Intervall berechnet. Aus den Abbildungen 4 und 5 wird abgelesen, dass der Widerstand von 1,4 Ω bis auf fast 19 Ω ansteigt. In Abb. 6 ist schließlich der Widerstand der Lampe als Funktion der angelegten Spannung dargestellt. Anhand der Abhängigkeit des Widerstandes eines Metalldrahtes von der Spannung und damit von der Temperatur wird deutlich, dass das verwendete Metall ein sogenannter Kaltleiter ist.

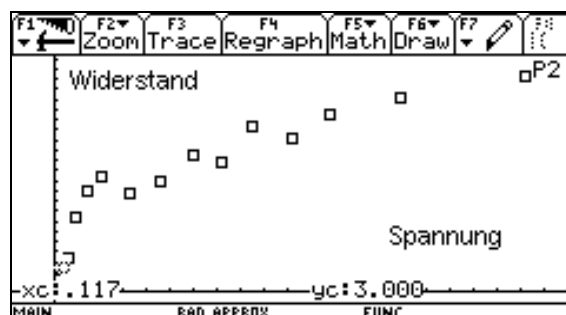


Abb.6: Widerstand der Glühlampe in Abhängigkeit von der Spannung.

**Zusammenfassung**

Bereits mit Abb. 1 wird qualitativ nachgewiesen, dass eine Glühbirne beim Einschalten besonders gefährdet ist. Damit könnte die Untersuchung bereits beendet werden.

Die nachfolgenden qualitativen Untersuchungen führen zusätzlich zu einer allgemeineren Definition des elektrischen Widerstandes. Außerdem haben sich Schülerinnen und Schüler erarbeitet, wie Kennlinien von elektrischen Bauelementen aufgenommen werden können. Über die Ursachen für das Durchbrennen der Glühwendel einer Lampe geben die Versuche keinen Aufschluss. Hierfür müssen andere Quellen herangezogen werden.

**Autor:**

Dr. Karl-Heinz Keunecke,  
E-Mail: [kh.Keunecke@keukiel.de](mailto:kh.Keunecke@keukiel.de)