

einen Strom, welcher den Minutenzeiger um eine Minute fortrücken macht. Es kann dies auf zweierlei Arten geschehen, entweder wirkt ein gewöhnlicher Elektromagnet auf einen Anker und zieht diesen jede Minute einmal an. (Gleichstromuhren) oder man bedient sich eines sogen. polarisirten Elektromagneten, welcher einen ebenfalls polarisirten Anker bald nach rechts und bald nach links anzieht, was durch Ströme veranlasst wird, die jede Minute eintreffen aber jedesmal in der dem vorherigen umgekehrten Richtung (Wechselstrom-Uhren).

Als Prototyp der erstern Gattung elektrischer Uhren mag die Uhr von Bain gelten, als Prototyp der zweiten gilt diejenige von Hipp.*)

Bei der Installation einer Reihe elektrischer Uhren in einem Gebäude oder gar in einer Stadt ist es zunächst wichtig, dass die Uhren möglichst wenig Störungen ausgesetzt seien und namentlich dass die Einflüsse der atmosphärischen Elektrizität möglichst unschädlich gemacht werden. Hipp hat dieses eben zuerst durch die Anwendung von Wechselströmen erreicht.

Nehmen wir an, der Zeiger einer Uhr sei durch einen positiven Strom vorgesprungen und es folgt ein Gewitterschlag in der Nähe der Uhren-Leitung, so kann derselbe einen positiven oder auch einen negativen Strom in der Uhrenleitung induciren. Wäre der Strom positiv, so wird er keine Wirkung auf den Anker ausüben, da der vorhergehende Batteriestrom positiv war und erst ein negativer Strom den Anker wieder bewegen würde; wäre er negativ, so könnte allenfalls der Anker bewegt werden und in Folge dessen der Zeiger um eine Minute springen, nur wird dann der darauf folgende negative Batteriestrom keinen Einfluss haben und die nächste Zeigerbewegung erst wieder durch den übernächsten also positiven Batteriestrom in Gang kommen. Man ersieht daraus leicht, dass eine solche Uhr eben immer richtig gehen wird, während ihre alten Schwestern, die Gleichstromuhren, auf jeden Strom reagieren, durch jeden Gewitterstrom um eine Minute springen und somit nach jedem Gewitter vorgehen werden.

Als zweiter, wichtiger Factor bei der Wahl einer elektrischen Uhr ist in Betracht zu ziehen, ob dieselbe im Unterhalt billig oder theuer zu stehen kommt, und hier handelt es sich zunächst darum, dass einerseits möglichst wenig Strom zum Betriebe erforderlich sei, und dass dieser Strom von der möglichst geringsten Anzahl Elemente erzeugt werden kann.

Wir werden in Folgendem diesen Satz erläutern.

Der internationale elektrische Congress in Paris hat als elektrische Normalmasse folgende Grössen festgesetzt:

Einheit der Stromstärke = 1 Ampère.

Dieser Strom schlägt in einem galvanoplastischen Bade 4,05 Gr. Silber pro Stunde nieder. In einem galvanischen Element, welches einen Strom von 1 Ampère giebt, werden 1,226 Gr. Zink aufgelöst oder per Secunde 0,34 Milligramm. Die Elektrizitätsmenge, welche einen Strom von einem Ampère Stärke in einer Stunde verbraucht, heisst ein Coulomb. Man sagt daher z. B. dass zur Erzeugung eines Coulomb in einem Elemente 0,34 Milligr. Zink erforderlich seien oder dass 3600 Coulomb = 1 Ampère per Stunde 1,226 Gramm Zink auflösen.

Die Stromstärke (Ampères) hängt ab einerseits von der sogenannten elektro-motorischen Kraft der den Strom liefernden Batterie und andererseits von den Widerständen im Stromkreise.

Bezeichnet J die Intensität in Ampères, W den Widerstand in Ohm, wobei 1 Ohm dem Widerstande einer Quecksilbersäule von 106 cm. Länge und 1 □ mm. Querschnitt gleichkommt, so hat man die Gleichung

$$I.) \quad J = \frac{E}{W}$$

in welcher E die elektromotorische Kraft darstellt.

Ist J = 1 Ampère und W = 1 Ohm, so ist E = 1 Volt; diese elektromotorische Kraft ist nahezu derjenigen eines Daniell Elementes gleich, genau genommen hat ein Daniell-Element die elektromotorische Kraft von 1,068 Volt. Ein zweites wichtiges Gesetz ergiebt die Arbeit, welche ein Strom in einem Drahte leistet, z. B. in den Spulen eines Elektro-Magneten. Wir wollen dieses Gesetz hier nicht ableiten, sondern nur anführen, es lautet: Die Arbeit eines Stromes in einem Leiter (Drahte) in Kilogramm-Meter ist gleich dem Produkte aus Stromstärke in Ampères und Spannungs-Differenz in Volt an seinen beiden Enden, getheilt durch die Fallbeschleunigung an dem betreffenden Orte

$$II. \quad A = \frac{J \cdot E}{g}$$

Nun ist aber $J = \frac{E}{W}$ woraus $E = J \cdot W$ folgt und hieraus, indem man diesen Werth in II. einsetzt, erhält man das Gesetz von Joule in abgeänderter Form,

$$III. \quad A = \frac{J^2 \cdot W}{g}$$

Betrachten wir nun eine Installation elektrischer Uhren, welche alle von einer Batterie aus gespeist werden, so sehen wir sofort, dass zur Bewegung dieser Uhren eine gewisse Arbeit geleistet werden muss. Dieselbe wird hervorgerufen durch die Consumation einer gewissen Menge Zink (die andern chemischen Veränderungen wollen wir der Vereinfachung wegen ausser Acht lassen, da sie zum Verständnisse der Frage nichts beitragen) in der Batterie.

Es wird daher dasjenige System von Uhren das beste sein, welches unter sonst gleichen Verhältnissen so beschaffen ist, dass es den geringsten Zinkverbrauch in der Batterie erfordert um gut zu gehen.

Aus den obigen Gleichungen folgt aber noch ein weiterer Satz, nämlich, dass es nicht etwa darauf ankommt, dass die Uhr mit der geringsten Stromstärke die beste ist, sondern dass es auch nöthig, dass

*) Die elektrische Uhren von Grau gehören ebenfalls in diese Kategorie sie unterscheiden sich von denen von Hipp dadurch, dass bei ihnen der Anker sich stets in demselben Sinne weiter dreht anstatt eine hin und hergehende Bewegung zu machen.

man der Spannungsdifferenz an den Klemmen Rechnung trage, da hiervon die Anzahl Elemente abhängt, welche nöthig sind, um die Uhren in Gang zu bringen.

Nehmen wir an, ein Apparat, z. B. eine Uhr, bedürfe zu ihrem Betriebe 0,1 Ampère und 10 Volt, so müsste man also, (von dem Widerstande der Elemente abgesehen) 10 Daniell. Elemente hinter einander schalten, von denen ein jedes, da die Stromstärke 0,1 Ampère, und diese durch alle Elemente gleichmässig hindurchgeht, in jedem Element 0,122 gr. Zink per Stunde consumirt werden oder zusammen $10 \times 0,122$ gleich 1,22 gr. Nehmen wir nun an, ein anderer Apparat bedürfe die doppelte Stromstärke aber nur 2 Volt. Spannung, so werden die 0,2 Ampère von 2 Elementen geliefert werden können, es wird in jedem 1,22, 0,2 gr. Zink pro Stunde consumirt und in beiden zusammen $1,22 \times 0,2 \times 2$ gleich 0,48 gr., also ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal weniger, als bei dem ersten Apparate, obwohl bei diesem der Strom nur die Hälfte desjenigen betrug, welche bei dem 2ten verwendet wurde.

Obschon nun die Stromstärke an sich allein nicht die Güte der Uhr bedingt, so hat sie doch eine grosse Bedeutung, namentlich bei den Uhren, welche parallel an einer längeren Linie geschaltet werden. Wir haben nämlich bei jeder elektrischen Installation zweierlei zu unterscheiden; erstens die Apparate und zweitens die Leitungen. Der Strom muss durch beide hindurch und trifft in beiden Widerstände, welche er zu durchlaufen genöthigt ist. Hierbei wird eine Arbeit geleistet, welche durch die Zersetzung eines Quantums Zink repräsentirt wird. Es ist nun bei jeder Installation elektrischer Apparate dafür zu sorgen, dass dieselbe so getroffen wird, dass der geringste Theil der aufgewandten Arbeit auf die Leitung fällt.

Haben wir nun eine Anzahl, z. B. 100 Apparate parallel geschaltet an einer Leitung und jeder verbraucht 1 Ampère Strom, so ist der ganze Strom 100 Ampères. Nehmen wir nun an, dieser Strom durchlaufe eine Leitung, welche 10 Ohm Widerstand besitzt, so wird auf dieser Linie nach der Formel III. eine Arbeit geleistet, welche ist

$$\frac{100^2 \times 10}{9.8} = 10204 \text{ kgm.}$$

Es sollen nun die Apparate jeder einen Widerstand von 2 Ohm haben, so bedarf es einer Klemmspannung nach Formel I. von

$$1 \text{ Amp.} = \frac{x}{2} \text{ oder } x = 2 \text{ Volt.}$$

In jedem Apparate verlaufen somit 1 Amp. mit 2 Volt. Spannung, was einer Arbeit in jedem Apparate (nach Formel II.) von

$$\frac{E \cdot J}{g} = \frac{2 \cdot 1}{9.8} = 0,21 \text{ kgm.}$$

und in allen 100 Apparaten 21 kgm. entspricht. Man ersieht daraus, dass hier, um eine Leistung von 21 kgm. in den Apparaten zu erzielen, nicht weniger als 10204 kgm. in der Leitung verbraucht werden müssen.

Nehmen wir nun an, dass wir die Apparate so konstruiren, dass wir die nöthige Klemmspannung vergrössern und dafür die Stromstärke vermindern, so kommen wir leicht zu ganz anderen Resultaten. Würden wir die Klemmspannung auf 20 Volt. setzen und die Stromstärke auf 0,1 Ampère, so erhalten wir

$$\frac{0,1 \times 20}{9.8} = 0,2 \text{ Kilogramm-Meter}$$

für die Arbeit in einem Apparat oder 20 Kgm. in sämtlichen 100 Apparaten, somit wieder obige Werthe. Für die Leitung dagegen gestaltet sich die Sache anders. Die 100 Apparate bedürfen zusammen einen Strom von $100 \times 0,1 = 10$ Ampères, somit die Arbeit nach Formel III.

$$\frac{10^2 \times 10}{9.8} = 102 \text{ kgm.}$$

also hundert Mal weniger als im vorhergehenden Falle.

Es ergiebt sich daraus der Vortheil, Apparate mit geringer Stromstärke in allen solchen Fällen zu verwenden, wo die Leitungen selbst einen erheblichen Widerstand besitzen und man genöthigt ist, die Apparate parallel zu schalten.

Nach diesen Auseinandersetzungen wird es immer leicht verständlich sein, welche Angaben man bei einer Uhr zu verlangen hat, wenn man sie beurtheilen will, nämlich:

1. die Stromstärke, welche sie zu einem sichern Gang bedarf und
2. den Widerstand der Uhr oder die Klemmspannung (Letztere ist nicht immer leicht erhältlich, man theilt daher lieber die Stromstärke und den Widerstand der Uhr mit).

Um nun ein Beispiel zu geben, habe ich eine elektrische Wechselstrom-Uhr von Hipp mit einer ältern Gleichstromuhr von demselben verglichen und dabei folgende Resultate erhalten:

	E.	J.	W.	E. J.	Bemerkungen.
Gleichstromuhr. Widerstand 32,7 Ohm	950	29	189, ⁹⁹ = 13 Km.	27,550	Die Uhr ging noch.
			116, ⁵ Ohm = 8 Km.	47,500	" " " gut.
			43, ⁸ Ohm = 3 Km.	139,100	
Wechselstromuhr. Widerstand 145,6 Ohm	880	6	949 Ohm = 65 Km.	5,280	Die Uhr ging noch.
			438 Ohm = 30 Km.	16,300	" " " sicher
			146 Ohm = 10 Km.	61,200	und gut.
			73 Ohm = 5 Km.	86,880	

E. stellt die Klemmspannung in Millivolt. dar, J die Stromstärke in Milliampères, W den Widerstand in Ohm u. Km. 3 mm Eisen-

