

Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines mechanischen Impulses in gespannten Drähten

Dr. **Stefan Meyer.**

Aus dem physikalisch-chemischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 5 Textfiguren.)

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mechanischer Impulse in Drähten wurde bisher noch nicht direct gemessen. Man bediente sich, um dieselbe zu erfahren, meist akustischer Methoden, wie dies z. B. Masson, Wertheim, Warburg, Stefan, Kundt, Chladni und Andere thaten, oder aber berechnete sie aus Elasticitätsmodul und Dichte des betreffenden Körpers.

Wenn nun auch diese Methoden, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu finden, bisher einwurfsfrei geblieben sind, ist es doch von einer gewissen Bedeutung, directe Messungen vorzunehmen, sei es auch nur um eine einfache Bestätigung der bisher gefundenen Resultate zu erhalten.

Solche Messungen zu machen, ist mir mittelst eines Apparates von Navez¹ gelungen.

Ein Pendel (P) (Fig. 1), das an einer Seite einen Eisenkern (K) besitzt, wird durch einen Elektromagneten M_1 gehalten. Im Augenblicke, da der M_1 magnetisirende Strom unterbrochen

Bezüglich genauerer Beschreibung des Apparates verweise ich auf Mousson, Die Physik auf Grundlage der Erfahrung, III, S. 608, wo auch mehrere Schaltungsmethoden angegeben sind.

wird, fällt das Pendel und nimmt einen hinter demselben angebrachten, mit Nonius versehenen Zeiger Z durch Reibung mit M_2 ist ein zweiter Elektromagnet, der, sobald er erregt wird, eine Eisenscheibe S , die mit dem Zeiger starr verbunden ist, anzieht und festhält. Aus der Ablesung der Grade des Theilkreises lässt sich die Fallzeit des Pendels ermitteln.

Der verwendete Apparat stammt von J. Jasper in Liege und zeichnet sich durch ausgezeichnete Zapfen und Lager aus,

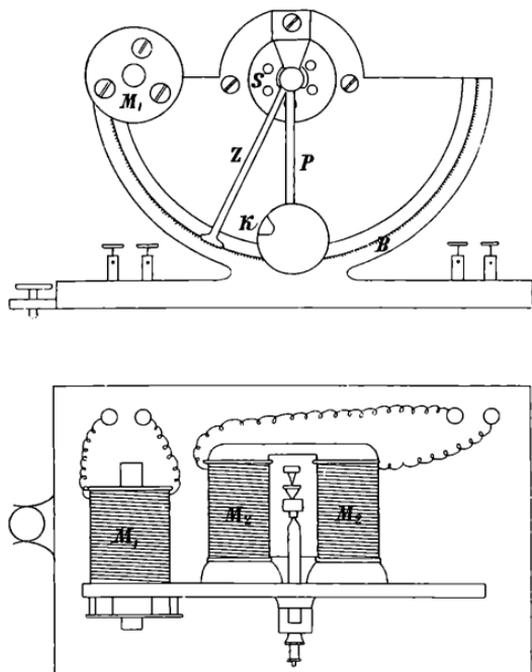


Fig. 1.

die nahezu reibungslos wirken. Tabellen, die ich auch durch Vergleichung mit Stimmgabelschwingungen controlirt habe, geben die berechneten Fallzeiten, die der Gradeintheilung des Bogens B entsprechen, an.

Da die zu messenden Zeiten sehr klein sind, muss, um das Pendel möglichst während seiner schnellsten Bewegung beobachten zu können, ein Fallapparat (Fig. 2) vorgeschaltet werden. Der erregte Elektromagnet M_3 trägt ein Gewicht G . Bei Stromunterbrechung fällt dieses ab, trifft die Feder F und löst hiedurch die Verbindung zwischen den Punkten α und β .

Die Feder F wird durch einen Sperrhaken H am Zurückschnellen verhindert. Die Träger T sind von den Klemmen K isolirt.

Der Magnet M_2 (Fig.1) wurde nicht durch Stromschluss, sondern durch Stromöffnung erregt, wie aus dem Schaltungsschema Fig. 3 hervorgeht, da sich letzteres im Verlaufe der Untersuchung als bei weitem exacter herausstellte.

Es wurden drei Stromkreise gebildet. I enthält den Arretirmagneten M_2 , in einer Wheatstone'schen Brücke, so dass, so lange bei F Contact ist, kein Strom zwischen β und γ circulirt.

Wird F , die Feder in Fig. 2, durch das herabfallende Gewicht getroffen und die Verbindung α — β unterbrochen, so wird auch M_2 erregt. L sind Glühlampenwiderstände, $w_1 w_2 w_3$ Regulir-

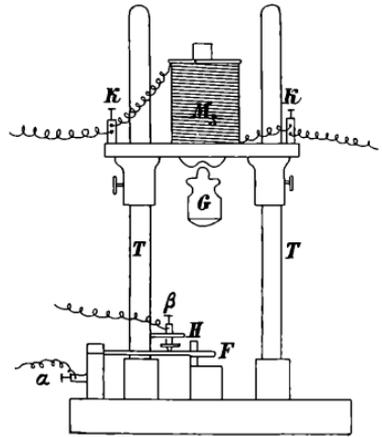


Fig. 2.

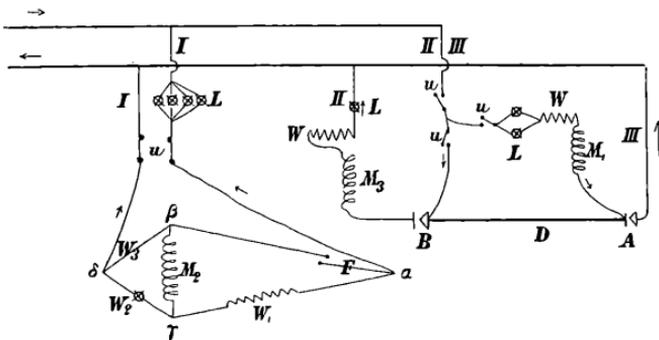


Fig. 3.

widerstände, und zwar w_2 im Verhältniss zu w_3 sehr gross gewählt, u ein Umschalter. Die Stromkreise II und III enthalten je einen der Elektromagnete M_3 und M_1 und je eine Contactstelle, zwischen denen der zu messende Draht D gespannt ist. L und W sind Glühlampen, respective Regulirwiderstände, u Unterbrecher.

Zur Messung wurden Drähte von circa 18 *m* Länge verwendet, die horizontal durch eine Zimmerflucht des Institutes gespannt waren.

Als Contacte *A* und *B* dienten zwei Schlitten (Fig. 4), die auf horizontalen Latten, welche an den beiden Enden der Beobachtungsräume sich befanden, leicht verschiebbar waren und durch passend angebrachte Schrauben *s, s* festgestellt werden konnten. Der Draht wurde mittelst Fadenschlinge aus Zwirn an das Häkchen *h* gehängt und zur Unterbrechung des Contactes bei *A* durch einen Bunsenbrenner der Faden durchgebrannt. Die Federn *F* waren so stark gewählt, dass der Contact sich leicht und plötzlich öffnen musste.

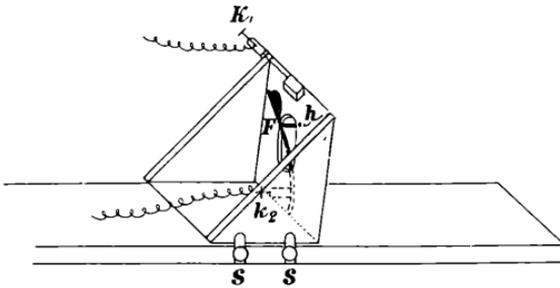


Fig. 4.

Der Vorgang ist sonach folgender. Zur Beobachtung wird das Pendel *P* mit dem Eisenkern an den Magneten M_1 gebracht und das Fallgewicht *G* an den Magneten M_3 angehängt. Die M_1 und M_3 erregenden Ströme sind so regulirt, dass Pendel und Gewicht eben noch getragen werden. Die als Regulirwiderstände vorgeschalteten Glühlampen dienen hiebei auch als Indicatoren des guten Contactes. Nun wird die Fadenschlinge durchgebrannt und so der Contact *A* gelöst: das Pendel fällt; der Impuls pflanzt sich durch den Draht fort, und es wird der Contact *B* gelöst: das Gewicht *G* fällt; das Gewicht trifft auf die Contactfeder *F* des Fallapparates: M_2 wird erregt, zieht die Scheibe *S* (Fig. 1) an und hält den Zeiger *Z* an einem bestimmten Punkte fest. Aus der Gradablesung an dem Bogen *B* (Fig. 1) erhält man die verflossene Zeit, welche die Summe aus Fortpflanzungsdauer im Drahte und der Fallzeit des Gewichtes darstellt.

Um alle übrigen Fehlerquellen zu eliminiren, wurde ein kurzes und ein langes Stück Draht der Messung unterzogen und in beiden Fällen alle Verbindungen gleich belassen, so dass aus der Differenz unmittelbar die Fortpflanzungszeit im Drahte bestimmt werden konnte.

Zur Vergleichung der Resultate mit den aus Elasticitätsmodul und Dichte berechneten Werthen mussten diese Grössen bestimmt werden. Die Messung des Elasticitätsmoduls geschah an einem Apparate, den Herr Rudolf Ludwig zur Zeit im Institute gerade zusammengestellt hatte und demnächst beschreiben wird; spezifisches Gewicht und Querschnitt wurden aus der Gewichtsabnahme in destillirtem, ausgekochtem Wasser gewonnen.

Die Werthe der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten wurden als Mittelwerthe aus Beobachtungsreihen von 50 bis 70 Messungen erhalten. Als Beispiel für die Genauigkeitsgrenze, sowie für die Berechnungsweise diene der Stahldraht.

Es ergab an der Gradscala die lange Drahtstrecke (Länge = $18 \cdot 01 m$) die Werthe:

53·4	54·05°	54·05°	54·3	53·75°
53·9	53·75	53·7	54·4	53·7
53·8	53·9	53·6	53·95	54·05
53·4	53·65	53·8	53·55	53·65
53·7	54·0	53·95	53·85	53·7
54·05	53·9	54·2	54·25	53·75
53·5	54·1	54·15	53·9	54·0
53·85	53·8	53·75	53·5	53·45
53·85	53·75	54·15	53·8	54·1
54·05	54·2	54·1	53·85	54·0

wovon das Mittel $53 \cdot 87^\circ$ ist.

Der mittlere Fehler des Mittelwerthes beträgt dann $0 \cdot 031^\circ$ (entsprechend $0 \cdot 00005$ sec.), der wahrscheinliche Fehler des Mittelwerthes $0 \cdot 021^\circ$ (entsprechend $0 \cdot 00003$ sec.).

Die kurze Drahtstrecke (Länge = $0 \cdot 26 m$) lieferte die Werthe:

52·1	51·5	52·05°	52·0 °	51·8
51·5	51·9	51·75	52·0	51·95
51·0	51·8	52·2	51·7	51·65
51·65	51·05	51 15	51·65	51·25
51·85	51·4	51·65	51·75	51·65
51·65	52·1	51·7	51·85	51·25
51·65	51·7	52·35	51·65	51·05
51·2	51·6	51·65	51·95	51·5
51·5	51·9	51·15	51·75	51·15
51·4	51·45	52·05	51·85	51·2
51·6	52·1	51·85	51·5	51·95
51·15	51·8	51·25	51·45	51·8

wovon das Mittel 51·64° ergibt.

Der mittlere Fehler des Mittelwerthes ist 0·041° (entsprechend 0·00006 sec.),

der wahrscheinliche Fehler des Mittelwerthes 0·027° (entsprechend 0·00005 sec.).

Die hiezugehörigen, der Tabelle entnommenen Zeiten und die daraus bestimmte Fortpflanzungsgeschwindigkeit ergibt die Zusammenstellung:

	Bogengrade	Aus der Tabelle entnommene Zeit in sec.	Fortpflanzungsdauer pro 1 <i>m</i> in sec.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit in <i>km/sec.</i>
Lange Drahtstrecke (18·01 <i>m</i>)	53·87°	0·06324		
Kurze Drahtstrecke (0·26 <i>m</i>)	51·64°	0·05958		
Differenz (17·75 <i>m</i>)	2·23°	0·00366	0·000206	4·85

In der folgenden Tabelle sind die auf gleiche Weise erhaltenen Werthe der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten einer Reihe von Drähten zusammengestellt mit den aus Elasticitätsmodul und specifischem Gewichte berechneten Grössen, sowie den aus den Tabellen von Landolt und Börnstein entnommenen Zahlen, die auf anderem Wege von verschiedenen

Forschern gefunden worden sind. Die Übereinstimmung kann in Anbetracht der Schwierigkeit der Bestimmungsmethode immerhin als genügend bezeichnet werden, obwohl in den gefundenen Werthen bloss die erste Decimale als sicher anzusehen ist.

	Fortpflanzungsgeschwindigkeit $\left(\frac{km}{sec}\right)$			Querschnitt des Drahtes in Quadratmillimetern	Elasticitätsmodul E	Specifics Gewicht σ
	nach den Tabellen von Landolt-Börnstein	gefunden	berechnet aus $C = \sqrt{\frac{E}{9806 \cdot \sigma}}$			
Magnesium	4·60 $\frac{km}{sec}$	4·92 $\frac{km}{sec}$	5·43 $\frac{km}{sec}$	0·212	5268	1·75
Aluminium.	5·10	5·08	4·73	0·502	6218	2·72
Eisen ..	5·02	5·00	4·71	0·243	17482	7·74
Stahl	4·98	4·85	5·07	0·086	20555	7·85
Nickel	4·97	4·98	4·45	0·199	17580	8·70
Kupfer _I	} 3·5—3·9	3·70	3·75	0·166	12813	8·94
Kupfer _{II}		3·57	3·38	0·512	10365	8·90
Kupfer _{III}		3·37	3·75	0·126	12855	8·94
Kupfer _{IV}		3·19	3·36	0·275	10257	8·93
Kupfer _V		3·17	3·27	0·382	9754	8·93
Zink ...	3·68	3·55	3·30	0·504	7988	7·18
Silber.	2·61	2·54	2·57	0·223	7136	10·60
Platin ..	2·79	2·16	2·28	0·122	14480	21·67
Messing 40% Cu, 60% Zn	3·2—3·6	3·68	3·86	0·125	12847	8·46
Bronze 80% Cu, 20% Sn	—	4·13	3·52	0·120	11247	8·67
Nickelin 60% Cu, 30% Ni, 10% Sn	—	3·97	3·75	0·195	12570	8·74

Anhang.

Ich will es nicht unterlassen, hier auf die Beziehung zwischen Atomgewicht der Substanz und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit hinzuweisen und trage zu diesem Zwecke in der folgenden Figur erstere als Abscissen, letztere als

Ordinaten auf. Hierbei entnehme ich die nicht von mir bestimmten Werthe einiger Substanzen den Tabellen von Landolt und Börnstein.

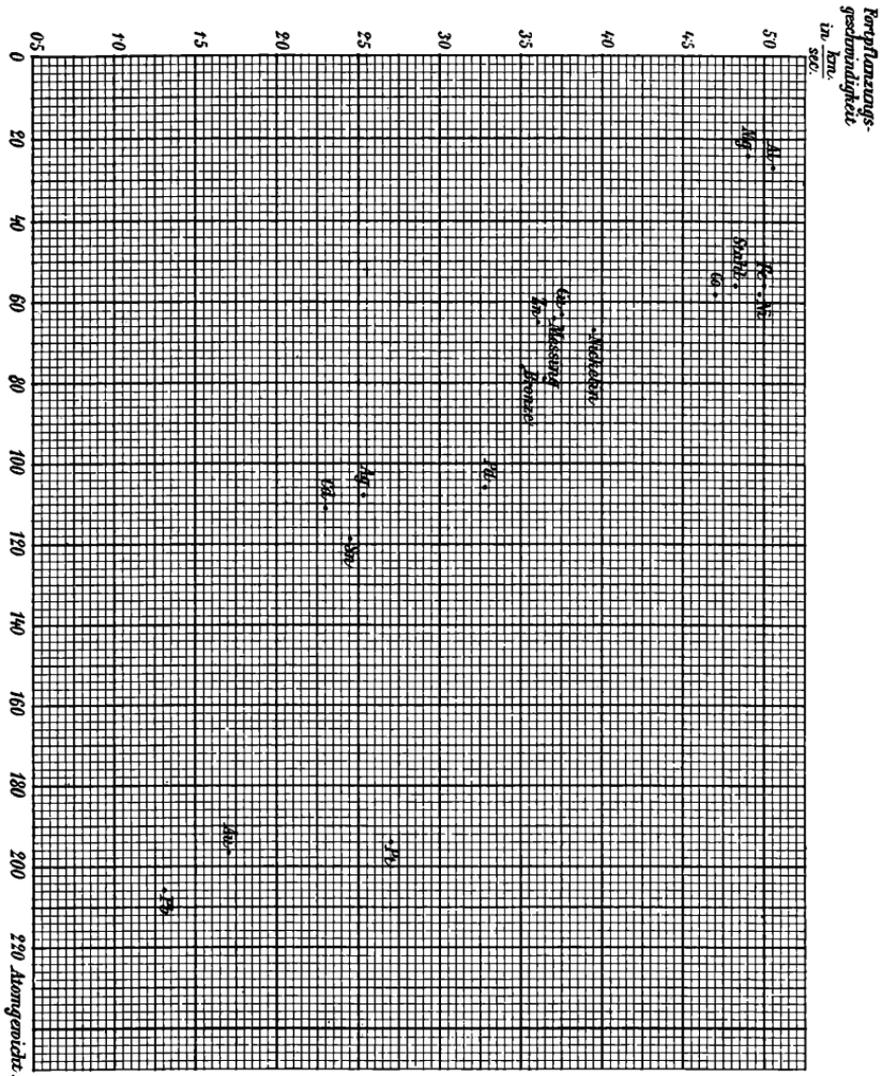


Fig.

Es zeigt sich eine deutliche Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit dem Atomgewicht.

Leider ist es nicht möglich, wirklich reine Substanzen zu untersuchen, die von allen durch die Bearbeitung des Materiales

hineingebrachten Spannungen und Zwangszuständen befreit sind. Speciell in den oben angeführten Werthen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in Kupferdrähten dürften solche Verschiedenheiten als Ursache der Abweichungen anzusehen sein.

Immerhin lassen sich aus der Zusammenstellung in Fig. 5 einige, wenn auch nicht vollkommen sichere Schlüsse ziehen.

1. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist sehr wahrscheinlich in einfacher Weise abhängig von der chemischen Constitution des Körpers.

2. Die Eisen-Palladium-Platin-Gruppen zeigen gegenüber den übrigen untersuchten Metallen auffallend höhere Werthe der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, was, da wir uns vorstellen müssen, dass der Impuls sich im Körper immer von einem selbständigen Theilchen zum nächsten übertragen muss, vielleicht darauf hindeutet, dass man es hier mit einer anderen Partikelgröße als bei den übrigen Metallen zu thun hat.

3. Die betrachteten Legirungen scheinen sich hinsichtlich ihrer Componenten in der Beziehung zwischen Atomgewicht und Fortpflanzungsgeschwindigkeit additiv zu verhalten.

Diese Arbeit ist im Institute des Herrn Prof. Dr. F. Exner ausgeführt worden und gestatte ich mir, an dieser Stelle ihm für die mir freundlichst gewährte Unterstützung meinen besten Dank auszusprechen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [105_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Stefan

Artikel/Article: [Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines mechanischen Impulses in gespannten Drähten 1014-1023](#)