

# UEBER DEN PERMANENTEN MAGNETISMUS DES NIKKELS UND DES STAHLS.

Mit einer Figurentafel II.

Von Prof. Dr. Anton Abt.

## I.

Längst schon ist der Unterschied im magnetischen Verhalten zwischen Schmiedeisen und Stahl bekannt. Während ersteres bedeutenden temporären Magnetismus aufnimmt, aber davon einen nur unbedeutenden Theil behält, ist bei Stahl der temporäre Magnetismus relativ viel geringer, hingegen der permanente bedeutend grösser. Nickel vereint in gewissem Grade die Eigenschaften dieser zwei magnetischen Körper; es nimmt Magnetismus leicht an, und behält denselben zum grossen Theil.

Behufs eingehender Vergleichung des magnetischen Verhaltens bei Nickel und Stahl habe ich zunächst den permanenten Magnetismus dieser Substanzen in zwei verschiedenen Fällen untersucht, nämlich 1. wenn die magnetisirende Kraft allmählig und 2. wenn dieselbe rasch ansteigt. Eine 3. Untersuchungsreihe bezieht sich auf die Änderung des Magnetismus dieser Substanzen bei Umkehrung des magnetisirenden Stromes. Bei allen diesen Untersuchungen benutzte ich Lamellen von gleichen Dimensionen: eine aus Nickel (N), eine aus glashartem ( $S_2$ ) — und eine dritte aus strohgelb angelassenen Stahl ( $S_1$ ). Die Dimensionen dieser Lamellen waren:

|       | Länge  | Breite  | Dicke    | Volum                |
|-------|--------|---------|----------|----------------------|
| N     | 9.8 cm | 0.92 cm | 0.097 cm | 0.87 cm <sup>3</sup> |
| $S_1$ | 10.0 " | 0.90 "  | 0.104 "  | 0.93 "               |
| $S_2$ | 10.2 " | 0.91 "  | 0.111 "  | 1.02 "               |

Die verwendete Magnetisirungsspirale hatte eine Länge von 20 Cm. und 441 Windungen, der mit Seide umspinnene Kupferdraht einen Durchmesser von 2 Mm.

Die Intensität des magnetisirenden Stromes wurde mit einem Elektrodynameter von Siemens gemessen, nach der Formel

$$I = C \sqrt{\alpha},$$

in welcher  $\alpha$  den Torsionswinkl bedeutet, wenn der Zeiger auf Null zurückgebracht wird. Der Werth der Constanten beträgt 0.76 Ampère, d. i. ein Strom, für welchen  $\alpha = 1^\circ$  ist, hat die Intensität  $I = 0.76$  Ampère.

Zur Bestimmung der magnetischen Momente der Lamellen, wurde eine Wiedemann'sche Tangentenbussole mit astasirtem Magnetringe, als Magnetometer verwendet. Die Lamellen wurden senkrecht auf den magnetischen Meridian in gleicher Höhe mit dem Magnetring (I. Hauptlage nach Gauss) gebracht, und die Ablenkung des Magnets mit Fernrohr und Scala beobachtet. Die Entfernung des näheren Endes der Lamellen von dem Magnetringe war stets 38.58 cm. Auch wurde stets dasselbe Ende der Lamellen der Bussole zugekehrt. Die Entfernung der Skala vom Spiegel der Bussole war so gross (231.37 Cm.), dass die in Skalentheilen ausgedrückten Ablenkungen den Tangenten der Ablenkungswinkeln, also auch den relativen magnetischen Momenten der Lamellen proportional angenommen werden konnten. Der Magnetring war durch einen Magnetstab so weit astasirt, dass schon sehr geringe magnetische Kräfte bei der erwähnten Entfernung der Lamellen einen messbaren Ausschlag verursachten.

Bei der ersten Beobachtungsreihe, welche ich mit den erwähnten drei Lamellen ausführte, wurde die Stromintensität von 0.027 Amp. angefangen allmählig so lange gesteigert, bis auch der gehärtete Stahl bei 8.992 Amp. sein grösstes magnetisches Moment erreichte. Bei jeder Stromstärke wurde die zu untersuchende Lamelle genau in die Mitte der Spirale gebracht, der Strom mittels einer Quecksilberwippe geschlossen, die Lamelle 1 Minute lang der Stromwirkung ausgesetzt, und dann ihr magnetisches Moment gemessen. Darauf wurde die Lamelle neuerdings in die Spirale geschoben, und nach 2 Minuten langen Stromschluss ihr Moment wieder gemessen.

Der Magnetismus der Lamellen vor der Einwirkung des Stromes war so unbedeutend, dass der durch denselben bewirkte Ausschlag am Magnetometer kaum 1 Skalenthcil (1 Mm) betrug.

Zur Messung der Stromintensitäten unter 0·76 Amp, für welche das Elektrodynamometer sich nicht eignet, verwendete ich eine Tangentenbussole von Siemens, dessen Reductionsfactor in Ampères bekannt war.

Bei den geringen Stromintensitäten von 0·027 und 0·262 Amp. war der geringe Magnetismus dieser Lamellen unter den gegebenen Verhältnissen noch nicht messbar, erst bei der Intensität von 0·415 Amp. konnte der Magnetismus des glasharten Stahls mit Sicherheit gemessen werden. Tabelle I. enthält die beobachteten magnetischen Momente dieser Lamellen bei langsam ansteigender Stromstärke. *I* bedeutet die Intensität des Stromes in Ampère's, *T* die Dauer der Einwirkung in Minuten, *M* das magnetische Moment, u. z. *M<sub>n</sub>* das des Nikkels, *Ms<sub>1</sub>* das Moment des gelbangelassenen und *Ms<sub>2</sub>* jenes des glasharten Stahls. In den drei folgenden Rubriken sind die Verhältnisse der Momente zu den Stromstärken und in den zwei letzten Rubriken die Verhältnisse der Momente des Stahls und Nikkels eingetragen.

Tabelle I.

| I<br>in Amp. | T<br>in Mi-<br>nuten | Magn. Moment         |                       |                       | $\frac{M_n}{I}$ | $\frac{Ms_1}{I}$ | $\frac{Ms_2}{I}$ | $\frac{Ms_1}{M_n}$ | $\frac{Ms_2}{M_n}$ |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------|---|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|-------|---|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|-------|---|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|-------|---|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|-------|---|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|-------|---|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|-------|---|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|---|---|------|-------|-------|-------|---|------|-------|-------|---|--------|--------|-------|-------|
|              |                      | <i>M<sub>n</sub></i> | <i>Ms<sub>1</sub></i> | <i>Ms<sub>2</sub></i> |                 |                  |                  |                    |                    |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 0·415        | 1                    | 7·2                  | 7·0                   | 1·5                   | 20·723          | 19·518           | 4·819            | 0·942              | 0·232              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 8·6                  | 8·1                   | 2·0                   |                 |                  |                  |                    |                    | 0·654 | 1 | 20·6 | 17·1  | 4·1   | 32·874 | 26·758 | 6·881  | 0·814 | 0·209 | " | 2 | 21·5 | 17·5  | 4·5   | 0·760 | 1 | 25·1 | 19·8  | 5·5   | 33·158 | 26·315 | 7·368  | 0·794 | 0·222 | " | 2 | 25·2 | 20·0  | 5·6   | 1·075 | 1 | 36·5 | 37·1  | 11·2  | 33·953 | 36·744 | 10·707 | 1·082 | 0·315 | " | 2 | 36·5 | 39·5  | 11·5  | 1·520 | 1 | 44·2 | 67·0  | 25·4  | 29·210 | 46·711 | 17·500 | 1·599 | 0·599 | " | 2 | 44·4 | 71·0  | 26·6  | 2·280 | 1 | 47·2 | 115·9 | 65·1  | 20·658 | 52·581 | 30·307 | 2·558 | 1·467 | " | 2 | 47·1 | 120·5 | 69·1  | 3·040 | 1 | 50·1 | 131·5 | 123·4 | 16·710 | 44·244 | 41·250 | 2·648 | 2·568 | " | 2 | 50·8 | 134·5 | 125·4 | 3·800 | 1 | 51·9 | 141·0 | 140·3 | 13·684 | 37·131 | 37·500 | 2·711 | 2·740 | " | 2 | 52·0 | 141·1 | 142·5 | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | — | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 |
| 0·654        | 1                    | 20·6                 | 17·1                  | 4·1                   | 32·874          | 26·758           | 6·881            | 0·814              | 0·209              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 21·5                 | 17·5                  | 4·5                   |                 |                  |                  |                    |                    | 0·760 | 1 | 25·1 | 19·8  | 5·5   | 33·158 | 26·315 | 7·368  | 0·794 | 0·222 | " | 2 | 25·2 | 20·0  | 5·6   | 1·075 | 1 | 36·5 | 37·1  | 11·2  | 33·953 | 36·744 | 10·707 | 1·082 | 0·315 | " | 2 | 36·5 | 39·5  | 11·5  | 1·520 | 1 | 44·2 | 67·0  | 25·4  | 29·210 | 46·711 | 17·500 | 1·599 | 0·599 | " | 2 | 44·4 | 71·0  | 26·6  | 2·280 | 1 | 47·2 | 115·9 | 65·1  | 20·658 | 52·581 | 30·307 | 2·558 | 1·467 | " | 2 | 47·1 | 120·5 | 69·1  | 3·040 | 1 | 50·1 | 131·5 | 123·4 | 16·710 | 44·244 | 41·250 | 2·648 | 2·568 | " | 2 | 50·8 | 134·5 | 125·4 | 3·800 | 1 | 51·9 | 141·0 | 140·3 | 13·684 | 37·131 | 37·500 | 2·711 | 2·740 | " | 2 | 52·0 | 141·1 | 142·5 | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | —      | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 | " | 2 | 51·0 | 145·5 | 157·5 |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 0·760        | 1                    | 25·1                 | 19·8                  | 5·5                   | 33·158          | 26·315           | 7·368            | 0·794              | 0·222              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 25·2                 | 20·0                  | 5·6                   |                 |                  |                  |                    |                    | 1·075 | 1 | 36·5 | 37·1  | 11·2  | 33·953 | 36·744 | 10·707 | 1·082 | 0·315 | " | 2 | 36·5 | 39·5  | 11·5  | 1·520 | 1 | 44·2 | 67·0  | 25·4  | 29·210 | 46·711 | 17·500 | 1·599 | 0·599 | " | 2 | 44·4 | 71·0  | 26·6  | 2·280 | 1 | 47·2 | 115·9 | 65·1  | 20·658 | 52·581 | 30·307 | 2·558 | 1·467 | " | 2 | 47·1 | 120·5 | 69·1  | 3·040 | 1 | 50·1 | 131·5 | 123·4 | 16·710 | 44·244 | 41·250 | 2·648 | 2·568 | " | 2 | 50·8 | 134·5 | 125·4 | 3·800 | 1 | 51·9 | 141·0 | 140·3 | 13·684 | 37·131 | 37·500 | 2·711 | 2·740 | " | 2 | 52·0 | 141·1 | 142·5 | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | —      | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 | " | 2 | 51·0 | 145·5 | 157·5 |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 1·075        | 1                    | 36·5                 | 37·1                  | 11·2                  | 33·953          | 36·744           | 10·707           | 1·082              | 0·315              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 36·5                 | 39·5                  | 11·5                  |                 |                  |                  |                    |                    | 1·520 | 1 | 44·2 | 67·0  | 25·4  | 29·210 | 46·711 | 17·500 | 1·599 | 0·599 | " | 2 | 44·4 | 71·0  | 26·6  | 2·280 | 1 | 47·2 | 115·9 | 65·1  | 20·658 | 52·581 | 30·307 | 2·558 | 1·467 | " | 2 | 47·1 | 120·5 | 69·1  | 3·040 | 1 | 50·1 | 131·5 | 123·4 | 16·710 | 44·244 | 41·250 | 2·648 | 2·568 | " | 2 | 50·8 | 134·5 | 125·4 | 3·800 | 1 | 51·9 | 141·0 | 140·3 | 13·684 | 37·131 | 37·500 | 2·711 | 2·740 | " | 2 | 52·0 | 141·1 | 142·5 | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | —      | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 | " | 2 | 51·0 | 145·5 | 157·5 |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 1·520        | 1                    | 44·2                 | 67·0                  | 25·4                  | 29·210          | 46·711           | 17·500           | 1·599              | 0·599              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 44·4                 | 71·0                  | 26·6                  |                 |                  |                  |                    |                    | 2·280 | 1 | 47·2 | 115·9 | 65·1  | 20·658 | 52·581 | 30·307 | 2·558 | 1·467 | " | 2 | 47·1 | 120·5 | 69·1  | 3·040 | 1 | 50·1 | 131·5 | 123·4 | 16·710 | 44·244 | 41·250 | 2·648 | 2·568 | " | 2 | 50·8 | 134·5 | 125·4 | 3·800 | 1 | 51·9 | 141·0 | 140·3 | 13·684 | 37·131 | 37·500 | 2·711 | 2·740 | " | 2 | 52·0 | 141·1 | 142·5 | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | —      | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 | " | 2 | 51·0 | 145·5 | 157·5 |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 2·280        | 1                    | 47·2                 | 115·9                 | 65·1                  | 20·658          | 52·581           | 30·307           | 2·558              | 1·467              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 47·1                 | 120·5                 | 69·1                  |                 |                  |                  |                    |                    | 3·040 | 1 | 50·1 | 131·5 | 123·4 | 16·710 | 44·244 | 41·250 | 2·648 | 2·568 | " | 2 | 50·8 | 134·5 | 125·4 | 3·800 | 1 | 51·9 | 141·0 | 140·3 | 13·684 | 37·131 | 37·500 | 2·711 | 2·740 | " | 2 | 52·0 | 141·1 | 142·5 | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | —      | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 | " | 2 | 51·0 | 145·5 | 157·5 |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 3·040        | 1                    | 50·1                 | 131·5                 | 123·4                 | 16·710          | 44·244           | 41·250           | 2·648              | 2·568              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 50·8                 | 134·5                 | 125·4                 |                 |                  |                  |                    |                    | 3·800 | 1 | 51·9 | 141·0 | 140·3 | 13·684 | 37·131 | 37·500 | 2·711 | 2·740 | " | 2 | 52·0 | 141·1 | 142·5 | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | —      | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 | " | 2 | 51·0 | 145·5 | 157·5 |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 3·800        | 1                    | 51·9                 | 141·0                 | 140·3                 | 13·684          | 37·131           | 37·500           | 2·711              | 2·740              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 52·0                 | 141·1                 | 142·5                 |                 |                  |                  |                    |                    | 4·560 | 1 | 51·9 | 144·3 | 154·7 | —      | 31·908 | 34·539 | 2·794 | 3·028 | " | 2 | 51·0 | 145·5 | 157·5 |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| 4·560        | 1                    | 51·9                 | 144·3                 | 154·7                 | —               | 31·908           | 34·539           | 2·794              | 3·028              |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |
| "            | 2                    | 51·0                 | 145·5                 | 157·5                 |                 |                  |                  |                    |                    |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |        |        |        |       |       |   |   |      |       |       |       |   |      |       |       |   |        |        |       |       |

| I<br>in Amp. | T<br>in Mi-<br>nuten | Magn. Moment. |              |              | $\frac{Mn}{I}$ | $\frac{Ms_1}{I}$ | $\frac{Ms_2}{I}$ | $\frac{Ms_1}{Mn}$ | $\frac{Ms_2}{Mn}$ |
|--------------|----------------------|---------------|--------------|--------------|----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|              |                      | $M_n$         | $M_{s_1}$    | $M_{s_2}$    |                |                  |                  |                   |                   |
| 5·041        | 1                    | —             | 147·0        | 166·8        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | -138·2       | 169·5        | —              | (-25·431)        | 33·624           | (-2·657)          | 3·259             |
| 5·320        | 1                    | —             | 147·1        | 175·4        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | 149·0        | 176·1        | —              | 28·007           | 33·101           | 2·865             | 3·386             |
| 6·080        | 1                    | —             | 149·8        | 183·6        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | 149·9        | 185·1        | —              | 24·654           | 30·444           | 2·882             | 3·559             |
| 6·449        | 1                    | —             | 151·0        | 188·4        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | <b>151·4</b> | 189·8        | —              | 23·476           | 29·432           | 2·911             | 3·650             |
| 6·840        | 1                    | —             | 151·5        | 191·5        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | —            | 191·5        | —              | —                | 27·997           | —                 | 3·684             |
| 7·600        | 1                    | —             | —            | 193·0        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | —            | 193·1        | —              | —                | 25·405           | —                 | 3·713             |
| 8·360        | 1                    | —             | —            | 195·2        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | —            | 195·2        | —              | —                | 23·349           | —                 | 3·754             |
| 8·497        | 1                    | —             | —            | 196·5        |                |                  |                  |                   |                   |
| "            | 2                    | —             | —            | 197·0        |                |                  | 23·185           | —                 | 3·788             |
| 8·665        | 1                    | —             | —            | <b>198·1</b> |                |                  | 22·867           | —                 | 3·801             |
| "            | 2                    | —             | —            | 198·2        |                |                  |                  |                   |                   |
| 8·992        | 1                    | —             | —            | 198·0        |                |                  |                  |                   |                   |

Aus diesen Resultaten ergibt sich:

1. Entsprechend früheren Beobachtungen, dass bei geringen magnetisirenden Kräften der permanente Magnetismus des Nickels jenen des Stahls überwiegt, und dass der permanente Magnetismus des glasharten Stahls relativ am geringsten ist, u. z. bei der Stromintensität von 0·654 Amp. 4·8-mahl geringer als der des Nickels, was mit anderen Beobachtungen (Rowland, Stoletow) übereinstimmt. Der Magnetismus des gelb angelassenen Stahls ist bei 0·76 Amp. 1·26-mahl geringer als der des Nickels.

2. Der Magnetismus der Lamellen nimmt bei geringen Stromstärken bis 0·76 Amp. mit der Dauer der Stromwirkung zu; von dieser Stromstärke angefangen erreichte die Lamelle aus Nickel schon in 1 Minute den der Stromstärke entsprechenden grössten Werth des Magnetismus, während der Magnetismus der Stahllamellen mit der Dauer der Einwirkung zunahm.

3. Die Maximalwerthe des von den Lamellen angenommenen Magnetismus sind in der Tabelle mit fetteren Zahlen gedruckt. Nickel erreichte schon bei 3·8 Amp. den grössten Werth von 51·9, der gelbe

Stahl bei 6·449 Amp. 151·4, der glasharte Stahl erst bei 8·665 Amp. 198·1. Es betrug also der Maximalwerth des glasharten Stahls 3·8-mal mehr, als der des Nikkels; jener des gelben Stahls war 2·91-mal grösser, als der des Nikkels und der des glasharten Stahls 1·3-mal grösser, als der des gelb angelassenen, bei nahezu gleichen Volumina. Die auf 1 cm<sup>3</sup> reducirten Maximalwerthe sind für Nikkel 59·77, für diesen strohgelben Stahl 162·79, und für diesen glasharten Stahl 194·11.

4. Die in der 6. 7. und 8. Rubrik unter  $\frac{Mn}{I}$ ,  $\frac{Ms_1}{I}$ ,  $\frac{Ms_2}{I}$  enthaltenen Zahlen drücken das Verhältniss des Magnetismus zur magnetisirenden Kraft aus, also dass Ansteigen des ersteren bei Zunahme der letzteren. Es nimmt also auch beim Nikkel Anfangs bis zu einem gewissen Punkte der Magnetismus rascher zu, als die magnetisirende Kraft,  $\frac{Mn}{I}$  wächst; in der Nähe dieses Punktes innerhalb enger Grenzen bleibt das Verhältniss unverändert, der Magnetismus wächst proportional mit der Stromstärke. Über diese Grenze hinaus bis zum Sättigungspunkte nimmt das Verhältniss ab, der Magnetismus wächst langsamer, als die Stromstärke. Das Ansteigen des Magnetismus bei zunehmender Stromintensitaet ergibt sich am besten aus den entsprechenden magnetischen Curven (Tafel II. am Ende des Heftes). Die Abscisseneinheit entspricht  $\frac{1}{16}$  Amp, also 15 Längeneinheiten der Stromeinheit Ampère. Jede Ordinaten-Einheit beträgt 2 Einheiten des Magnetismus.

5. Aus diesen Curven ist ersichtlich, dass bis zu 1 Amp. der Magnetismus der Nikkellamelle den des Stahls überragt; bei dieser Intensitaet erreichte der Magnetismus des strohgelben Stahls den des Nikkels, er beträgt für beide 34; von hier an blieb der Magnetismus des Nikkels hinter dem des gelben Stahls zurück, überragte aber noch immer den des weissen Stahls bis zur Intensitaet von 1·89 Amp., wo beide den Magnetismus 45·2 hatten. Von hier an überragte auch der Magnetismus des weissen Stahls den des Nikkels, aber noch nicht den des gelben Stahls; diesen erreichte er erst bei 3·68 Amp. in der Stärke von 140·8. Die Durchschnittspunkte der Curven sind Punkte von gleichen Momenten, ihre Abscissen geben die entsprechenden Stromstärken, welche in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

| I    | Mn   | Ms <sub>1</sub> | Ms <sub>2</sub> |
|------|------|-----------------|-----------------|
| 1·00 | 34·0 | 34·0            | —               |
| 1·89 | 46·5 | —               | 46·5            |
| 3·68 | —    | 140·8           | 140·8           |

Die Curven steigen anfangs schneller, und sind gegen die Abscissenaxe convex, bleiben ein Stück lang gerade und krümmen sich dann concav zur Abscissenaxe, zu welcher sie schliesslich parallel verlaufen.

6. In den zwei letzten Rubriken der Tabelle I ist das Verhältniss der Magnetismen des Stahls und Nikkels bei verschiedenen Stromstärken enthalten.

## II.

In einer zweiten Beobachtungsreihe habe ich eine Nickel- und eine Stahllamelle von gleichen Dimensionen und aus demselben Materiale, wie die im I angefertigten, auf ihr magnetisches Verhalten untersucht, wenn die Stromstärke nicht allmählig, sondern rascher zunimmt, und wenn die magnetische Polarität durch Umkehrung und Steigerung des Stromes geändert wird. Die Resultate dieser Beobachtungen sind in der Tabelle II. zusammengestellt.

**Tabelle II.**

*1. Magnetisirung in positiver Richtung.*

| I<br>in Amp. | <i>N i k k e l</i> |                  | <i>S t a h l</i> |                  |
|--------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
|              | T<br>in Minut.     | Magn. Mom.<br>Mn | T<br>in Minut.   | Magn. Mom.<br>Ms |
| 6·601        | 0·5                | 41·2             | 2·0              | 55·0             |
| 9·217        | 1·5                | 46·5             | 2·0              | 90·8             |
| 13·658       | 1·5                | 46·5             | 1·5              | 121·7            |
| 15·114       | 1·5                | 46·6             | 1·5              | 128·5            |

2. Magnetisierung in negativer Richtung.

| I<br>in Amp. | N i k k e l    |                  | S t a h l      |                  |
|--------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
|              | T<br>in Minut. | Magn. Mom.<br>Mn | T<br>in Minut. | Magn. Mom.<br>Ms |
| 5·808        | 1·5            | — 38·2           | 2·0            | + 17·7           |
| 11·131       | 1·0            | — 45·4           | 2·5            | — 84·2           |
| 15·688       | 0·5            | — 45·7           | 1·5            | — 119·5          |
| 18·078       | 0·5            | — 46·6           | 1·0            | — 127·0          |
| 19·820       | 1·5            | — 47·0           | 1·5            | — 131·1          |
| 22·368       | 1·0            | — 47·0           | 1·0            | — 134·0          |
| 25·324       | 0·5            | — 46·3           | 0·5            | — 138·0          |

3. Magnetisierung in positiver Richtung.

|        |     |        |     |         |
|--------|-----|--------|-----|---------|
| 4·350  | 0·5 | + 28·5 | 2·0 | — 61·1  |
| 5·200  | —   | —      | 2·0 | — 52·0  |
| 6·126  | —   | —      | 2·0 | — 23·1  |
| 6·367  | —   | —      | 1·0 | — 19·7  |
| 6·880  | —   | —      | 3·0 | — 4·0   |
| 7·025  | —   | —      | 2·0 | — 1·7   |
| 7·119  | —   | —      | 3·0 | 0·0     |
| 7·353  | 1·0 | + 41·0 | 1·0 | + 0·8   |
| 8·221  | 1·0 | + 43·1 | 3·0 | + 26·3  |
| 10·070 | 1·0 | + 44·1 | 2·0 | + 56·3  |
| 12·659 | 2·0 | + 45·5 | 3·0 | + 95·7  |
| 15·382 | 1·0 | + 46·0 | 2·0 | + 115·1 |

4. Magnetisierung in negativer Richtung.

|       |     |        |   |   |
|-------|-----|--------|---|---|
| 2·324 | 0·5 | + 6·0  | — | — |
| 2·467 | 1·0 | + 4·0  | — | — |
| 2·600 | 0·5 | + 0·1  | — | — |
| 3·676 | 2·0 | — 25·5 | — | — |
| 6·367 | 2·0 | — 40·0 | — | — |

1. Aus diesen Resultaten ist ersichtlich, dass bei der ersten Magnetisierung in positiver Richtung bei einer Stromintensität von 15·114 Amp weder die Nikkel-, noch die Stahllamelle einen so starken Magnetismus erreichte, wie die Lamellen von nahezu gleichem Volum der I. Beobachtungsreihe bei viel schwächerem Strome. So erreichte Nikkel in der I. Reihe bei 3·8 Amp sein gröstes Moment von 52, in der II. Reihe dagegen bei 9·217 Amp ein bedeutend klei-

neres Maximum von 46·5. Der glasharte in der I. Reihe bei 8·66 Amp das Maximum von 198·1, während sein magnetisches Moment von 128·5 in der II. Reihe bei 15·114 Amp noch weit entfernt ist vom Sättigungspunkte.

II. Bei Umkehrung des Stromes war auch bei Nikkel eine geringere Stromstärke erforderlich zu der Vernichtung des angenommenen Magnetismus, als zur Erzeugung desselben; es zeigte sich also auch bei Nikkel eine magnetische Hysteresis (E v i n g), wie bei Stahl und Eisen. So wurde bei Nikkel der durch 15·114 erzeugte Magnetismus von 46·5 durch den Strom von  $-5·808$  Amp in  $-38·2$  umgewandelt, der des Stahls bei denselben Intensitäten von  $+128·5$  auf  $+17·7$  reducirt. Bei einer Stromstärke von  $-19·82$  Amp stieg der Magnetismus des Nikkels auf 47, der des Stahls bei  $-25·324$  Amp auf  $-138$ .

3. Bei nochmaliger Umkehrung des Stromes wurde durch 4·35 Amp der frühere Magnetismus des Nikkels auf  $+28·5$ , der des Stahls auf  $-61·1$  reducirt. Von hier an wurde die Stromstärke allmählig gesteigert bis bei 7·119 Amp der Magnetismus des Stahls auf  $\pm 0$  sank, dann bei weiterer Zunahme der Stromstärke positiv wurde und bei 15·382 Amp auf  $+115·1$  stieg. Es wurde also bei der Stahl-lamelle der durch  $-25·324$  Amp erzeugte Magnetismus von  $-138·0$  durch einen Strom von  $+7·119$  Amp vernichtet. Bei einer dritten Umkehrung des Stromes wurde der durch 15·381 erzeugte Magnetismus des Nikkels von  $+46·0$  durch einen Strom von nur  $-2·5$  Amp auf  $+0·1$  reducirt.

### III.

Bei einer dritten Versuchsreihe wurden wieder drei Lamellen (Nikkel, gelber und glasharter Stahl) von gleichen Dimensionen, wie in der I. Reihe, mit dem Unterschiede auf ihren permanenten Magnetismus untersucht, dass nun die Stromstärke plötzlich von 0 auf 8·41 Amp erhöht wurde, und die Lamellen zuerst 1, dann 2 und sliesslich 3 Minuten lang der Stromwirkung ausgesetzt wurden. Die Maasse dieser Lamellen sind aus folgender Tabelle ersichtlich

|               | Länge    | Breite    | Dicke     | Volum                 |
|---------------|----------|-----------|-----------|-----------------------|
| Nikkel        | 9·65 cm. | 0·905 cm. | 0·097 cm. | 0·84 cm. <sup>3</sup> |
| Gelber Stahl  | 10·00 „  | 0·905 „   | 0·104 „   | 0·95 „                |
| Weisser Stahl | 10·00 „  | 0·905 „   | 0·111 „   | 1·01 „                |

Die Resultate dieser Versuchsreihe sind in folgender Tabelle III. enthalten.

**Tabelle III.**

| J    | T | Mn   | $M_{S_1}$ | $M_{S_2}$ |
|------|---|------|-----------|-----------|
| 8·41 | 1 | 52·8 | 153·7     | 134·3     |
| "    | 2 | 52·8 | 153·5     | 136·0     |
| "    | 3 | 52·8 | 153·7     | 136·3     |

Auch hier bedeutet  $J$  die Stromstärke,  $T$  die Wirkungsdauer in Minuten  $Mn$ ,  $M_{S_1}$ ,  $M_{S_2}$  beziehungsweise die magnetischen Momente des Nikkels, des gelben und des glasharten Stahls. Bei dieser Stromstärke erreichte Nickel und gelb angelassener Stahl schon in 1 Minute den höchsten Werth seines Magnetismus bei dieser Stromintensität, während der Magnetismus des glasharten Stahls nach weiterer Einwirkung von 2 und 3 Minuten von 134·3 auf 136·3 anstieg. Dieses Maximum des Nikkels ist von dem der I. Versuchsreihe nur um 0·8 grösser; das des gelben Stahls um 2·2 grösser als das der I. Reihe. Der Magnetismus des glasharten Stahls blieb bei dieser Intensität noch weit hinter dem von 196·5 zurück, welchen er in der I. Reihe bei nahezu gleicher Stromstärke von 8·49 Amp. erreichte.

IV.

Schliesslich habe ich noch die Änderung des Magnetismus dieser Lamellen beobachtet, indem ich bei ungeänderter Stärke des Stromes von 8·41 Amp dessen Richtung öfters umkehrte und nach 1 Minute langer Einwirkung den Magnetismus maass.

Die Resultate enthält Tabelle IV.

**Tabelle IV.**

| Beobachtungszahl | J    | Mn     | $M_{S_1}$ | $M_{S_2}$ |
|------------------|------|--------|-----------|-----------|
| 1                | 8·41 | + 52·8 | + 153·5   | + 136·3   |
| 2                | "    | — 52·5 | — 144·6   | — 131·0   |
| 3                | "    | + 52·4 | + 150·4   | + 133·3   |
| 4                | "    | — 52·5 | — 145·0   | — 127·8   |
| 5                | "    | + 53·0 | + 153·4   | + 132·8   |
| 6                | "    | — 50·2 | — 144·7   | — 127·5   |
| 7                | "    | + 53·5 | +         | + 133·0   |

Der Magnetismus der Nikkellamelle erlitt, abgesehen von dem anomalen Werth der 6. Beobachtung, keine merkliche Veränderung, die positiven Werthe differiren kaum von den negativen. Bei dem gelb angelassenen Stahl sind die positiven, und auch die negativen Werthe untereinander gleich. Bei dem glasharten Stahl dagegen, dessen Magnetismus noch weit vom Sättigungspunkte entfernt war; zeigen sowohl die positiven, wie die negativen Werthe eine stetige Abnahme.

Über die Änderung des Magnetismus dieser Substanzen während 1 bis 2 Tagen gibt Tabelle V. Aufschluss, in welcher die erste Zahl jedes Datums jenen Magnetismus bedeutet, welcher nächsten oder zweitnächsten Tage bei Fortsetzung der Beobachtung vor Steigerung der Stromstärke beobachtet wurde.

Tabelle V.

| Zeit        | Mn                 | Ms <sub>1</sub> | Ms <sub>2</sub> |
|-------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| Április 17. | 21·5 $\frac{1}{2}$ | 17·6            | 4·5             |
| „ 19.       | 20·5               | 17·4            | 4·6             |
| „ 19.       | 44·5               | 71·0            | 26·6            |
| „ 21.       | 43·6               | 69·6            | 25·4            |
| „ 21.       | 52·0               | 141·1           | 142·5           |
| „ 23.       | 31·9               | 138·0           | 140·1           |
| „ 23.       | 52·0               | — 138·2         | 169·5           |
| „ 24.       | 50·0               | — 138·0         | 169·2           |
| „ 24.       | —                  | —               | 195·2           |
| „ 26.       | —                  | —               | 195·5           |

Es behält also auch Nikkel gut den angenommenen Magnetismus.

*Igazítás.*

| Lap | Sor       | Helyett | Teendő. |
|-----|-----------|---------|---------|
| 185 | 19. felül | 23·6    | 34      |
| „   | 21. „     | 41·1    | 46·5    |
| „   | 22. „     | 3·619   | 3·68    |
| „   | 23. „     | 140·8   | 140·8   |
| „   | 27. „     | 23·6    | 34      |
| „   | 28. „     | 41·1    | 46·5    |
| „   | 29. „     | 140·2   | 140·8   |