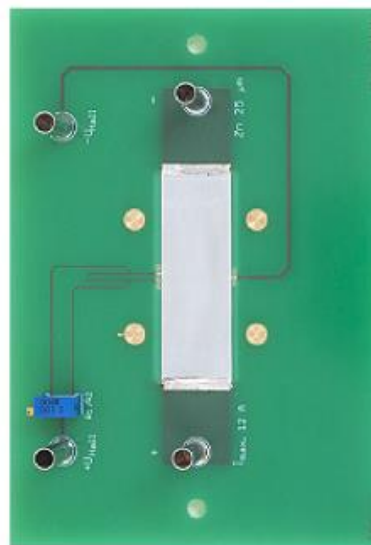
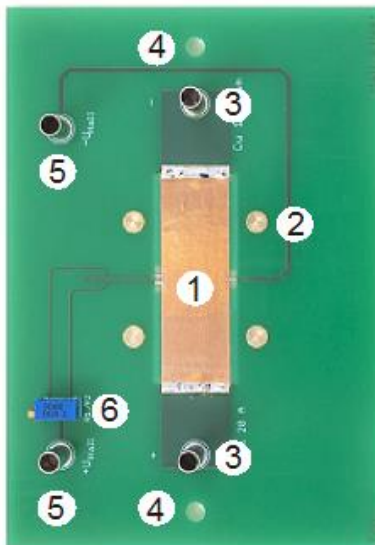


## Kupferprobe für Hall-Effekt 1018751

## Zinkprobe für Hall-Effekt 1018752

### Bedienungsanleitung

08/16 MH/JS



- 1 Probe
- 2 Abstandshalter
- 3 Anschluss für Querstrom
- 4 Bohrungen für Halter
- 5 Abgriff für Hall-Spannung
- 6 Offset-Steller

#### 1. Sicherheitshinweise

In den Experimenten zum Hall-Effekt an Metallen fließen hohe Querströme bis zu 20 A durch die Kupferprobe und bis zu 12 A durch die Zinkprobe. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb der Probenplatten gewährleistet. Die Sicherheit ist jedoch nicht garantiert, wenn die Probenplatten unsachgemäß bedient oder unachtsam behandelt werden.

- Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist (z.B. bei sichtbaren Schäden), sind die Probenplatten unverzüglich außer Betrieb zu setzen.
- Probenplatten nur in trockenen Räumen benutzen.
- Maximal zulässige Probenströme nur kurzzeitig einstellen und niemals überschreiten.

#### 2. Beschreibung

Die Kupferprobe und die Zinkprobe für Hall-Effekt dienen zum Nachweis des Hall-Effekts und zur Messung der Hall-Spannung  $U_H$  an Metallproben, die von einem Querstrom  $I$  durchflossen werden und sich in einem Magnetfeld mit magnetischer Flussdichte  $B$  senkrecht zur Stromrichtung befinden.

Die Probenstreifen haben eine Dicke von  $17,5 \mu\text{m}$  (Kupfer) und  $25 \mu\text{m}$  (Zink). Sie sind jeweils auf einer Probenplatte zusammen mit einem 4-mm-Buchsenpaar zum Abgriff der Hall-Spannung, einem 4-mm-Buchsenpaar zum Anlegen des Querstroms und einem Offsetsteller verlötet.

Zwei Bohrungen dienen zur Halterung der Probenplatte im Kombihalter für Hall-Effekt (1019388). Vier Abstandshalter sorgen für ausreichenden Abstand zum Polschuh des Elektromagneten, der den Einsatz eines Magnetfeldsensors am Probenort erlaubt.

### 3. Technische Daten

#### Kupferprobe:

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| Dicke:          | 17,5 $\mu\text{m} \pm 25\%$ |
| Max. Querstrom: | 20 A DC                     |
| Reinheit:       | 99,9%                       |

#### Zinkprobe:

|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| Dicke:          | 25 $\mu\text{m} \pm 25\%$ |
| Max. Querstrom: | 12 A DC                   |
| Reinheit:       | 99,95%                    |

#### Gemeinsame Daten:

|                                     |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Probenflächen:                      | 16 x 50 mm <sup>2</sup>       |
| Abmessungen inkl. Anschlussbuchsen: | ca. 130x90x25 mm <sup>3</sup> |
| Masse:                              | ca. 45 g                      |

### 4. Ausstattung für Experimente

#### Probenstromkreis und Spannungsmessung:

|                                         |         |
|-----------------------------------------|---------|
| 1 Kombihalter für Hall-Effekt           | 1019388 |
| 1 Messverstärker U @230V                | 1020742 |
| oder                                    |         |
| 1 Messverstärker U @115V                | 1020744 |
| 1 Digital-Multimeter P1035              | 1002781 |
| 1 Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel | 1002843 |
| 1 DC-Netzgerät 0 – 16 V, 0 – 20 A       | 1002771 |
| 1 Paar Experimentierkabel               | 1002850 |

#### Stromkreis des Elektromagneten:

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| 1 U-Kern D                        | 1000979 |
| 2 Spulen D mit 600 Windungen      | 1000988 |
| 1 Paar Polschuhe und Spannbügel D | 1009935 |
| 1 DC-Netzgerät 20 V, 5 A, @230 V  | 1003312 |
| oder                              |         |
| 1 DC-Netzgerät 20 V, 5 A, @115 V  | 1003311 |
| 1 Zweipoliger Umschalter          | 1018439 |

#### Magnetfeldmessung:

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| 1 Magnetfeldsonde, flexibel | 1012892 |
| 1 Teslameter E              | 1008537 |

### 5. Aufbau

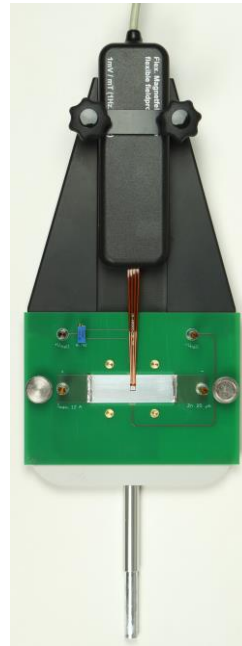


Fig. 1:  
Kombihalter mit Probenplatte und Magnetfeldsonde



Fig. 2: Gesamter experimenteller Aufbau

#### Halterung der Probe:

- Probenplatte im Kombihalter für Hall-Effekt (1019388) montieren (siehe Fig. 1).
- Ohne die Probenfolie zu beschädigen den Magnetfeldsensor vorsichtig so im Kombihalter montieren, dass der aktive Bereich des Sensors mittig über (!) der Probe liegt (siehe Fig. 1).
- Stiel des Kombihalters in der Bohrung des U-Kerns D festklemmen.

#### Elektromagnet:

##### Hinweis:

Eventuelle auftretende Induktionsspannungen könnten die empfindliche Messung der Hall-Spannung stören.

- Elektromagnet unbedingt mit geglättetem Gleichstrom betreiben.

- Spulen D auf den U-Kern stecken, Polschuhe aufsetzen und mit Spannbügel so festklemmen, dass die Abstandshalter der Probenplatte gerade berührt werden.
- Spulen D in Reihe an das DC-Netzgerät 0–20 V, 0–5 A anschließen; dabei die zweite Spule so anschließen, dass sie die magnetische Flussdichte am Probenort vergrößert und nicht kompensiert.

#### Messung der Hall-Spannung:

- Messverstärker U mit Verstärkung  $10^5$  und Zeitkonstante 0,1 s betreiben.
- Ausgang mit Hilfe der Offsetsteller des Messverstärkers bei kurzgeschlossenem Eingang auf null abgleichen.
- Messverstärker U an Abgriff für Hall-Spannung anschließen; dabei auf die Polung achten.

#### Probenstromkreis und Spannungsmessung:

*Hinweis:*

*Störungen aus dem Netzteil der Quelle für den Querstrom sowie mangelnde Glättung des Querstromes können die empfindliche Messung der Hall-Spannung beeinflussen.*

- DC-Netzgerät 0–16 V, 0–20 A als Quelle für den Querstrom einsetzen.
- Beim Anschluss der Stromquelle an die Probenplatte auf die Polung achten.

#### Austausch der Probenplatten:

- Alle Netz- und Messgeräte ausschalten.
- Spannbügel der Polschuhe lösen und Polschuhe etwas auseinander ziehen.
- Oberteil des Kombihalters mit montiertem Magnetfeldsensor nach oben vom Unterteil ziehen.
- Probenplatte austauschen.
- Oberteil vorsichtig wieder aufstecken, ohne die Probenfolie zu beschädigen.
- Polschuhe zusammenschieben und mit Spannbügel festklemmen.

## 6. Durchführung

### Magnetfeld:

*Hinweise:*

*Die Spulen D des Elektromagneten sind auf eine Dauerbelastung von maximal 2 A ausgelegt.*

- *Maximalwert 2 A nicht dauerhaft überschreiten.*

*Ein Umpolen der Anschlüsse bei vollem Strom kann das DC-Netzgerät überlasten.*

- *Vorzeichenwechsel des Stromes nur bei sehr kleinen Strömen herbeiführen.*

- Magnetfeldsonde aus Aufbau entnehmen und an eine Stelle führen, an der störende Magnetfelder ( $B > 1$  mT) nicht zu erwarten sind.

- Offset des Teslameters im Messbereich 2000 mT auf Null stellen.

- Die Hysteresekurve des Elektromagneten auf Symmetrie zum Nullpunkt prüfen.

### Messung des Hall-Effekts:

*Hinweise:*

*Die Probe kann elektrisch als Widerstandsbrücke in horizontaler und vertikaler Richtung betrachtet werden. Asymmetrien in der Beschaffenheit der Lötverbindungen verursachen Verfälschungen der zu messenden Hall-Spannungen. Alle thermischen Verwerfungen, die nicht symmetrisch zu den Mittellinien auftreten, verstimmen die Widerstandsbrücke und überlagern die zu messende Hall-Spannung. Diese thermischen Verwerfungen können vom Querstrom abhängen.*

- *Zur Nullpunktkalibrierung der Hall-Spannungen die Hysteresekurve des Elektromagneten so durchlaufen, dass das Magnetfeld den Wert null hat.*

- *Bei jeder Änderung des Querstromes mit dem Offsetsteller der Probenplatte eine neue Nullpunktkalibrierung durchführen. Dazu den mitgelieferten Abgleichstift verwenden.*

- *Insbesondere bei hohen Querströmen die Nullpunktkalibrierung immer wieder überprüfen.*

- Gewünschten Querstrom mit gewünschten Vorzeichen einstellen; dabei den für die Probe zulässigen Maximalwert auf keinen Fall überschreiten.

- Nullpunkt des Magnetfeldes sorgfältig durch geeignete Wahl des Stromes durch den Elektromagneten einstellen und angezeigte

Hall-Spannung mit dem Offsetsteller der Probenplatte auf null abgleichen.

- Gewünschtes Magnetfeld einstellen und Hall-Spannung ablesen.
- Je nach Experiment bei gleichem Querstrom weitere Magnetfeldwerte einstellen und zugehörige Hall-Spannungen messen.
- Immer wieder den Nullabgleich der Hall-Spannung überprüfen.
- Je nach Experiment anderen Querstrom einstellen und Magnetfeld auf null einstellen.
- Nullpunkt der Hall-Spannung mit dem Offsetsteller der Platte erneut abgleichen.

### 7. Bestimmung der Hall-Konstante

Es gilt:  $U_H = A_H \cdot \frac{B}{d} \cdot I$

$U_H$ : Hall-Spannung,  $A_H$ : Hall-Konstante,  
 $B$ : Magnetische Flussdichte durch die Probe  
 $d$ : Dicke der Probe,  $I$ : Querstrom

Daher lässt sich aus den Geradensteigungen in den nachfolgenden Diagrammen die Hall-Konstante bestimmen.

Man findet

$$A_H(\text{Cu}) = -47 \cdot 10^{-12} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$$

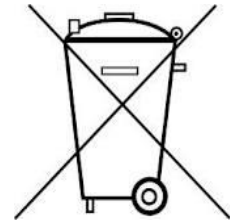
und

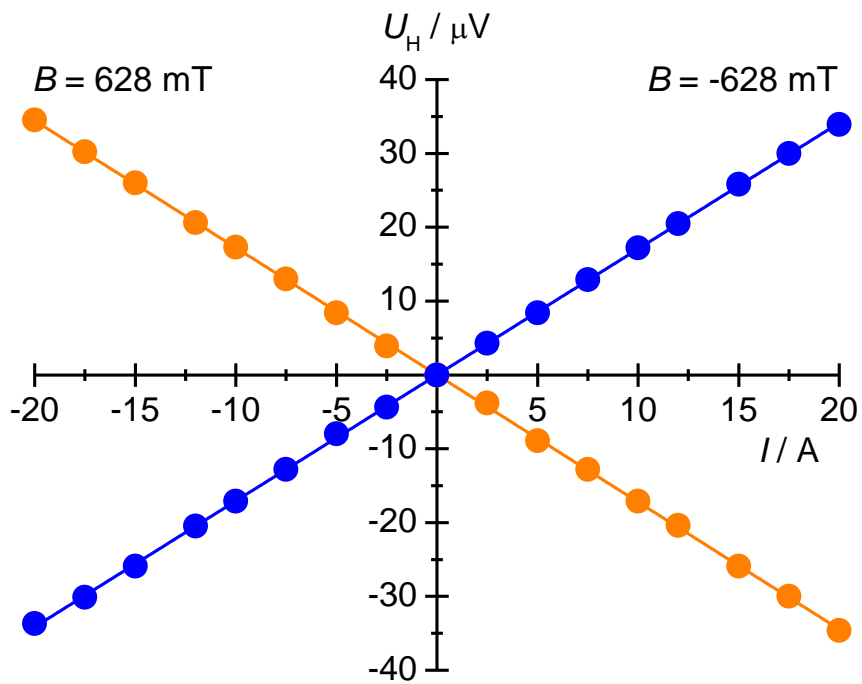
$$A_H(\text{Zn}) = +47 \cdot 10^{-12} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$$

Allerdings spezifiziert der Hersteller der Probenfolien deren Dicke mit einer Toleranz von  $\pm 25\%$ . Daher sind die ermittelten Hall-Konstanten mit der gleichen Unsicherheit behaftet.

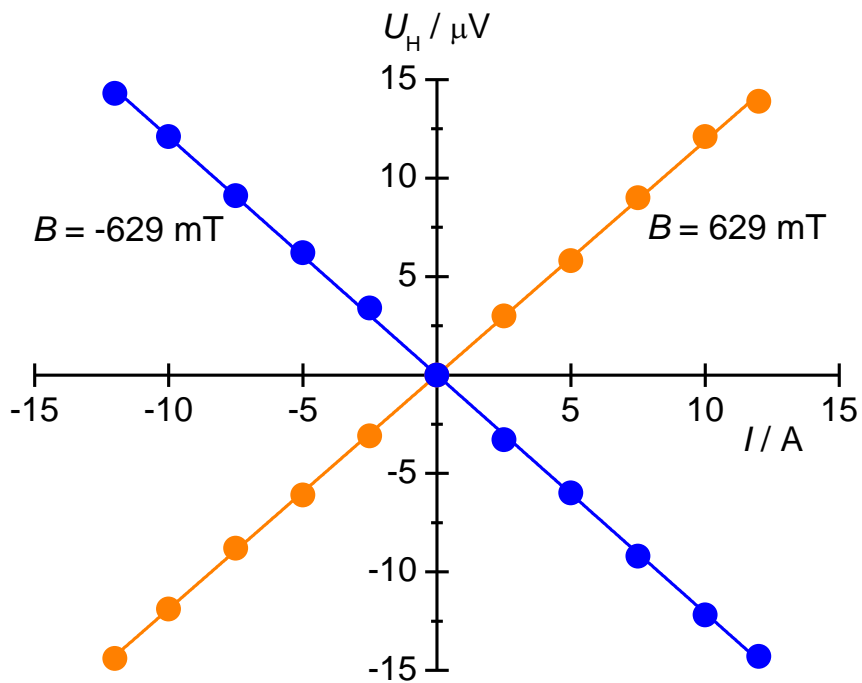
### 8. Aufbewahrung, Reinigung, Entsorgung

- Gerät an einem sauberen, trockenen und staubfreien Platz aufbewahren.
- Zur Reinigung keine aggressiven Reiniger oder Lösungsmittel verwenden.
- Die Verpackung ist bei den örtlichen Recyclingstellen zu entsorgen.
- Sofern das Gerät selbst verschrottet werden soll, so gehört dieses nicht in den normalen Hausmüll. Bei Nutzung in Privathaushalten kann es bei den örtlichen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern entsorgt werden.
- Geltende Vorschriften zur Entsorgung von Elektroschrott einhalten.

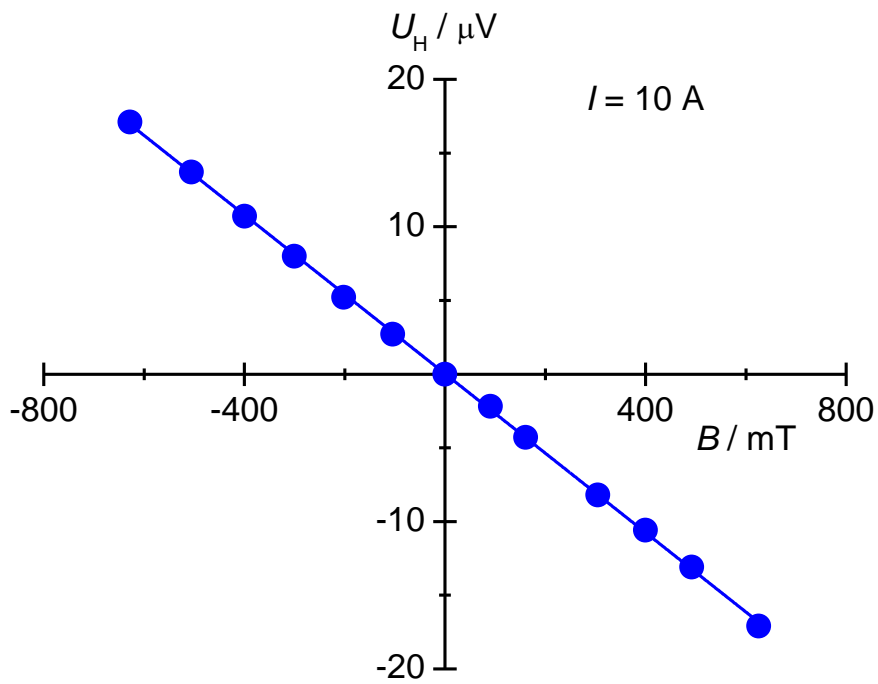




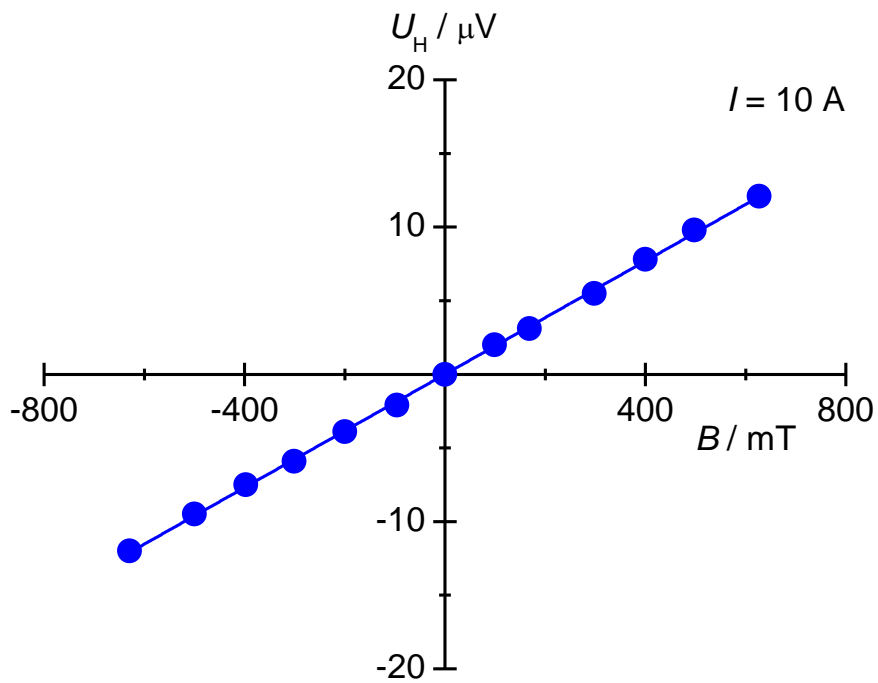
Hall-Effekt an Kupfer,  $U_H(I)$ ,  $B = -638 \text{ mT}$  (blau),  $B = 638 \text{ mT}$  (orange)



Hall-Effekt an Zink,  $U_H(I)$ ,  $B = -638 \text{ mT}$  (blau),  $B = 638 \text{ mT}$  (orange)



Hall-Effekt an Kupfer,  $U_H(B)$ ,  $I = 10 \text{ A}$



Hall-Effekt an Zink,  $U_H(B)$ ,  $I = 10 \text{ A}$