

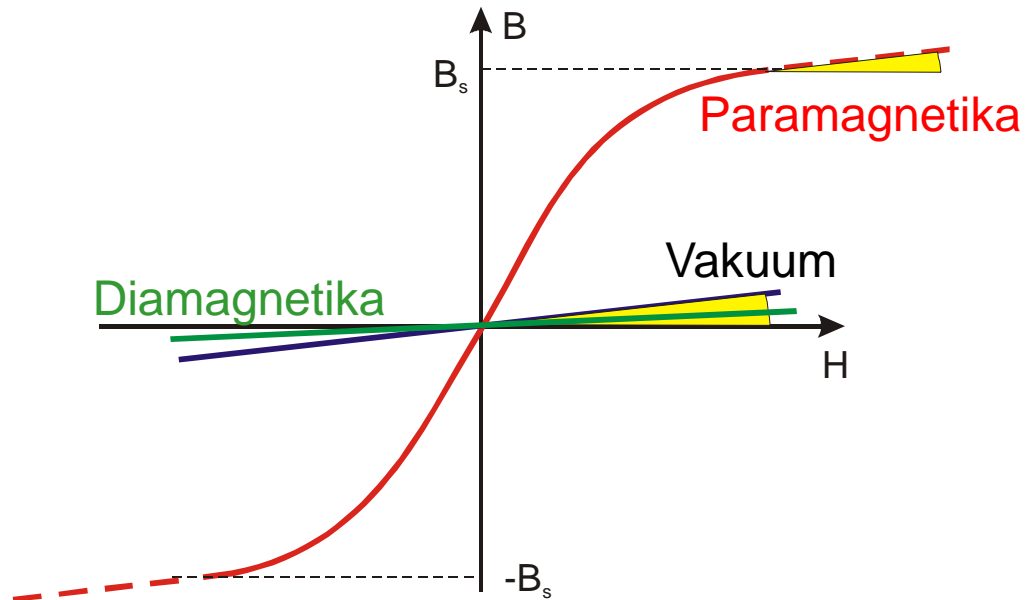
MDZ-Forschungsseminar 2024

Gleichfeld-Charakterisierung magnetischer Materialeigenschaften

Dr.-Ing. Sebastian Hütter, Richard Scherbaum, Andreas Giggel

- Verhältnis von Flussdichte B zu Feldstärke H im Material:

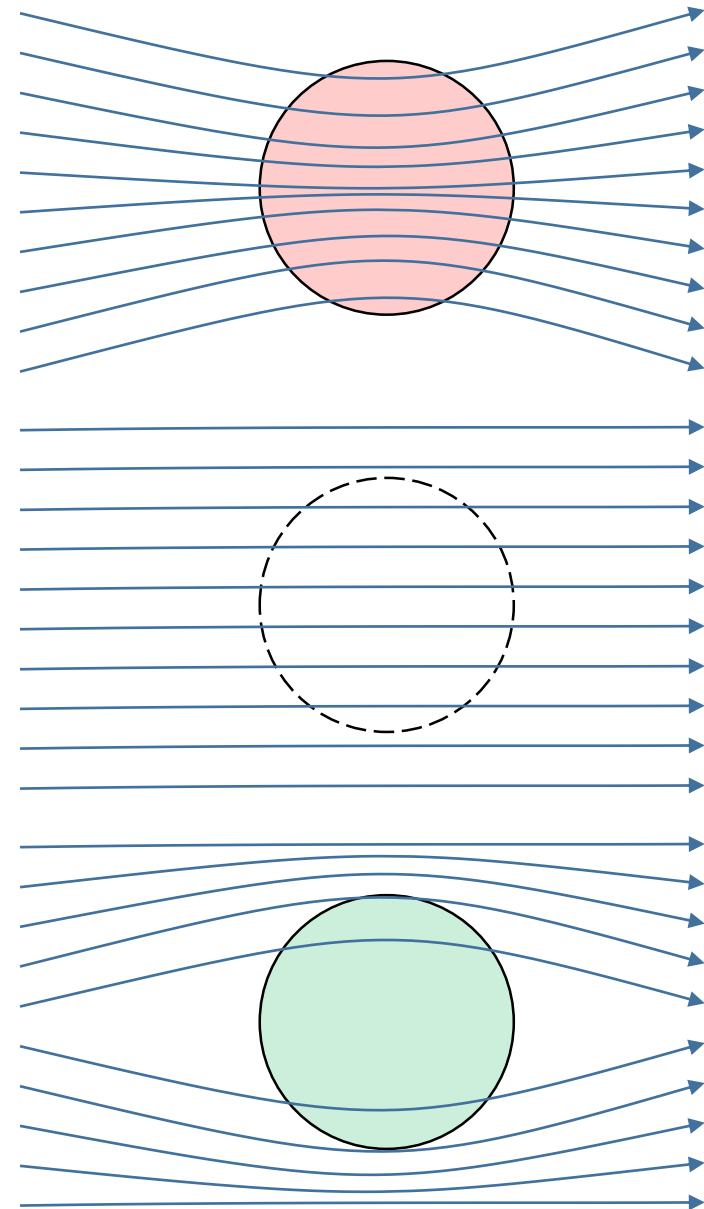
$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$



Diamagnetika: $\mu_r < 1$

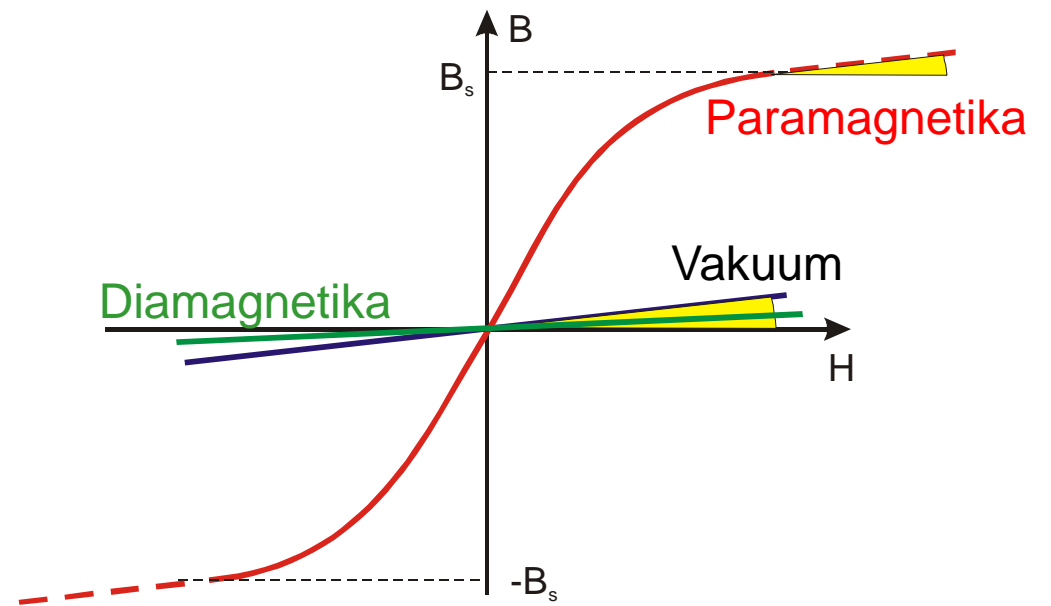
Vakuum: $\mu_r = 1$

Paramagnetika: $\mu_r > 1$

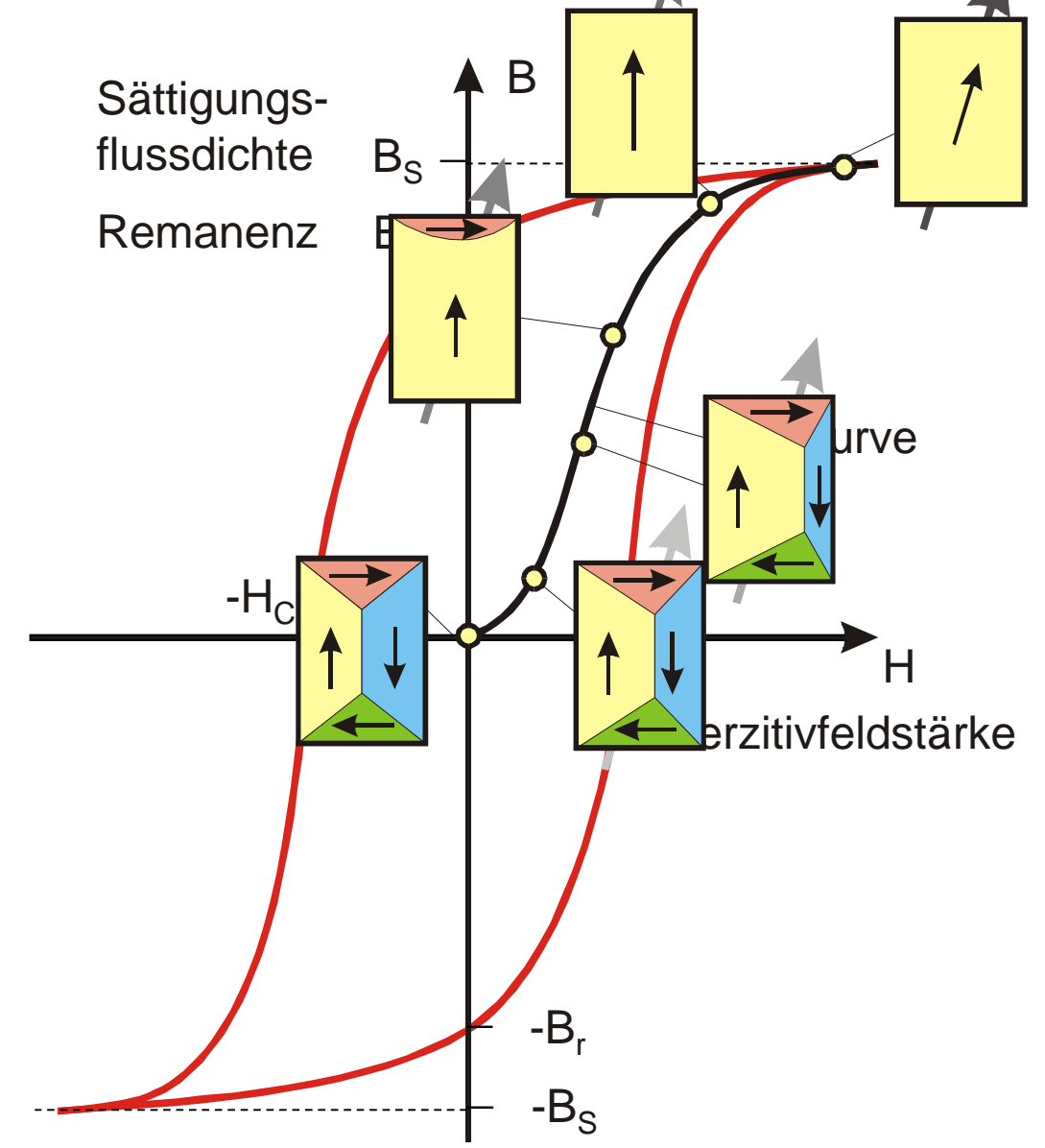


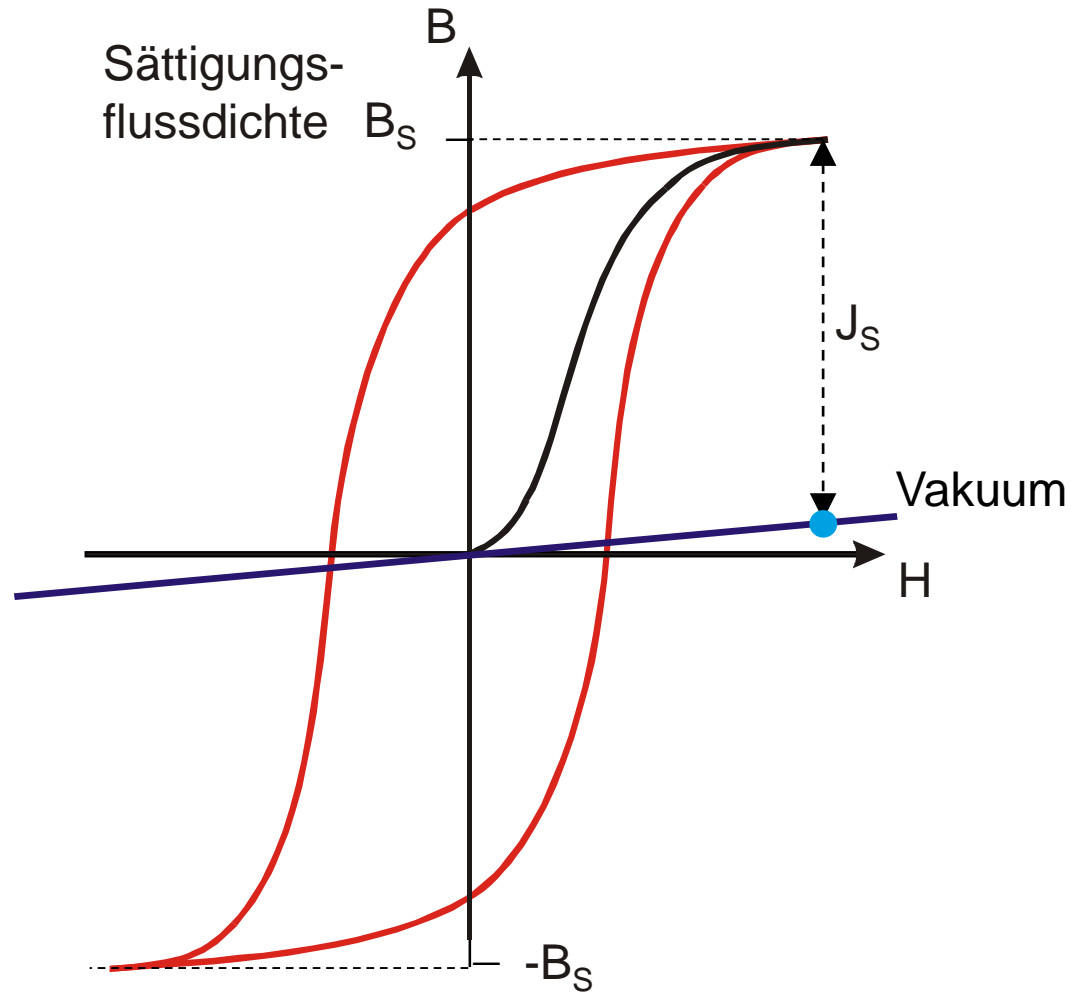
- Verhältnis von Flussdichte B zu Feldstärke H im Material:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$



- Diamagnetika: $\mu_r < 1$
- Vakuum: $\mu_r = 1$
- Paramagnetika: $\mu_r > 1$



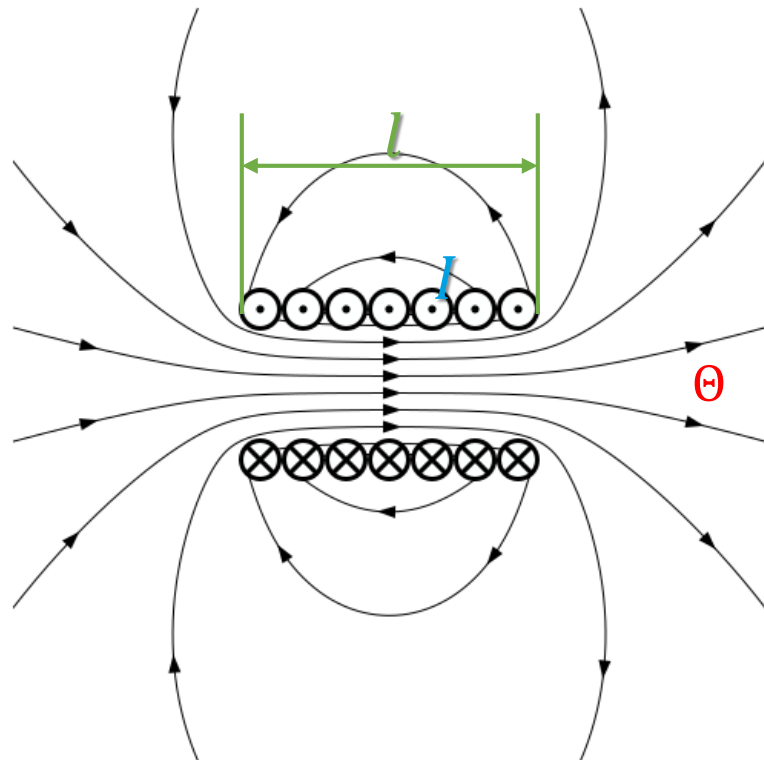


1. konstante Feldstärke H im Bereich der Sättigung
2. Einfügen der Probe ins Feld
3. Messen von $\Delta B = J$

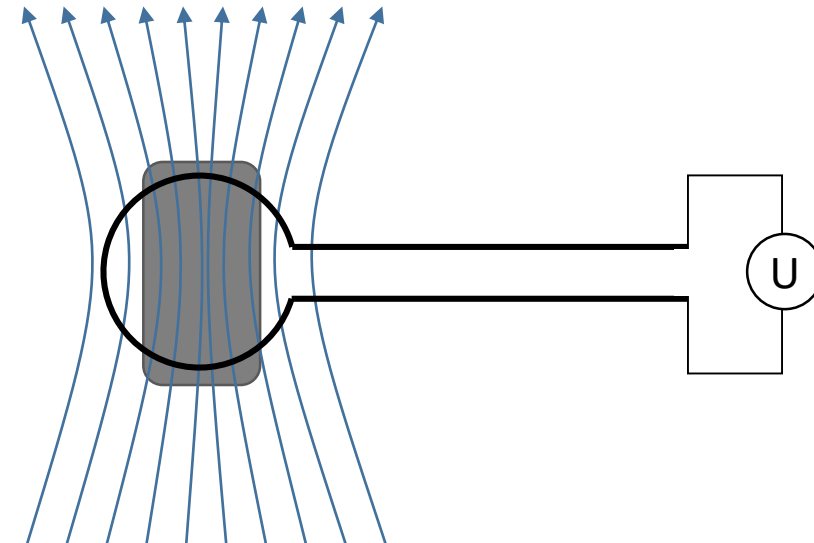
- Flussdichte B , $[B] = T = Vs/m^2$
- Fluss Φ , $[\Phi] = Vs$
- Feldstärke H , $[H] = A/m$
- Durchflutung Θ , $[\Theta] = A \text{ wdg}$

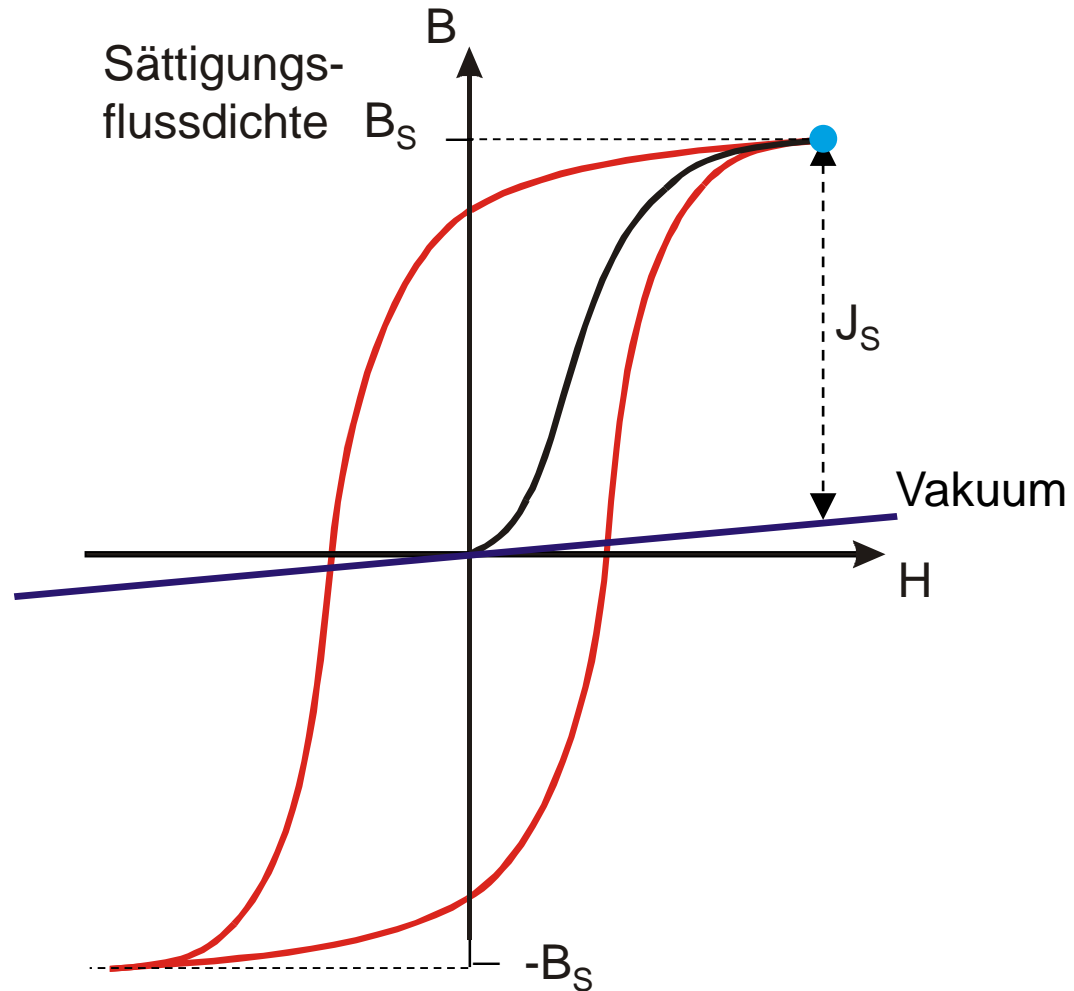
- FARADAY'sche Induktion:
Flussänderung in einer Spule erzeugt entgegengesetztes elektrisches Feld

$$U = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$



- Geometrie: bewegte Spule
- Anregung: veränderliches Feld
- Material: Einfügen eines Kerns





1. konstante Feldstärke H im Bereich der Sättigung
2. Einfügen der Probe ins Feld
3. Messen von $\Delta B = J$

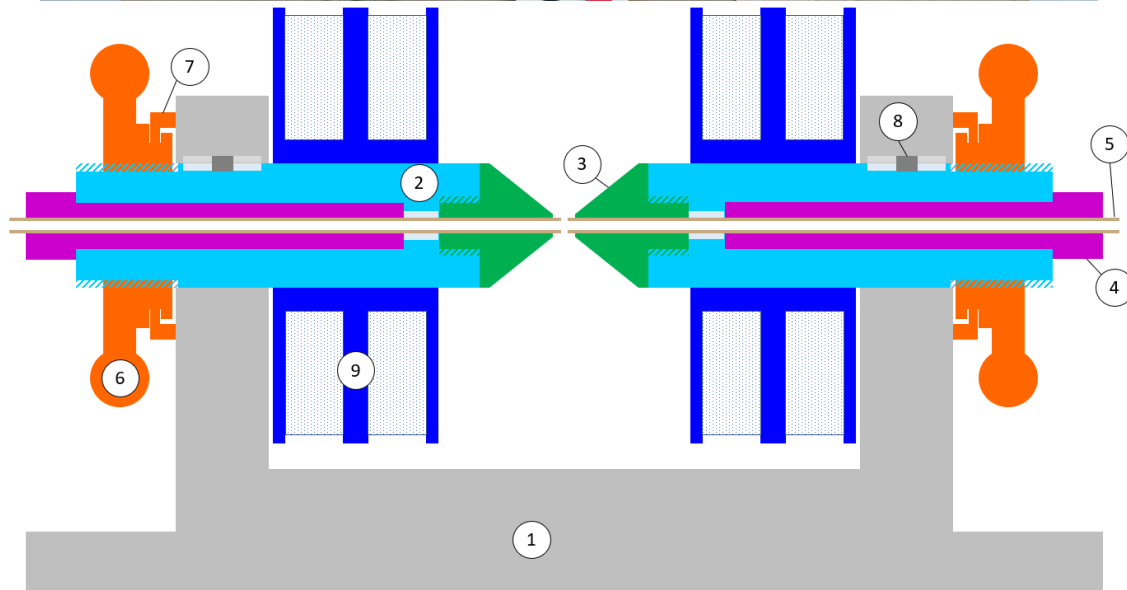
$$J = B_S - B_0 = \frac{\Phi_S - \Phi_0}{A_{Probe}}$$

$$d\Phi = \frac{U dt}{N} \Big|_0^S$$

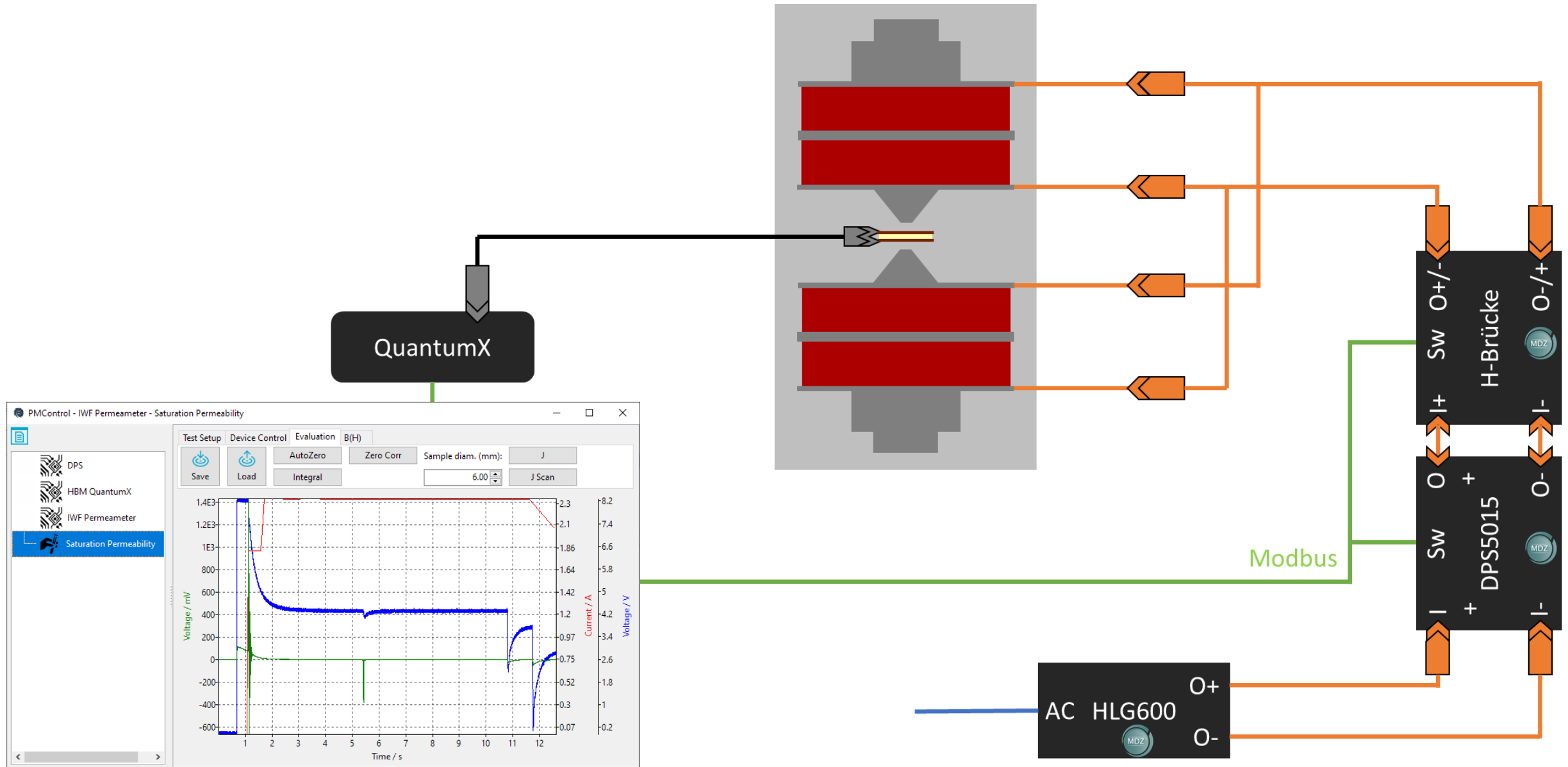
$$J = \frac{\int_0^S U dt}{N \cdot A_{Probe}}$$

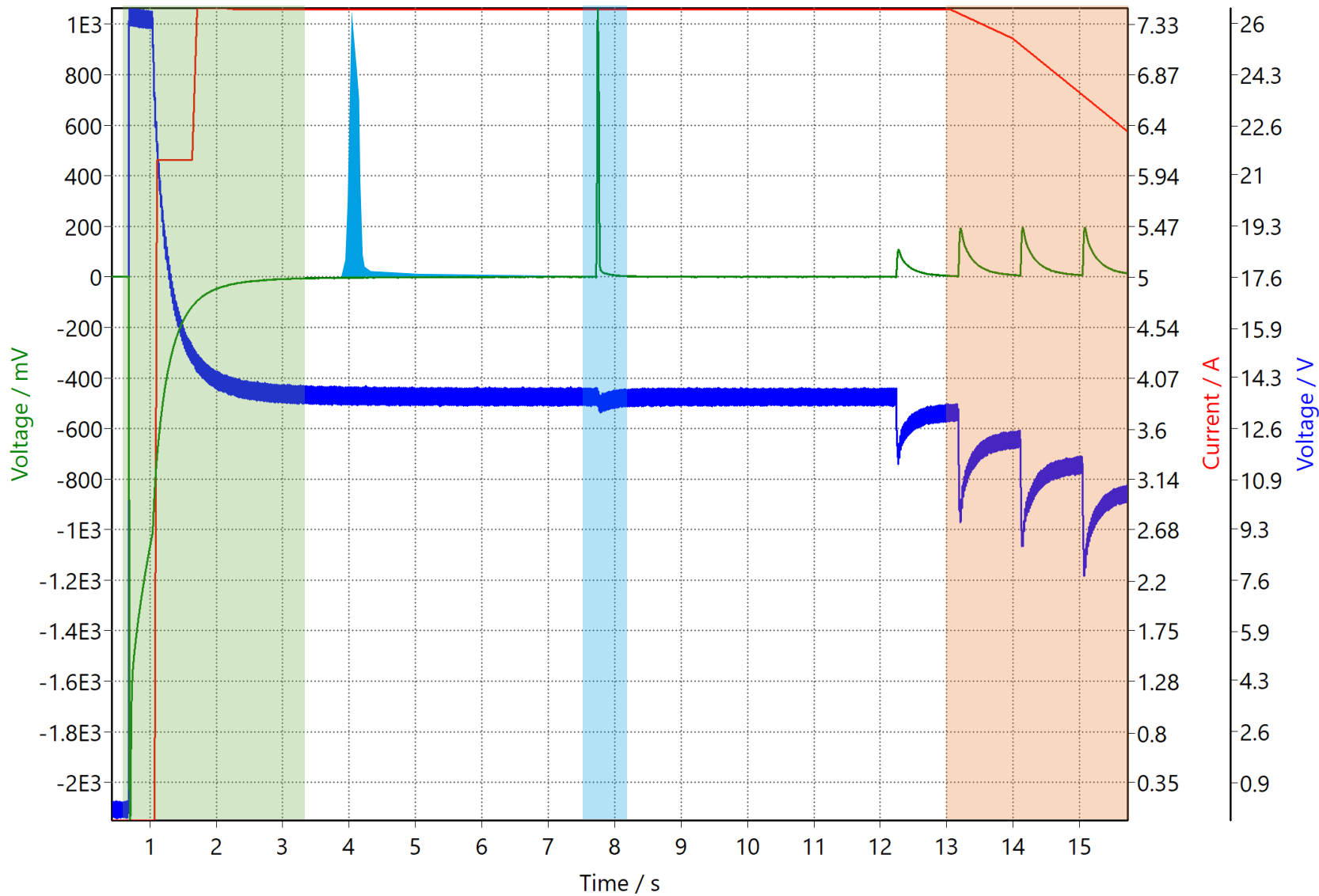


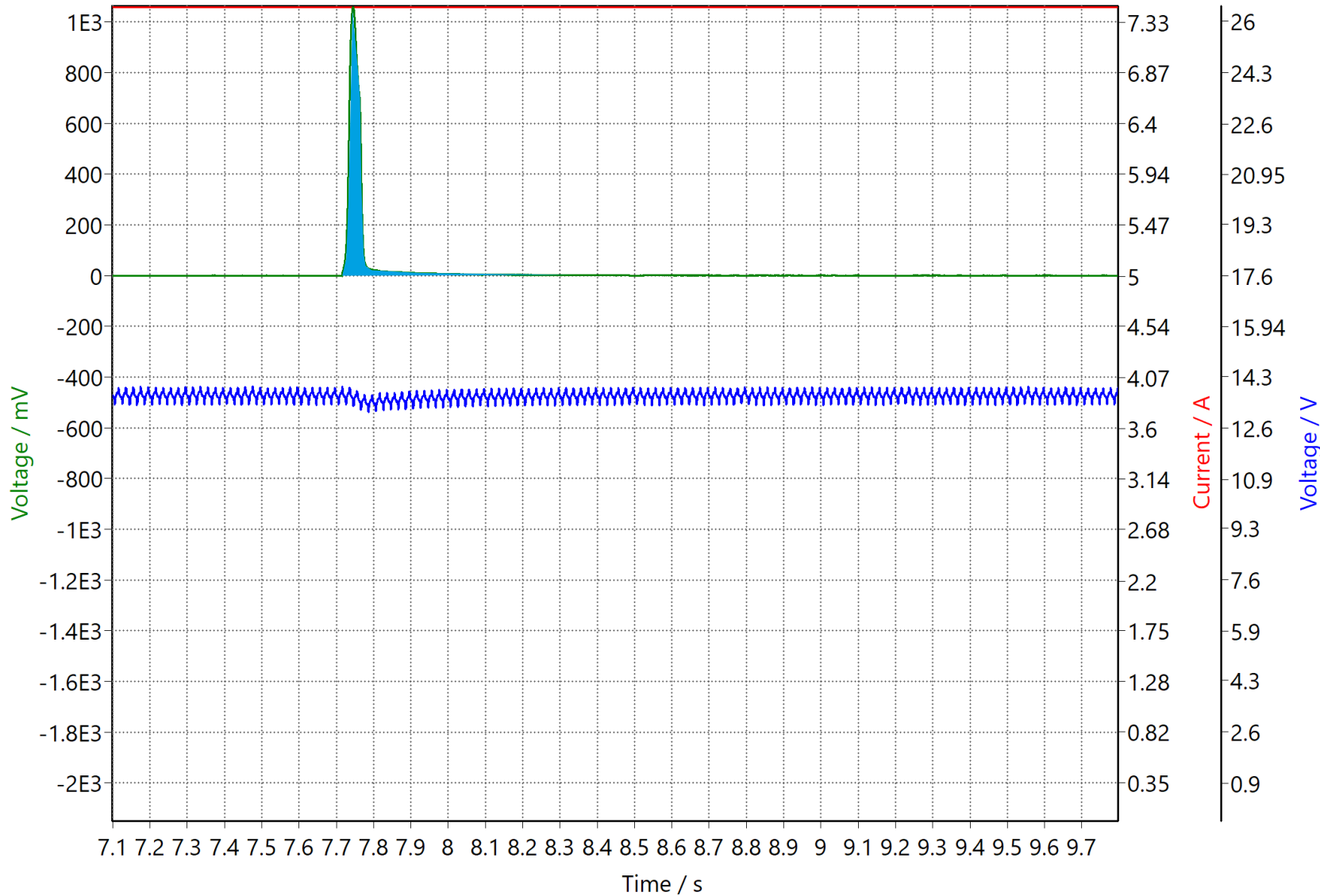
- Permeameter / Hysteresegraph / „WEIß'scher Magnet“, Bj. <1960
- 2 innegekühlte Spulenpakete
1300wdg, 2mm² Cu
- Eisenjoch
Querschnitt >100cm²
Kreislänge 1.4m



- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1. Gestell | 6. Handrad für (2) |
| 2. Verfahrbares Magnetjoch | 7. Führung |
| 3. Polschuhe | 8. Nutstein |
| 4. Zylindrischer Einsatz | 9. Spulen, ~1300wdg |
| 5. Probenführung | |







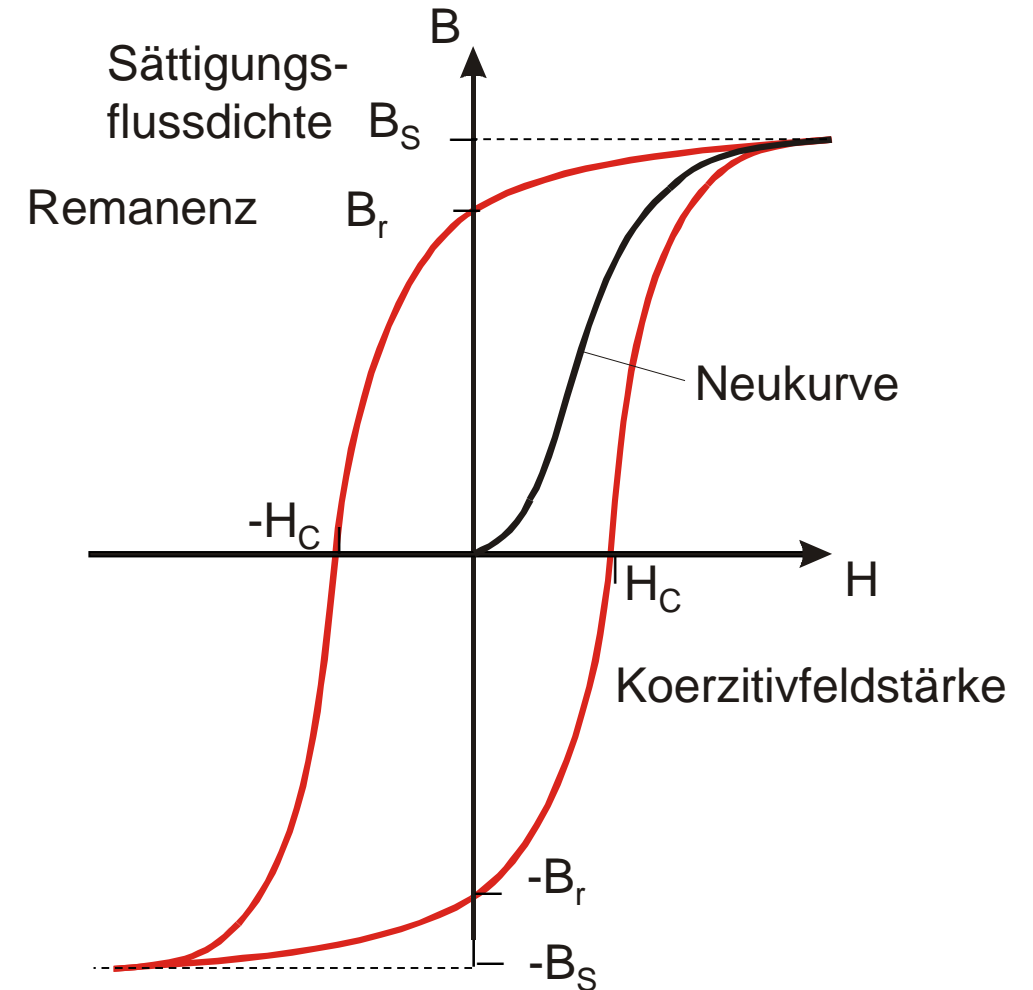
Spule	Polarisation J / T
180	1.7375 ± 0.0024
200	1.7576 ± 0.0078
280	1.7720 ± 0.0053
400	1.7669 ± 0.0012

Reproduzierbarkeit

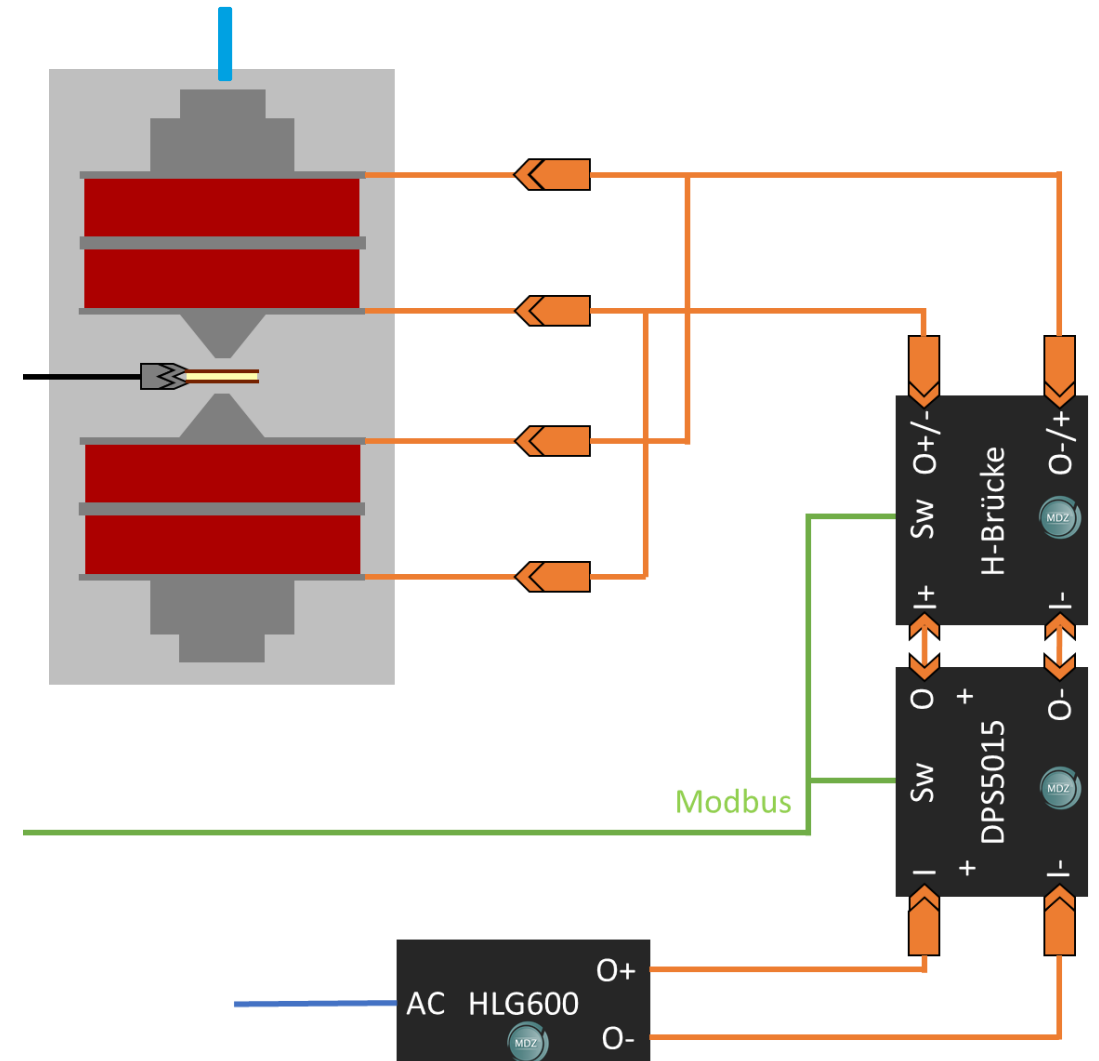
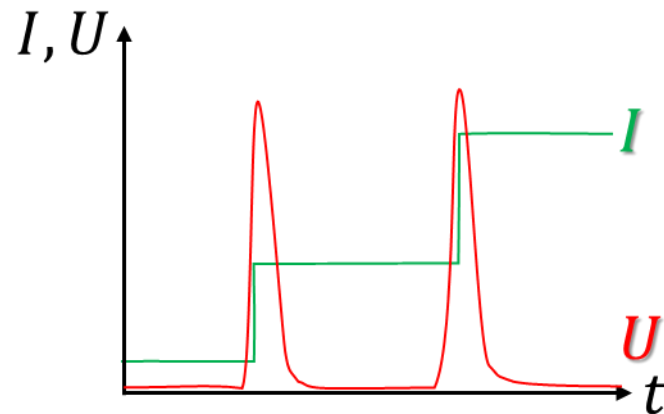
- gleiche Spule: ++
- andere Spule: +

nur Polarisation
keine Feldstärke

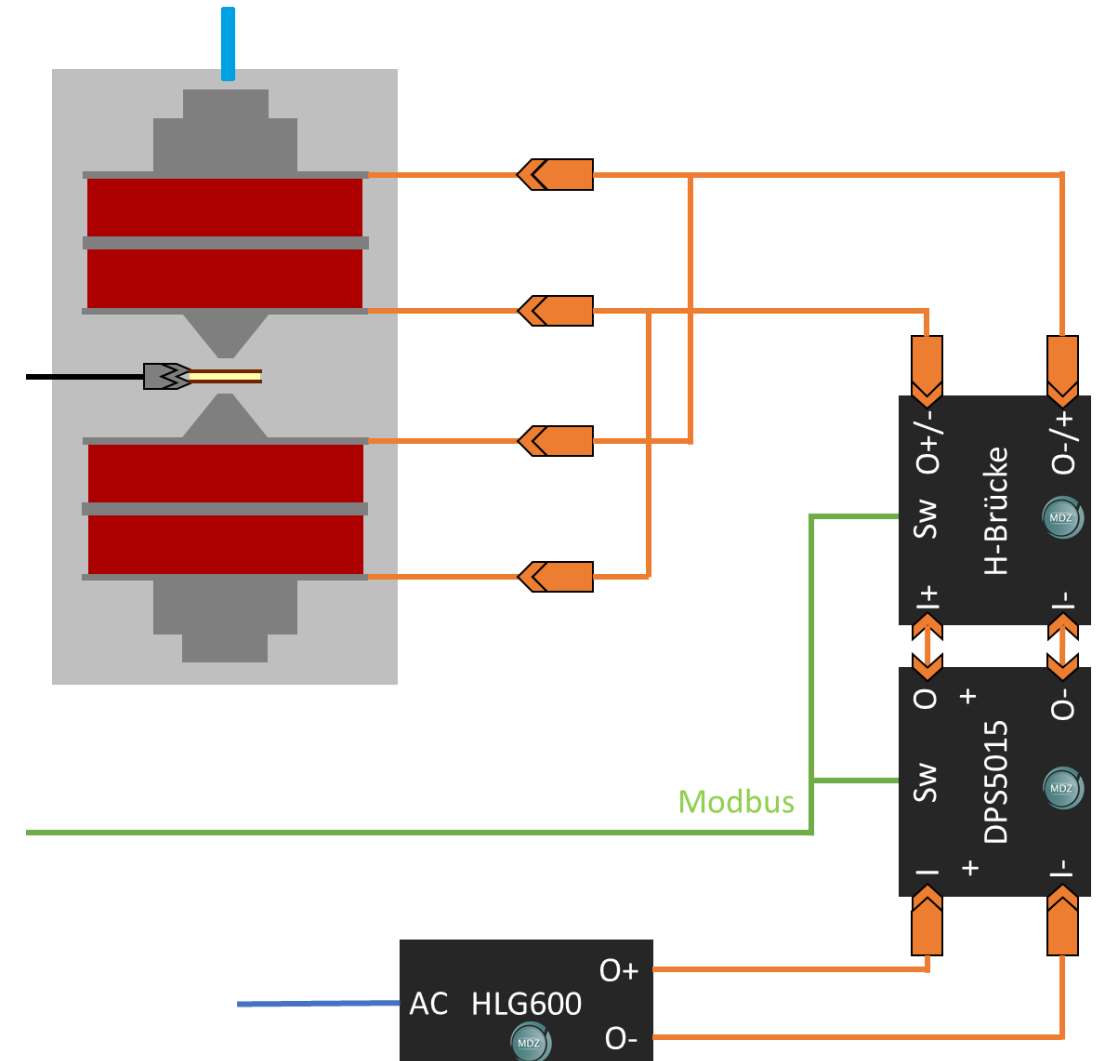
- Start: unmagnetisierte Probe
- Durchfahren der kompletten Schleife
- Aufzeichnen von B und H
 - in der Probe – schlecht zugänglich
- Konzept:
Vergleichsmessung mit definierter Durchflutung

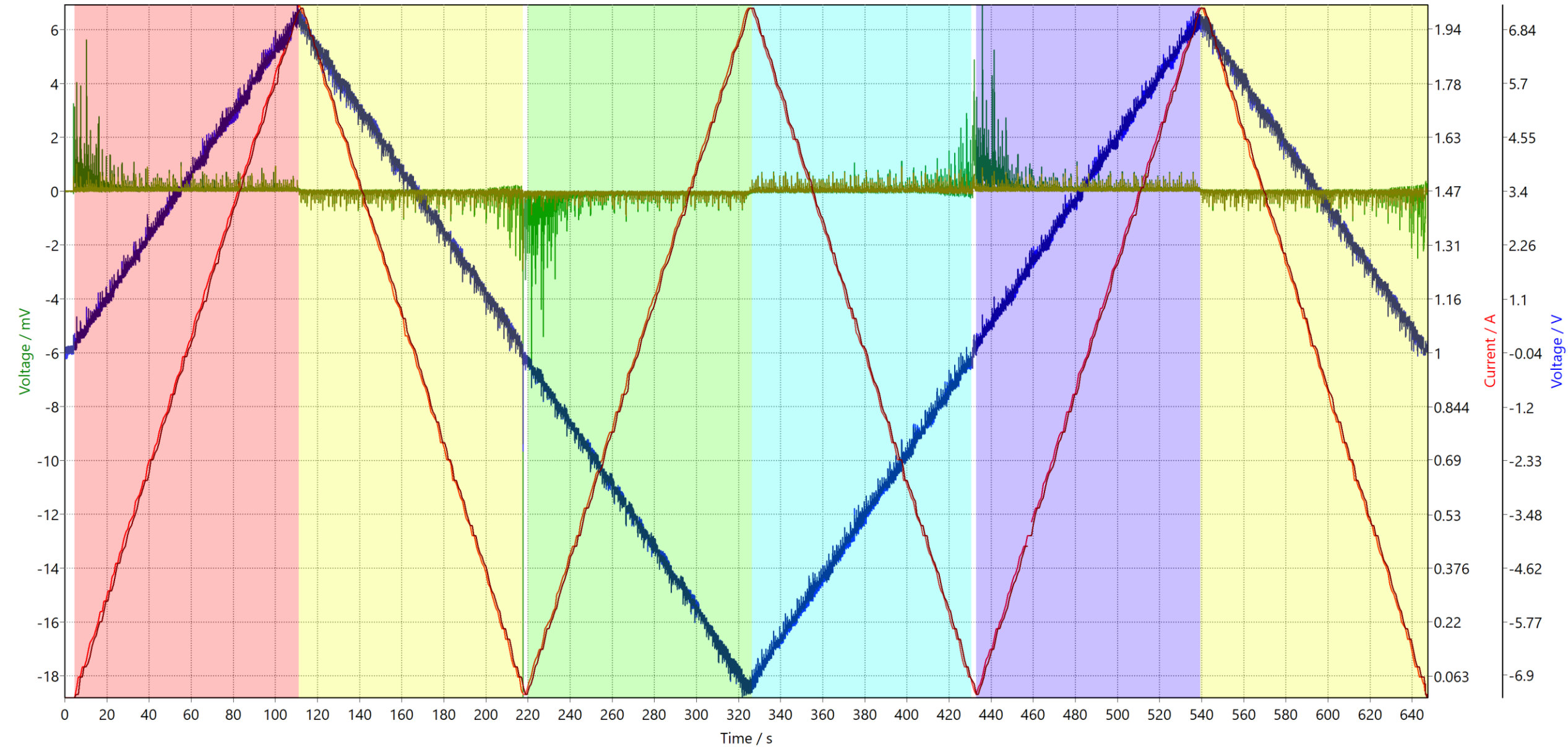


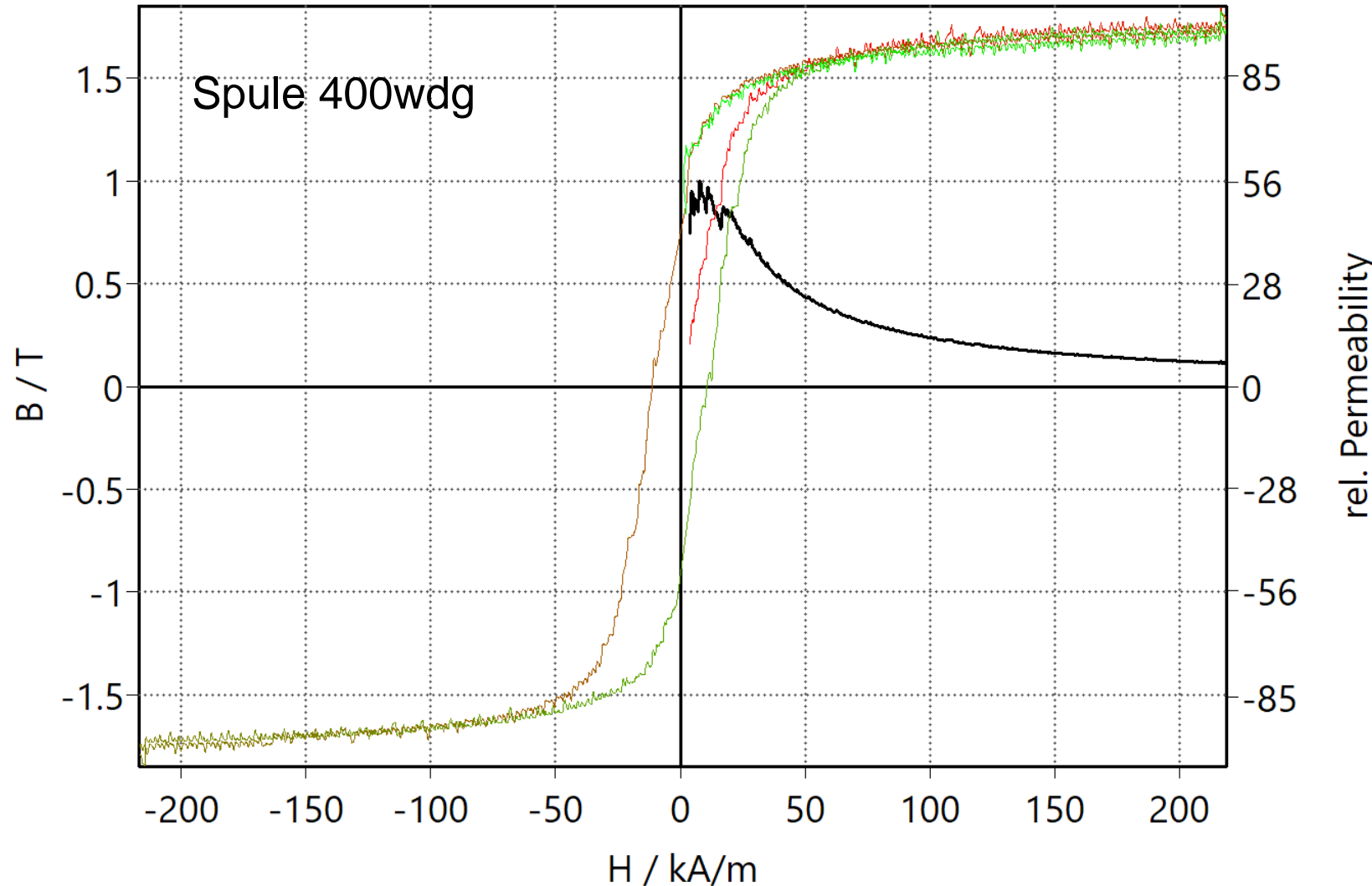
- Start: unmagnetisierte Probe
- Durchfahren der kompletten Schleife
- Aufzeichnen von B und H
 - in der Probe – schlecht zugänglich
- Konzept:
Vergleichsmessung mit definierter Durchflutung
- Vorgabe: Strom $I \rightarrow$ Durchflutung Θ
Stufenweise Erhöhung \rightarrow Induktion



- Start: unmagnetisierte Probe
- Durchfahren der kompletten Schleife
- Aufzeichnen von B und H
 - in der Probe – schlecht zugänglich
- Konzept:
Vergleichsmessung mit definierter Durchflutung
- Vorgabe: Strom $I \rightarrow$ Durchflutung Θ
Stufenweise Erhöhung \rightarrow Induktion
- Messung: Spannung $U \rightarrow$ Fluss Φ
- Berechnung: B , R_m und H





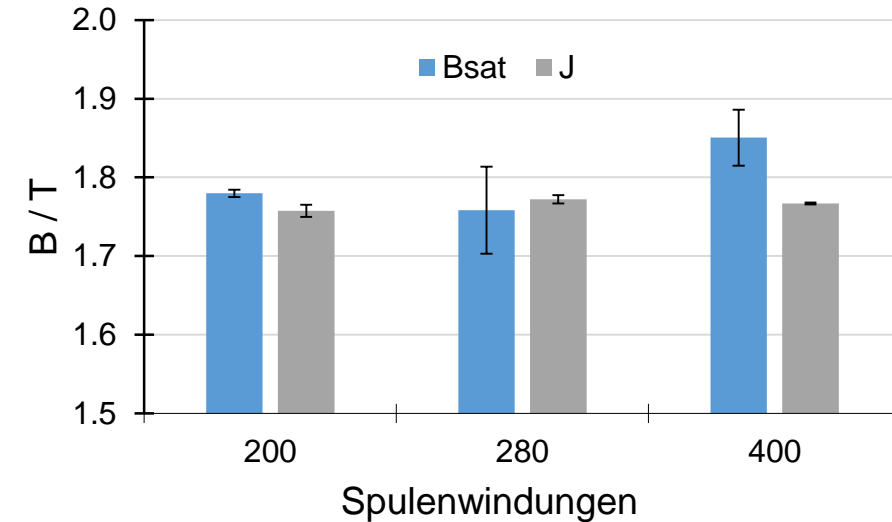


Spule	B_{\max} / T	$H_c / kA/m$
200	1.780 ± 0.004	11.067 ± 0.683
280	1.758 ± 0.055	12.151 ± 0.670
400	1.851 ± 0.036	12.221 ± 0.336

Reproduzierbarkeit

- gleiche Spule: ++
- andere Spule: +

- Reproduzierbare Ergebnisse, konsistent für Polarisation und Gesamtflussdichte
- Erneuerte Elektronik für Permeameter
- PC-Steuerung und Auswertung



Studentische Arbeiten:

- Andreas Giggel, *Wiederinbetriebnahme eines Magnetisierungsprüfstands* (2021)
- Richard Scherbaum, *Aufnahme von Magnetisierungskurven mittels eines Permeameters* (2024)

Ausblick:

- Kalibrierung mit bekanntem Material
- automatische Entmagnetisierung für Probe *und* Anlage
- robustere Messverstärker einsetzen (entwickeln?)



Fragen?



INSTITUT FÜR
WERKSTOFF- &
FÜGETECHNIK

iwf.ovgu.de



mdz.ovgu.de