

## REMAGRAPH<sup>®</sup> C

zur rechnergesteuerten  
Messung der statischen Eigenschaften  
von weichmagnetischen Werkstoffen



REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500

### • Einleitung

Der REMAGRAPH<sup>®</sup> C ist ein vollautomatisches, computergesteuertes Messgerät zur Messung der (quasi-)statischen Hystereseschleifen weichmagnetischer Werkstoffe.

Der REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500 erfüllt alle Anforderungen der Norm IEC 60404-4. Messungen können an Stäben, an Flachmaterial sowie an Ringen durchgeführt werden.

Stäbe oder streifenförmige Proben werden zusammen mit einem Messspulensystem zwischen den Polen eines Joches eingespannt. Die Messspulen sind an zwei elektronische Fluxmeter angeschlossen. Die magnetische Polarisation  $J = B - \mu_0 \cdot H$  wird in Abhängigkeit von der inneren Feldstärke  $H$  gemessen. Die Neukurve und die Hystereseschleife werden aufgezeichnet.

Es werden feste Messspulen für verschiedene Probenquerschnitte verwendet. Der Luftfluss zwischen der Probe und der Spule ist bezüglich der Feldstärke  $H$  kompensiert. Die Umspulen müssen daher nicht unmittelbar an der Oberfläche der Proben anliegen und können für verschiedene Querschnittsformen genutzt werden. Die Flussdichte  $B$  wird aus der Polarisation  $J$  berechnet, so dass sowohl  $J(H)$ - als auch die  $B(H)$ -Kurven dargestellt werden können. Die Feldstärke  $H$  wird mit einer unmittelbar an der Oberfläche der Probe anliegenden Potenzialschleife bestimmt.

Ringförmige Proben werden mit einer Primär- und einer Sekundärwicklung versehen. Die Feldstärke  $H$  wird aus der Stromstärke in der Primärwicklung berechnet. Die Sekundärwicklung wird zur Messung der Flussdichte  $B$  an ein Fluxmeter angeschlossen.

Neben dem klassischen Messgerät für Stäbe, Streifen und Ringe sind weitere Varianten für erhältlich, beispielsweise Messgeräte, welche statische Messungen mit einem Epstein-Rahmen nach IEC 60404-2 ermöglichen.

#### **Besondere Merkmale des REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500:**

- Automatische Messung der statischen Hystereseschleifen von weichmagnetischen Werkstoffen
- Messungen an ringförmigen Proben
- Messungen an stab- oder streifenförmigen Proben in einem Permeameterjoch
- Präzise Messung der Feldstärke  $H$  durch eine direkt an der Probe anliegende Potenzialschleife

## • Messverfahren

Abhängig von Modell und Ausstattung des REMAGRAPH<sup>®</sup> C sind folgende Messungen möglich:

- **Messungen an Ringproben** mit Wicklungen, die auf die Proben aufgebracht werden.
- **Messungen an stab- oder streifenförmigen Proben** mit dem Permeameterjoch MJR 5, Potenzialspule und Umspulen
- **Messungen mit einem Epstein-Rahmen** an Elektroblech-Streifen
- **Messung auf der Oberfläche von großflächigen Proben oder massiven Teilen** mit einer Aufsetzsonde.
- **Messung von kleinen Proben im offenen Magnetkreis** mit einer offenen Feldspule und Momentmessspule.

## • Ringmessungen

Proben	Ringe (Rowland-Ringe) oder andere Probenformen mit einem geschlossenen magnetischen Weg und konstanter Querschnittsfläche
Feldstärke $H$	Typisch bis zu 10 kA/m (höhere Feldstärken sind bei ausreichendem Wickelraum möglich, wenn eine Erwärmung der Probe vermieden wird)
Normen	IEC 60404-4, DIN EN 60404-4, ASTM A773/A773M

## • Permeameter-Messungen

Probenabmessungen bei Messungen im Permeameterjoch MJR 5 mit Standard-Messspulen	Länge in Feldrichtung mindestens 90 mm, sowie <ul style="list-style-type: none"><li>▪ bei Rundstäben max. 12 mm Durchmesser</li><li>▪ bei Rechteckstäben max. 10 mm · 10 mm</li><li>▪ bei Streifen max. 40 mm · 5 mm</li><li>▪ Querschnittsfläche mindestens ca. 1 mm<sup>2</sup></li></ul>
Maximale Feldstärke im Permeameterjoch MJR 5	ca. ±55 kA/m
Normen	IEC 60404-4, DIN EN 60404-4, ASTM A773/A773M Das MJR 5 ist das IEC Typ B Permeameterjoch, das alle Anforderungen der IEC 60404-4 erfüllt.

## • Epstein-Messungen

Proben	Elektroblech-Streifen
Maximale Feldstärke $H$	ca. 5 kA/m mit dem REMAGRAPH <sup>®</sup> C - 500/530, ca. 29 kA/m mit dem REMAGRAPH <sup>®</sup> C - 541
Normen	IEC 60404-2, DIN EN 60404-2, ASTM A773/A773M

## • Produktpalette

Ein REMAGRAPH<sup>®</sup> C kann aus verschiedenen Komponenten zusammengestellt werden.

Zur Messung von stab- und streifenförmigen Proben sowie Ringproben bieten wir den REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500 an.

Für besondere Anwendungen sind auch andere Gerätevarianten möglich.

Technische Daten zu den Komponenten und eine Liste der verfügbaren Optionen und Zubehörteile folgen auf den nächsten Seiten.

## • Inhalt des Standardpakets

### Komponenten des REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500:

- Geräteschrank für REMAGRAPH<sup>®</sup> C
- 2 Elektronische Fluxmeter EF 5
- REMAGRAPH<sup>®</sup>-Leistungsverstärker SVR 4
- Permeameter-Messjoch MJR 5 mit auswechselbaren Polbacken
- J-kompensierte Umspule, rund JRR
- J-kompensierte Umspule, flach JRF
- Potenzialspule PS-R 40/58
- Anschlussbox für Ringproben CB-R
- Computer-Hardware
- Software REMA
- Einweisung und Training in unserem Haus

## • Funktionsweise

Der REMAGRAPH<sup>®</sup> C ist vollständig computergesteuert. Der Strom zum Magnetisieren der Proben wird von einem rauscharmen Leistungsverstärker geliefert.

Die Messung erfolgt quasistatisch. Das heißt, die Magnetisierungskurve wird so langsam aufgezeichnet, dass Wirbelstromeinflüsse vermieden werden.

Vor der Messung kann die Probe entmagnetisiert werden. Dazu wird ein magnetisches Wechselfeld mit abnehmender Amplitude erzeugt. Die Frequenz und Dauer kann voreingestellt werden. Dann beginnt der Messablauf mit der Neukurve. Die Aussteuerung erfolgt entweder bis zum Maximalstrom des Leistungsverstärkers oder bis zu einem voreingestellten Grenzwert entweder der Feldstärke  $H$  oder der Polarisation  $J$ . Dann läuft die Messung durch die gesamte Hystereseschleife.

Im Permeameterjoch MJR 5 wird die Polarisation  $J$  mit Umspulen gemessen. Diese sind stabil aufgebaut und können für verschiedene Probendurchmesser und -formen verwendet werden. Stäbe mit rundem, rechteckigem oder rohrförmigen Querschnitten können in einer runden Umspule gemessen werden. Für Flachmaterial gibt es eine rechteckige Spule.

Die Feldstärke  $H$  wird mit einer c-förmigen Potenzienspule gemessen, die direkt an der Oberfläche der Probe anliegt. Sie misst die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten auf der Probenoberfläche. Die Feldstärke erhält man, indem die Potentialdifferenz durch den Abstand der Endpunkte der Spule dividiert wird.

Die Messwerte der Feldstärke  $H$  und der Polarisation  $J$  werden synchron von den zwei Fluxmetern erfasst und an den Computer übermittelt.

Ringproben und andere Proben mit einem geschlossenen magnetischen Weg werden mit einer Primär- und einer Sekundärwicklung versehen. Die Feldstärke  $H$  wird aus dem Strom in der Primärwicklung berechnet. Dieser Strom wird mit einem Präzisions-Messwiderstand, einem Vorverstärker mit automatischer Bereichsumschaltung und einem Analog-Digital-Wandler bestimmt. Die Spannung, die in der Sekundärwicklung induziert wird, wird mit dem Fluxmeter integriert. So erhält man die Flussdichte  $B$  und die Polarisation  $J$ .

Die Hystereseschleife wird bereits während der Messung auf dem Monitor dargestellt. So können die Ergebnisse in Echtzeit betrachtet werden.

Die Messgeschwindigkeit wird normalerweise so geregelt, dass die zeitliche Änderung der Flussdichte  $B$  nahezu konstant bleibt. Dadurch werden die steilen Abschnitte der Messkurve langsam und die flachen Bereiche schneller durchfahren. So wird ein Messfehler durch Wirbelstromeinflüsse vermieden und die Messdauer trotzdem kurz gehalten. So können die Hystereseverluste unabhängig von Wirbelstromverlusten erfasst werden.

Die Dauer einer Messung kann eingestellt werden. Sie beträgt typischerweise ca. 15 Sekunden für eine Neukurve, 60 Sekunden für eine komplette Hystereseschleife und weitere 30 Sekunden für das Entmagnetisieren vor der Messung.

Die Proben-, Mess- und Ausgabeparameter können gespeichert werden. Dadurch müssen bei einer neuen Messung nur wenige Eingaben getätigt werden. Dies ist beim Messen einer Folge von ähnlichen Proben besonders nützlich. Für folgende Messungen sind die Einstellungen der vorhergehenden Messung direkt als neue Starteinstellungen verfügbar.

Die Messergebnisse und Kurven werden auf dem Monitor, Drucker oder in Ergebnisdateien ausgegeben, die mit Programmen wie Excel etc. weiter bearbeitet werden können. Das erlaubt eine statistische Behandlung von Reihenmessungen.

## • Merkmale von REMA – Software für den REMAGRAPH<sup>®</sup>

- Flexible, anwenderfreundliche Bedienung durch Menüs, Funktionstasten, Schnellzugriffstasten oder Icons
- Ausführliche Hilfedatei, kontext-sensitive Hilfe
- Bequeme Eingabe von Messparametern
- Speichern und Öffnen von Parametern und Messdaten
- Mehrere Messungen können gleichzeitig geöffnet werden, beispielsweise für Vergleichszwecke
- Bestehende Messungen können als Vorlagen für neue Messungen dienen
- Automatische Berechnung der Messergebnisse

- Automatisches Speichern der Messdaten, Parameter und Ergebnisse (z. B. unter einem Messungsnamen oder einer Messungsnummer)
- Speichern einer Gruppe zusammengehöriger Messungen in einer einzigen Datei
- Export von Messdaten, Parametern und Ergebnissen in Textdateien oder Microsoft Excel® Dateien
- Export von Parametern und Ergebnissen in Text- oder SQL-Datenbanken, Datenbankanzeige im Programm
- Druckvorschau für Messdiagramme mit Kurven, Parametern und Ergebnissen
- Ausgabe der Messdiagramme an einen Drucker oder an ein PDF-Programm (Drucker und PDF-Programm sind nicht im Lieferumfang enthalten)
- Kopieren von Messdiagrammen und Ergebnislisten über die Zwischenablage von Windows
- Speichern von Diagrammen in Bilddateien (bmp, gif, jpeg, png) zur leichten Weitergabe
- Vielfältige Möglichkeiten für ein kundenspezifisches Ausgabedesign, wie Auswahl von Kurven, berechneten Ergebnissen, Einheiten, Messparametern, anwenderspezifischen Informationstexten, Firmenlogo, etc.
- Vom Anwender definierbare Grenzwerte für alle Ergebnisse (abweichende Ergebnisse werden rot oder fett dargestellt)
- Ausgabe von mehreren Kurven in einem Diagramm zusammen mit den Ergebnissen
- Optionale Anzeige der gemittelten Ergebnisse mehrerer Messungen
- Unterschiedliche Diagramm-Layouts können für einen einfachen Wechsel des Ausgabeformats gespeichert werden
- Auswählbare Einheiten für magnetische Größen, Temperaturen, Probenabmessungen und andere Parameter
- Volle Unterstützung von SI- und CGS-Einheiten im Programm und in der Ausgabe, ein Wechsel der Einheiten ist jederzeit möglich und die Einheiten können gemischt verwendet werden
- Eine simultane Anzeige von SI- und CGS-Einheiten kann vom Anwender konfiguriert werden
- Die Anzahl der signifikanten Stellen zur Anzeige von Ergebnissen kann vom Anwender festgelegt werden
- Erzeugen von Ergebnislisten für mehrere Messungen incl. der Möglichkeit zu speichern, kopieren und drucken
- Der Zugriff auf das Programm oder auf einzelne Programmenüs kann für ausgewählte Anwender eingeschränkt werden (Passwortschutz)
- Sprache für Menüs und Ausgabe getrennt wählbar (deutsch, englisch, französisch, spanisch, polnisch, tschechisch, slowakisch, russisch, chinesisch (vereinfacht))
- Kompatibel zu Microsoft Windows® Vista / 7 / 8 / 10

## • Parameter

- Parametervorgaben, so dass nur wenige Eingaben vorgenommen werden müssen
- Automatische Identifikation von Messspulen und Spulendaten
- Berechnung der Querschnittsfläche bei stabförmigen Proben, Flachmaterial und Ringen und rechteckigen Proben (z.B. Schnittbandkernen)
- Berechnung der magnetischen Weglänge von Ringen und rechteckigen Proben
- Dimensionierungshilfe für Wicklungen auf Ringproben
- Rechnerische Luftflusskorrektur, wenn die Messwicklung nicht direkt auf dem Ring liegt
- Möglichkeit zur Betrachtung des Einflusses eines Luftspalts (gescherte Hystereseschleife)
- Vom Anwender erweiterbare Datenbank für Standardkerne, z.B. C-Kerne
- Automatische Verwendung der Normdichte für die entsprechende Sorte bei Messungen an Elektroblech
- Eingabe der Raum- und Proben temperatur in °C, °F oder K
- Eingabe der Messungs- und Probenidentifikationsdaten in vordefinierte oder vom Anwender definierbare Textzeilen
- Ausführliche Parameterüberprüfung zur Vermeidung ungültiger oder inkonsistenter Einstellungen

## • Messung

- Automatisches Entmagnetisieren der Proben vor der Messung
- Einstellbare Entmagnetisierparameter (Amplitude, Frequenz, Dauer)
- Neukurve
- Vollständige Hystereseschleife
- Kommutierungskurve
- Aussteuerung auf voreingestellte Werte des Magnetisierstroms  $I$ , der Feldstärke  $H$  oder der Flussdichte  $B$  bzw. Polarisation  $J$
- Driftkorrektur automatisch oder auf Befehl
- Messung von Ringproben
- Automatische Polaritätserkennung beim Messen von Ringproben
- Messung von Probenstäben mit rundem, rechteckigen oder rohrförmigen Querschnitt mit J-

- kompensierten Umspulen
- Messung von Elektrolechstreifen mit einem Epstein-Rahmen
- Messung mit konstanter Messgeschwindigkeit ( $dI/dt = \text{konst.}$ )
- Messung mit geregelter Messgeschwindigkeit ( $dB/dt = \text{konst.}$ )
- Serienmessung: erlaubt das automatische Ausführen eine Folge unterschiedlicher Messungen an derselben Probe, beispielsweise mit unterschiedlichen Aussteuerungen oder unterschiedlichen Messbedingungen
- Automatische Aufzeichnung der Raumtemperatur mit optionalem Raumtemperatursensor
- Automatische Aufzeichnung der Proben temperatur von Ringproben mit einem optionalem unmagnetischen Thermoelement (Typ T) und einem optionalen Thermoelement-Messmodul

## • Auswertung

### Neukurve

- Permeabilitätskurve  $\mu(H)$  (aus der Neukurve berechnet)
- Permeabilitätskurve  $\mu(B)$
- Maximale Permeabilität  $\mu_{\max}$  und zugehörige Feldstärke  $H(\mu_{\max})$
- Maximale Feldstärke  $H_{\max}$
- Permeabilität bei maximaler Feldstärke  $\mu(H_{\max})$
- Extrapolationsberechnung für die Anfangspermeabilität  $\mu_i$
- Tabellen mit  $J(H)$ ,  $B(H)$ ,  $\mu(H)$ , wobei  $H$  wobei  $H$  benutzerdefinierte Feldstärkewerte sind. Besonders nützlich für Materialdefinitionen in FEM-Programmen.
- Tabellen mit  $H(J)$ ,  $\mu(J)$ , wobei  $J$  benutzerdefinierte Polarisationswerte sind
- Tabellen mit  $H(B)$ ,  $\mu(B)$ , wobei  $B$  benutzerdefinierte Flussdichtewerte sind

### Hystereseschleife

- Remanenz ( $B_r$  oder  $J_r$ )
- Koerzitivfeldstärke  $H_{cJ}$  bzw.  $H_{cB}$
- Maximale Feldstärke  $H_{\max}$ , Polarisation  $J_{\max}$ , Flussdichte  $B_{\max}$
- Verhältnisse  $B_r/J_{\max}$ ,  $B_r/B_{\max}$
- Hystereseverlust, Hystereseverlustdichte  $W$  (Fläche innerhalb der Hystereseschleife)
- Spezifischer Hystereseverlust  $W_s$
- Hysteresese-Gesamtverlust (Kernverlust)  $W_c$
- Symmetriekorrektur
- Temperaturkorrektur: Umrechnung der Ergebnisse anhand von Temperaturkoeffizienten von  $B_r$  oder  $H_{cJ}$

### Kommutierungskurve

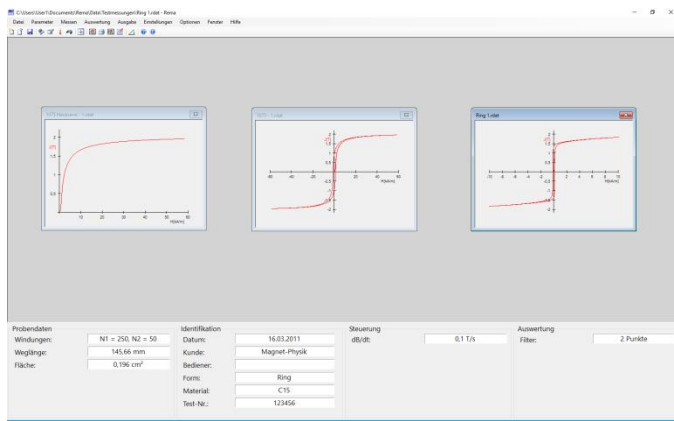
- Kommutierungskurven  $J(H)$  und  $B(H)$
- Amplitudenpermeabilität:  $\mu_a(H)$ - und  $\mu_a(B)$ -Kurven
- Maximale Amplitudenpermeabilität  $\mu_{a,\max}$  und zugehörige Feldstärke  $H(\mu_{a,\max})$
- Tabellen mit  $J(H)$ ,  $B(H)$ ,  $\mu_a(H)$ , wobei  $H$  benutzerdefinierte Feldstärkewerte sind
- Tabellen mit  $H(J)$ ,  $\mu_a(J)$ , wobei  $J$  benutzerdefinierte Polarisationswerte sind
- Tabellen mit  $H(B)$ ,  $\mu_a(B)$  wobei  $B$  benutzerdefinierte Flussdichtewerte sind

### Allgemeines

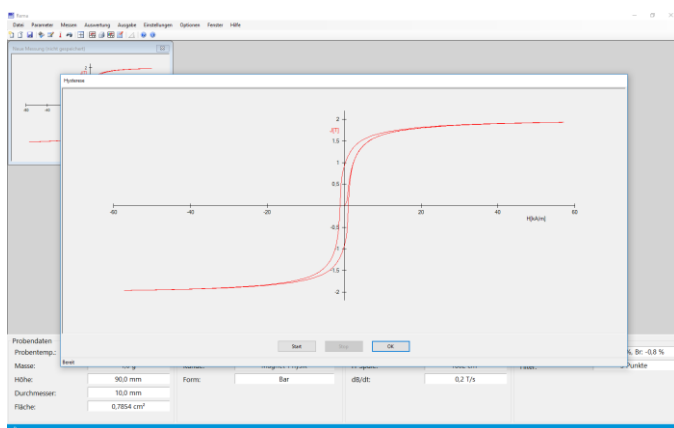
- Benutzerwerte für Tabellen können vordefiniert und gespeichert werden. Die zugehörigen Funktionswerte werden automatisch interpoliert
- Ausgabe von Proben- und Messparametern sowie berechneten Ergebnissen in ASCII-Textdateien, Microsoft Excel<sup>®</sup> Arbeitsmappen (xlsx) oder Microsoft Excel<sup>®</sup> xml Tabellenblätter
- Ausgabe von Proben- und Messparametern sowie berechneten Ergebnissen in Text- oder SQL-Datenbanken

Microsoft Excel<sup>®</sup> und ein SQL-Server sind nicht im Lieferumfang enthalten. Windows 10 enthält normalerweise „Microsoft Print to PDF“. Damit können von REMA ohne weiteren Benutzereingriff PDF-Dateien der Messdiagramme erzeugt werden.

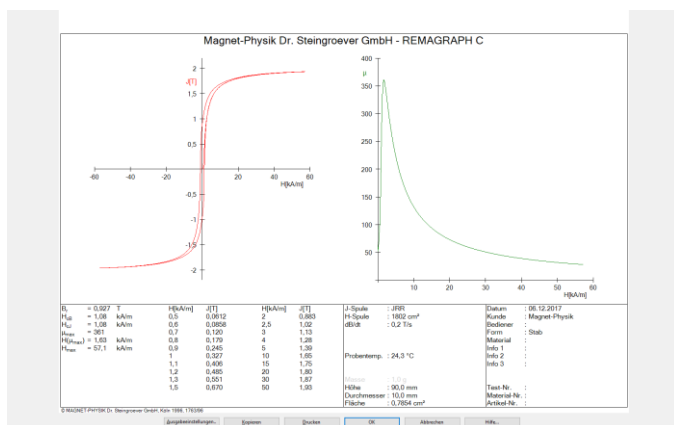
## Bildschirmdrucke



Hauptfenster mit unterschiedlichen Messungen und Messparametern



Messung einer Neukurve und Hystereseschleife



Druckvorschau

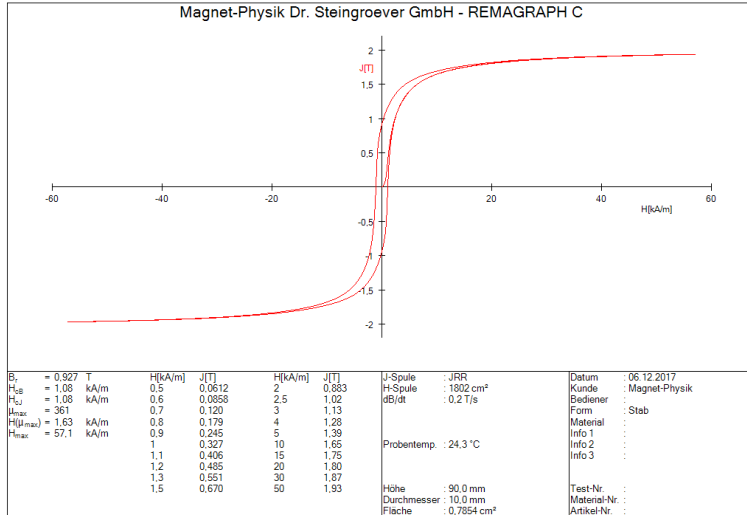
## Steuerung

Zum Betrieb des REMAGRAPH<sup>®</sup> C ist ein Computer erforderlich. Der Computer, der in den Standardpaketen enthalten ist, hat folgende Mindestausstattung:

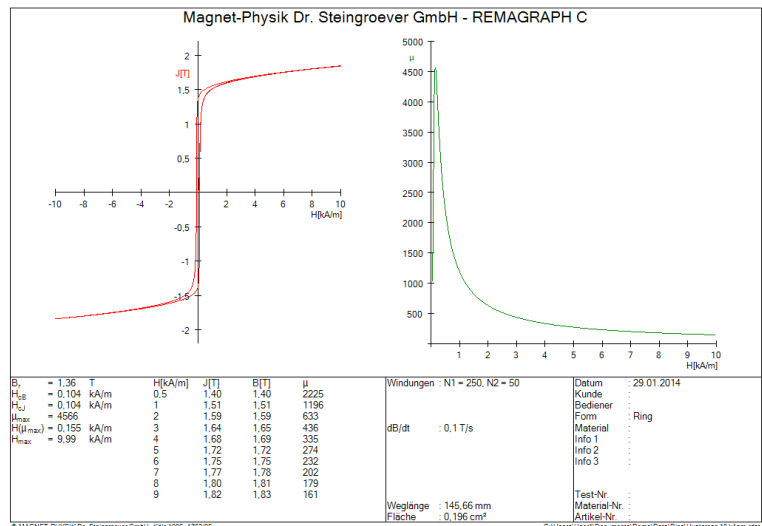
- LCD-Anzeige
- Tastatur, Maus
- Festplattenlaufwerk
- CD/DVD-Laufwerk
- Netzwerkanschluss
- Schnittstellen (COM, USB nach Bedarf)
- Microsoft Windows<sup>®</sup> Betriebssystem (aktuelle Version)

Wir empfehlen, den Computer von Magnet-Physik konfigurieren zu lassen. Wir können nur dann einen reibungslosen Betrieb gewährleisten, wenn außer den von uns installierten Programmen sowie Standard-Bürosoftware keine weitere Software installiert wird.

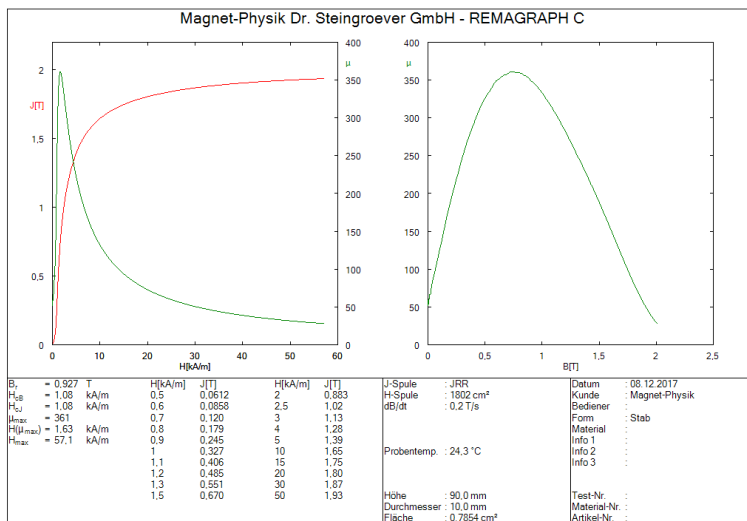
## • Beispieldiagramme



Neukurve und  $J(H)$ -Hystereseschleife einer Stabprobe, gemessen im Messjoch MJR 5. Die Ergebnis- und Informationsbereiche des Diagramms können vom Anwender konfiguriert werden.



Hystereseschleife und  $\mu(H)$ -Permeabilitätskurve einer Ringprobe.



Neukurve sowie Permeabilitätskurven  $\mu(H)$  und  $\mu(B)$

## • Elektronisches Fluxmeter EF 5



Das Elektronische Fluxmeter EF 5 dient zur Messung des magnetischen Flusses mit Messspulen. Es enthält einen präzisen elektronischen DC-Integrator mit hoher Empfindlichkeit und äußerst niedriger Drift.

Bei Messungen mit dem REMAGRAPH<sup>®</sup> C werden die Fluxmeter vollständig vom Computer ferngesteuert. Die Messspulen sind mit elektronischen Speichern ausgestattet, welche die Spulendaten enthalten. Daher werden die Messspulen automatisch identifiziert.

Die Fluxmeter des REMAGRAPH<sup>®</sup> C können auch für andere Messaufgaben verwendet werden, beispielsweise zum Prüfen von Magneten mit einer Momentmessspule (Helmholtz-Spule). Einzelheiten entnehmen Sie bitte den Datenblättern „EF 5“ und „Messspulen für Fluxmeter“.

Besonderheiten:

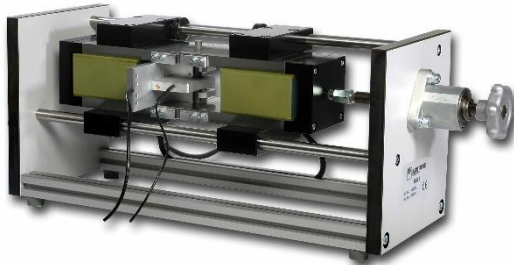
- Mikroprozessor-gesteuert, leichte Bedienung
- Automatische Driftkorrektur
- Kontinuierlich arbeitender Integrator, daher keine Messbereichsobergrenzen
- Selbstjustage mit eingebauter Spannungs-Zeit-Referenz
- Menüsteuerung; die wichtigsten Funktionen sind direkt mit Funktionstasten zugänglich
- Automatische Berechnung der Messergebnisse unter Verwendung der Spulenparameter
- Direkte Anzeige in Voltsekunden, Weber, Tesla, Gauss oder anderen Einheiten
- Automatische Spulenerkennung und Geräteeinstellung für Spulen mit eigenem Speicher
- 4 Grenzwertkomparatoren mit Relaisausgängen für die Prozesskontrolle
- Modernes, kompaktes Design
- Direkt in 19“-Geräteschränke einbaubar

## • Technische Daten

Display	hintergrundbeleuchtetes LCD, 122 x 41 mm <sup>2</sup>
Anzeige	max. 6 Stellen und 2 Stellen für den Exponenten
Auflösung	$10^{-4} / 10^{-5} / 10^{-6} / 10^{-7}$ Vs
Obere Messbereichsgrenzen	keine, aufgrund des kontinuierlich arbeitenden Integrators
Drift pro Minute	$< 10^{-6}$ Vs ( $R_i + R_s \geq 10$ k $\Omega$ , $R_s$ = Widerstand der Messspule)
Einheiten (je nach Spulentyp)	Vs, Wb, T, G, Vs/cm <sup>2</sup> , A/m, Oe, Vs cm, A, Vs/n (pro Windung)
Grundgenauigkeit	0,25% vom Messwert
Vergleichspräzision	0,1 % vom Messwert
Eingangswiderstände $R_i$	0 $\Omega$ , 10 k $\Omega$
Maximale Eingangsspannung	60 V
Messungen pro Sekunde	25
Trigger	intern, extern
Extremwerte	Max., Min., Max.-Min.
Analogausgang	$\pm 10$ V, einstellbare Skalierung
Schnittstellen	RS232, einstellbare Baudrate 4800 bis 38400 24 V I/O für SPS (Reset, Drift, Anzeige festhalten, Trigger, Messbereitschaft) IEEE 488 (optional)
Grenzwertkomparator (Limit):	4 Schaltpunkte, Relaisausgänge (Wechsler)



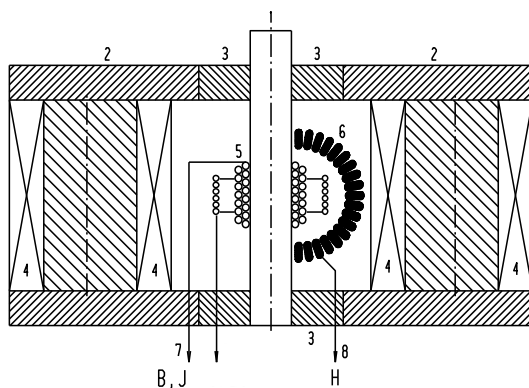
• Permeameter-Messjoch MJR 5 für REMAGRAPH® C - 500



MJR 5  
Permeameter- Messjoch



Austauschbare Polbacken



Prinzipische Skizze

- 1: Probe
- 2: Joch
- 3: austauschbare Polbacken für Stäbe und Streifen
- 4: Spulen zur Felderzeugung
- 5: J-kompensierte Umspule
- 6: Potenzierspule zur Messung von  $H$
- 7: Anschluss an  $J$ -Fluxmeter
- 8: Anschluss an  $H$ -Fluxmeter

Das Messjoch MJR 5 ist das originale Messjoch, das die Anforderungen der internationalen Norm IEC 60404-4 exakt erfüllt (IEC Typ B Permeameter).

Die Probe wird zwischen den Polbacken des Doppel-C-Jochs eingespannt. Die Polbacken sind austauschbar, damit unterschiedliche Probenformen aufgenommen werden können. Das Magnetfeld wird von zwei seitlichen Spulen erzeugt.

Die Länge der Probe in Feldrichtung muss mindestens 90 mm betragen. Dies ist notwendig, um eine homogene Verteilung des magnetischen Flusses über den Querschnitt der Probe zu gewährleisten und die Probe in das Joch einzuspannen. Die Probe kann nicht aus mehreren Teilen zusammengesetzt werden, da schon kleinste Luftspalte zu einer Scherung der Hystereseschleife führen würden. In Sonderfällen können auch exakt 60 mm lange Proben gemessen werden.

Die Querschnittsfläche muss über die gesamte Probenlänge gleich sein und muss mindestens 1 mm<sup>2</sup> betragen. Die folgenden Querschnitte sind beispielsweise geeignet:

- Runde Stäbe mit einem Durchmesser von bis zu 12 mm
- Rechteckige Stäbe von bis zu 10 mm x 10 mm
- Streifen, bis zu 40 mm breit und bis zu 5 mm dick

Wenn die Probe länger als 90 mm ist, tragen die Teile der Probe außerhalb des Joches nicht zum Messergebnis bei. Durch den hohen Aufbau des MJR 5, das unten offen ist, können auch lange Proben ohne Zuschnitt aufgenommen werden.

Die Feldstärke  $H$  wird mit einer Potenzierspule (Potentiometer-Spule) PS-R 40/58 gemessen. Diese Spule stellt eine der Norm IEC 60404-4 entsprechende Messung der Feldstärke  $H$  sicher.

## • Messspulen für den REMAGRAPH® C - 500

### Messspulen

zur Verwendung mit dem Permeameterjoch MJR 5, zum Anschluss an die Fluxmeter EF 5:

- **J-kompensierte Umspule rund JRR**  
zur Messung der Polarisation  $J$  von Proben bis zu 12 mm Durchmesser
- **J-kompensierte Umspule flach JRF**  
zur Messung der Polarisation  $J$  von Proben bis zu 40 mm x 5 mm
- **Potenzialspule PS-R 40/58**  
zur Messung der inneren magnetischen Feldstärke  $H$  unmittelbar an der Probenoberfläche
- **J-kompensierte Umspulen**  
mit anderen Abmessungen, rund oder rechteckig, sind auf Anfrage erhältlich, beispielsweise JRR 26, JRR 32. Messspulen mit Durchmessern größer als 15 mm sind nur für vergleichende Messungen und nicht zur absoluten Bestimmung von Materialkenngrößen geeignet.

### Weiteres Messzubehör

- **MCE 201 N Epstein-Rahmen**  
Epstein-Rahmen für DC-Messungen. Mit einer Stromversorgung SVR 4 wird eine maximale Feldstärke  $H$  von ca. 5 kA/m erreicht.
- **Offene Feldspule**  
zur Messung der gescherten Hystereseschleifen an kleinen, unregelmäßig geformten Proben, z.B. Relais teilen. Die Spulensysteme werden nach den Abmessungen der Messobjekte gefertigt. Sie bestehen aus einer felderzeugenden Spule und einer Momentmessspule.
- **Aufsetzsonde**  
zur Aufzeichnung von Hystereseschleifen an Flachmaterial, das nicht in das Messjoch MJR 5 eingespannt werden kann.  
Der magnetische Fluss wird durch eine auf den Rückschluss der Sonde gewickelte Messspule erfasst, die magnetische Feldstärke  $H$  aus dem Erregerstrom berechnet. So werden gescherte Hystereseschleifen gemessen, die für Vergleiche verwendet werden können (keine Absolutmessung der Materialkenngrößen).  
Die Sonde besteht aus einem C-förmigen Joch mit zwei Polflächen von jeweils 25 mm x 25 mm, deren mittlerer Abstand 50 mm beträgt. Sie ist mit einer Erregerwicklung und einer Messwicklung ausgerüstet. Die Erregerwicklung wird an die Stromversorgung, die Messwicklung an ein Fluxmeter angeschlossen.



J-kompensierte Umspule JRR (rund)



J-kompensierte Umspule JRF (flach)



Potenzialspule PS-R 40/58  
(Rogowski-Chattock Potentiometer)

## • Optionen und besondere Ausführungen

Das Standardgerät REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500 erlaubt Messungen an Ringproben sowie an Stäben und Flachmaterial im Messjoch MJR 5 mit den entsprechenden Spulen. Typische Proben sind Stäbe, Flachmaterial und Ringe aus magnetisch weichem Stahl, wie er für Ventile und Relais verwendet wird.

Mit Ringproben kann ein breiterer Bereich von Materialien angesprochen werden, z.B. Ringen aus Elektrotech. Zum Messen von sehr weichmagnetischen Materialien wie Fe-Ni, amorpher oder nanokristalliner Legierungen, wird die Option „niedrige Stromstärke“ für den Leistungsverstärker SVR 4 empfohlen.

### Option „Niedrige Stromstärke“ für SVR 4

Mit dieser Hardware-Option kann die maximale Stromstärke der SVR 4 zum Messen von Ringproben zwischen 7,5 A und 0,5 A umgeschaltet werden. Das Umschalten erfolgt in der REMA-Software. Der niedrigere Bereich erlaubt eine feinere Auflösung, die für die Messung sehr weichmagnetischer Materialien vorteilhaft ist. Im niedrigeren Bereich beträgt die Auflösung ca. 0,015 mA statt 0,23 mA im hohen Bereich.

Neben dem REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500 gibt es weitere Gerätevarianten für spezielle Messaufgaben:

### REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 530

Zur Messung statischer Hystereseschleifen weichmagnetischer **Ringproben**.

Falls nur Messungen an Ringproben benötigt werden, ist der REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 530 durch Verzicht auf ein zweites Fluxmeter, das Permeameterjoch und die Messspulen eine preisgünstige Alternative zu einem voll ausgestatteten REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500. Eine nachträgliche Erweiterung ist möglich. Typische Proben sind Ringe bis ca. 60 mm Durchmesser.

#### Komponenten:

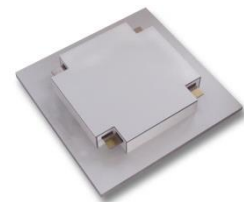
- Geräteschrank für REMAGRAPH<sup>®</sup> C
- 1 Elektronisches Fluxmeter EF 5
- DC Leistungsverstärker SVR 4 (300 W)
- Anschlussbox für Ringproben CB-R
- Computer-Hardware
- Software REMA

### REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 541

Sondergerät mit hoher Ausgangsleistung für Messungen mit einem **Epstein-Rahmen** bis zu einer Feldstärke  $H$  von ca. 29 kA/m (365 Oe). Das Gerät entspricht IEC 60404-2, DIN IEC 60404-2, ASTM A773/A773M.

#### Komponenten:

- Geräteschrank für REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 541
- 1 Elektronisches Fluxmeter EF 5
- Leistungsverstärker 1000 W, Maximalstrom ca. 40 A
- Epstein-Rahmen
- Computer-Hardware
- Software REMA



Epstein-Rahmen

### REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 544

Sondergerät mit hoher Ausgangsleistung zur Messung Hysterese an **großvolumigen Ringproben**. Typische Proben sind Ringe oder Schnittbandkerne mit Durchmessern von 100 bis 300 mm.

#### Komponenten:

- Geräteschrank für REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 544
- 1 Elektronisches Fluxmeter EF 5
- Leistungsverstärker 1000 W, Maximalstrom ca. 50 A
- Anschlussbox für die Sekundärwicklung
- Computer-Hardware
- Software REMA

## • Optionales Zubehör

### Referenzprobe für das Messjoch MJR 5

Stahlstab mit Messdiagramm und Werkskalibrierschein

Durchmesser	:	10 mm
Länge	:	90 mm

### Referenz-Ringprobe

Bewickelte ringförmige Probe mit Messdiagramm und Werkskalibrierschein

### Raumtemperatursensor TS-USB

Temperatursensor mit USB-Anschluss. Mit diesem Sensor kann die Raumtemperatur auf dem Computerbildschirm angezeigt und automatisch zusammen mit der Messung gespeichert werden.



### Thermoelement und USB Thermoelement-Messmodul

Dieses Paket enthält ein unmagnetisches Thermoelement (Typ T) zur Messung der Proben temperatur und einen Messmodul zum Anschluss des Thermoelements an den Computer. Die Temperatur wird automatisch vom der REMA-Software aufgenommen und mit der Messung gespeichert.

### Ofen (Temperaturkammer)

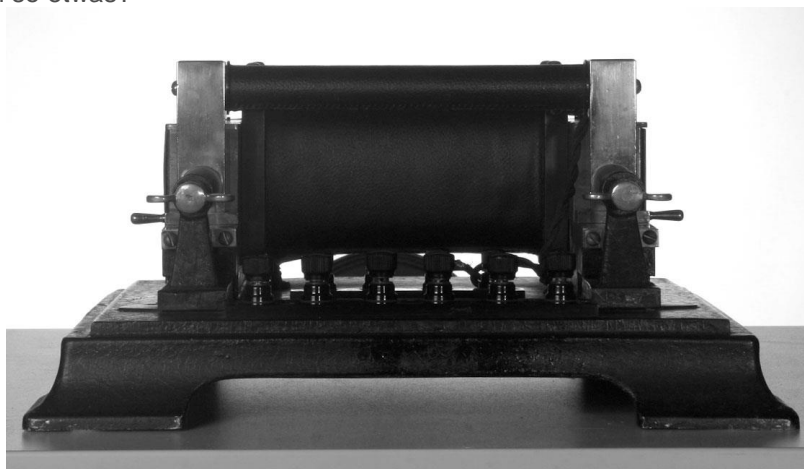
Dieses Zubehör ermöglicht Messungen an Ringproben bei verschiedenen Temperaturen. Das Standardmodell arbeitet von 40 °C bis 300 °C. Andere Temperaturbereiche sind verfügbar. Die Kammer hat einen Durchlass für die Anschlussdrähte der Probe und ein Thermoelement. Ein Thermoelement zur Messung der Proben temperatur und ein USB Thermoelement-Messmodul sind inbegriffen. Das Gerät wird von der REMA-Software ferngesteuert. Mit der Funktion „Serienmessung“ kann automatisch eine Folge von Messungen bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden, inklusive einer programmierbaren Wartezeit zur Stabilisierung der Temperatur vor den einzelnen Messungen.

### Computerzubehör

Drucker und anderes Computerzubehör sind auf Nachfrage erhältlich.

### Umrüstsatz

Haben Sie noch so etwas?



Wenn Sie ein **Fahy-Simplex-Permeameter** besitzen und dieses weiterbenutzen möchten, können Sie es an einen REMAGRAPH<sup>®</sup> C - 500 anschließen. Den notwendigen Kabelsatz können wir liefern. Das Fahy-Permeameter wird von der REMA-Software unterstützt.

## • Kombinierte Messgeräte

### PERMAGRAPH® - REMAGRAPH® - KOMBINATION C - 750

Diese Kombination erlaubt die Messung der statischen Hystereseschleifen weich- und hartmagnetischer Werkstoffe.

Sie vereint die gesamten Messmöglichkeiten von PERMAGRAPH® C - 300 und REMAGRAPH® C - 500 in einem Gerät.

Da einige Komponenten nur einmal benötigt werden, ist die Kombination eine preiswerte Alternative zu getrennten Geräten.

Komponenten des Standardpakets:

- Geräteschrank für Kombination C - 750
- Elektronische Fluxmeter EF 5 (2 Stück)
- REMAGRAPH®-Stromversorgung SVR 4
- PERMAGRAPH®-Stromversorgung SVP 2
- REMAGRAPH®-Messjoch MJR 5 mit auswechselbaren Polbacken
- J-kompensierte Umspule, rund JRR
- J-kompensierte Umspule, flach JRF
- Potenzienspule PS-R 40/58
- Anschlussbox für Ringproben CB-R
- PERMAGRAPH® - Elektromagnet EP 3
- Polkappen P-0/0 (2 Stück)
- J-kompensierte Umspule JH 26-1 (anderer Durchmesser nach Absprache möglich)
- Flacher Messpol P 6/6-15
- Feldmessspule FS 100/2
- Computer-Hardware
- Steuerkarte ST-P/R 2
- Software PERMA und REMA
- Einweisung und Training in unserem Haus

### PERMAGRAPH® - REMAGRAPH® - REMACOMP® - KOMBINATION C - 760

Diese Kombination ermöglicht die Messung der statischen Hystereseschleifen weich- und hartmagnetischer Werkstoffe sowie dynamische (AC) Messungen an weichmagnetischen Materialien bei Frequenzen bis zu 19 kHz.

Sie vereinigt die Messmöglichkeiten von PERMAGRAPH® C - 300, REMAGRAPH® C - 500 und REMACOMP® C - 200 in einem Gerät.



**Geräteschrank der PERMAGRAPH® -  
REMAGRAPH® - Kombination C - 750  
(mit optionaler Temperaturregelung TC 3)**

Die Kombination C - 760 enthält alle Komponenten des C - 750, außer

- Geräteschrank für C - 760 anstelle des Geräteschranks für C - 750
- REMACOMP® C - 200 Stromversorgung 36 V / 12 A anstelle der Stromversorgung SVR 4
- Zusätzliche REMACOMP® Multifunktionskarte
- Software PERMA, REMA und COMP

Das gesamte Zubehör des REMAGRAPH® C kann auch mit den Kombinationen verwendet werden.

Detaillierte Beschreibungen der Messmöglichkeiten des PERMAGRAPH® C, des REMACOMP® C und der zusätzlich erhältlichen Messmittel und Optionen entnehmen Sie bitte den Datenblättern dieser Geräte.

## • Kombinierte Messgeräte

### REMAPGRAPH® - REMACOMP® - KOMBINATIONEN

REMAPGRAPH® - REMACOMP® - Kombinationen erlauben die Prüfung weichmagnetischer Werkstoffe im Gleich- und Wechselfeld mit einem Gerät.

#### REMAPGRAPH® - REMACOMP® - Kombination C - 703

Für Messungen an Ringproben,  
mit einem elektronischen Fluxmeter EF 5  
Frequenzbereich : DC, 1 Hz ... 17 kHz im Spannungsmodus  
Leistungsverstärker :  $\pm 20$  V,  $\pm 5$  A

#### REMAPGRAPH® - REMACOMP® - Kombination C - 705

Kombination von REMAGGRAPH® C - 530 und REMACOMP® C - 200, zur Messung von Ringproben, mit einem elektronischem Fluxmeter EF 5  
Frequenzbereich : DC, 1 Hz ... 19 kHz im Spannungsmodus  
Leistungsverstärker :  $\pm 36$  V,  $\pm 12$  A

#### REMAPGRAPH® - REMACOMP® - Kombination C - 710

Kombination von REMAGGRAPH® C - 500 und REMACOMP® C - 200, mit zwei elektronischen Fluxmetern EF 5, Messjoch MJR 5 und Messspulen JRR, JRF, PS-R 40/58  
Frequenzbereich : DC, 1 Hz ... 19 kHz im Spannungsmodus  
Leistungsverstärker :  $\pm 36$  V,  $\pm 12$  A

Die REMAGGRAPH® - REMACOMP® - Kombination C - 703 mit niedriger Ausgangsleistung ist besonders zur Messung von Ringproben aus Fe-Ni oder anderen magnetisch sehr weichen Legierungen geeignet.



Geräteschrank der REMAGGRAPH® - REMACOMP® - Kombination C - 710  
mit zwei elektronischen Fluxmetern EF 5

## • Technische Daten

<b>Elektronisches Fluxmeter</b> Zur Messung der Polarisation $J$ und ggf. der Feldstärke $H$	<b>EF 5</b>	Eine ausführliche Beschreibung finden Sie auf Seite 8	Gewicht : 6,3 kg
<b>Permeameter-Joch</b> zum Messen von Stäben und Flachmaterial. Das Joch wird mit einem Satz auswechselbarer Polbacken für verschiedene Probenformen geliefert. Es wird an einen Leistungsverstärker SVR 4 angeschlossen.	<b>MJR 5</b>	Max. Feldstärke : ca. $\pm 55$ kA/m (550 A/cm, 700 Oe)	Gewicht : 31,5 kg
<b>Leistungsverstärker für REMAGRAPH® C - 500 und REMAGRAPH® C - 530</b> Die Stromversorgung SVR 4 ist ein digital gesteuerter 4-Quadranten-Linearverstärker. Ein eingebauter Präzisions-Messwiderstand wird zur Messung der Stromstärke verwendet.	<b>SVR 4</b>	Maximale Spannung : ca. $\pm 40$ V Maximaler Strom : ca. $\pm 7,5$ A Netzversorgung, Standard : 230 V, 50 - 60 Hz Netzversorgung, optional : 115 V, 50 - 60 Hz Gewicht : 15,0 kg	
<b>Leistungsverstärker für REMAGRAPH® C - 541</b> 4-Quadranten-Leistungsverstärker		Maximale Spannung : $\pm 25$ V Maximaler Strom : ca. $\pm 40$ A Netzversorgung, Standard : 230 V, 50 - 60 Hz Netzversorgung, optional : 115 V, 50 - 60 Hz Gewicht : 24,1 kg	
<b>Leistungsverstärker für REMAGRAPH® C - 544</b> 4-Quadranten-Leistungsverstärker		Maximale Spannung : $\pm 20$ V Maximaler Strom : ca. $\pm 50$ A Netzversorgung, Standard : 230 V, 50 - 60 Hz Netzversorgung, optional : 115 V, 50 - 60 Hz Gewicht : 24,1 kg	
<b>Geräteschrank für REMAGRAPH® C - 500 und REMAGRAPH® C - 530</b> Der Geräteschrank enthält Fluxmeter, Leistungsverstärker SVR 4 und einen Hauptschalter.		Breite : 555 mm Höhe : 590 mm Tiefe : 600 mm Leergewicht* : 18,5 kg Netzversorgung, Standard : 230 V, 50 - 60 Hz, 6 A Netzversorgung, optional : 115 V, 50 - 60 Hz, 10 A	
<b>Geräteschrank für REMAGRAPH® C - 541 oder REMAGRAPH® C - 544</b> Die Geräteschränke enthalten das Fluxmeter, den Leistungsverstärker und eine Verteilung mit Hauptschalter, Mess- und Steuerelektronik, einen Präzisions-Messwiderstand zur Messung der Stromstärke und frontseitige Anschlüsse für Proben oder Vorrichtungen.		Breite : 520 mm Höhe : 435 mm Tiefe : 600 mm Leergewicht* : 20 kg Netzversorgung, Standard : 230 V, 50 - 60 Hz, 6 A Netzversorgung, optional : 115 V, 50 - 60 Hz, 15 A	
<b>Geräteschrank für Kombination C - 750 oder Kombination C - 760</b> Der Geräteschrank enthält die Fluxmeter, die Leistungsverstärker und eine Verteilung mit Hauptschalter, Mess- und Steuerelektronik und frontseitige Anschlüsse für Proben oder Vorrichtungen. Ein PERMAGRAPH®-Temperaturregler kann optional eingebaut werden.		Breite : 555 mm Höhe : 1270 mm Tiefe : 600 mm Leergewicht* : 25 kg Netzversorgung : 3 x 380 - 415 V, 50 - 60 Hz, 16 A (L1, L2, L3, N, PE)	
<b>Geräteschrank für Kombinationen C - 703, C - 705 oder C - 710</b> Die Geräteschränke enthalten das Fluxmeter, den Leistungsverstärker und eine Verteilung mit Hauptschalter, Mess- und Steuerelektronik, einen Präzisions-Messwiderstand zur Messung der Stromstärke und frontseitige Anschlüsse für Proben oder Vorrichtungen.		Breite : 520 mm Höhe : 435 mm Tiefe : 600 mm Leergewicht* : 20 kg Netzversorgung, Standard : 230 V, 50 Hz - 60 Hz, 6 A Netzversorgung, optional : 115 V, 50 Hz - 60 Hz, 10 A	

\* ohne Fluxmeter und Leistungsverstärker

## • Dienstleistungen

### Inbetriebnahme und Einweisung – im Hause Magnet-Physik

Einweisung in Handhabung und Software des rechnergesteuerten REMAGRAPH®.

Die Einweisung dauert 1 Tag und ist in den Standardpaketen enthalten. Der Kunde trägt die Kosten für An- und Abreise, Aufenthalt, Unterkunft, etc. seines Mitarbeiters selbst.

### Inbetriebnahme und Einweisung – beim Kunden

Einweisung in Handhabung und Software des rechnergesteuerten REMAGRAPH®.

Die Einweisung dauert 1 Tag und ist kostenpflichtig. Der Kunde trägt außerdem sämtliche Kosten für An- und Abreise (inkl. Zeitaufwand), Aufenthalt, Unterkunft, etc. unseres Mitarbeiters.

Weitere Informationen, auch über den REMAGRAPH® C, sind enthalten in unserer Broschüre

### **MESSVERFAHREN DER MAGNETTECHNIK**

von Dr. E. Steingroever  
und  
Dr. G. Ross

Aufgrund kontinuierlicher Produktverbesserungen können sich die Spezifikationen jederzeit ohne Ankündigung ändern.

#### **MAGNET-PHYSIK Dr. Steingroever GmbH**

Emil-Hoffmann-Straße 3, D-50996 Köln  
Telefon: +49 / (0)2236 / 3919-0 • Fax: +49 / (0)2236 / 3919-19  
e-mail: [info@magnet-physik.de](mailto:info@magnet-physik.de)  
Website: [www.magnet-physik.de](http://www.magnet-physik.de)

#### **MAGNET-PHYSICS Inc.**

9001 Technology Drive Suite C-2, Fishers, IN 46038, USA  
Telefon: +1 317 577 8700 • Fax: +1 317 578 2510  
e-mail: [info@magnet-physics.com](mailto:info@magnet-physics.com)  
Website: [www.magnet-physics.com](http://www.magnet-physics.com)