

## PERMAGRAPH® C

zur rechnergesteuerten  
Messung der Magnetisierungskurven  
hartmagnetischer Werkstoffe



### • Einleitung

Der PERMAGRAPH® ist das weltweit bekannte Standardgerät zur Messung der magnetischen Kenngrößen von Dauermagneten in Forschung, Entwicklung, Qualitätssicherung und Fertigung.

Der PERMAGRAPH® C ist eine automatische, computergesteuerte Präzisionsversion dieses Messgeräts. Ausgestattet mit einem Zweikanal-Fluxmeter EF 7 und dem leistungsfähigen Softwarepaket PERMA, ermöglicht er schnelle und zuverlässige Messungen. Der PERMAGRAPH® C wird Ihre aktuellen und zukünftigen Anforderungen erfüllen. Unsere Geräte sind bekannt für ihre Qualität und lange Lebensdauer.

Die Auslegung des Messgeräts erfüllt die Anforderungen der Normen IEC 60404-5, ASTM A977/A977M und DIN IEC 60404-5 (vormals DIN 50470, DIN EN 10332). Die Temperaturerweiterung entspricht IEC 61807TR und DIN IEC 68/190/CDV. Das Messgerät wurde über Jahre hinweg optimiert und ist daher genau auf die Bedürfnisse der Anwender zugeschnitten.

Folgende Messungen sind unter anderem möglich:

- Automatische Messung der Hystereseschleifen von Dauermagneten
- Bestimmung von Materialeigenschaften wie Remanenz, Koerzitivfeldstärke, max. Energieprodukt, etc.
- Messungen bei Temperaturen bis 200 °C mit Heizpolen und temperaturfesten Umspulen
- Messungen mit Polspulen auf der Oberfläche von Magneten

MAGNET-PHYSIK hat 75 Jahre Erfahrung in der Herstellung von Messgeräten zur Charakterisierung magnetischer Materialien.

## • Anwendungen

Abhängig von der jeweiligen Ausstattung des PERMAGRAPH® C und dem entsprechenden Zubehör sind folgende Messungen möglich:

### Messungen an AlNiCo-, Ferrit- oder Seltenerd-Magneten, (z.B. Sm-Co oder Nd-Fe-B)

mit J-kompensierten Umspulen

#### Wichtig:

Zur Sättigung von Seltenerd-Magneten sind zusätzlich ein Impulsmagnetisierer und eine Magnetisiererspule erforderlich.

### Messung von AlNiCo, Ferrit oder Seltenerd-Magneten bei hoher Temperatur

mit bis zu 200 °C heizbaren Polen und temperaturbeständigen J-kompensierten Umspulen.

Technische Erläuterungen und weitere Themen, z.B. wie hartmagnetische Pulver mit dem PERMAGRAPH® C gemessen werden, finden Sie in unserer Broschüre

#### Messverfahren der Magnettechnik

von Dr. Erich Steingroever

und

Dr. Gunnar Ross,

die wir Ihnen gerne kostenlos zur Verfügung stellen (auch als pdf-Datei).

### Messungen an Ferrit-Magneten

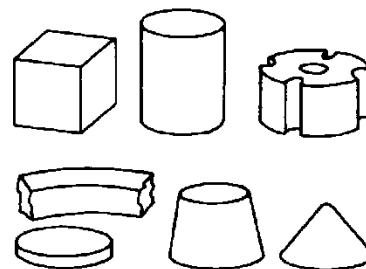
mit Messpolen mit eingebauten Polspulen.

### Messung von Ferrit Segment-Magneten

mit Segment-Messpolen mit eingebauten Polspulen. Die Messpole werden den Radien eines jeden Segments angepasst.

### Magnetformen

Beispiele von Probenformen, die mit Polspulen ohne Bestimmung ihrer Querschnittsfläche im PERMAGRAPH® C gemessen werden können:



## • Produktpalette

Ein PERMAGRAPH® C kann aus unterschiedlichen Komponenten und Zubehörteilen zusammengestellt werden.

Für die häufigsten Messaufgaben bieten wir Pakete an, die mit weiteren Komponenten je nach Ihrem Anwendungsfall ergänzt werden können.

Auf den nächsten Seiten sind die in den Paketen enthaltenen Komponenten aufgelistet. Außerdem erhalten Sie Beschreibungen und technische Details zu allen verfügbaren Zubehörteilen.

Alle Komponenten werden in unserem qualifizierten Kalibrierlabor kalibriert. Die Kalibrierung ist auf nationale Normale rückführbar. Ein Werkskalibrierschein ist im Lieferumfang enthalten.

## • Besonderheiten des MAGNET-PHYSIK-Messverfahrens

Die Feldstärke  $H$  wird mittels integrierter oder separater Feldmessspulen gemessen. Deshalb wird kein Halleffekt-Gaussmeter benötigt. Eine Verwendung von Hall-Sensoren für die Messung von  $H$  erfordert zusätzlichen Platzbedarf für die Sonde und ein zusätzliches Messgerät. Hall-Sensoren sind zerbrechlich und können leicht beschädigt werden. Sie haben Linearitätsfehler und der Messwert ist temperaturabhängig, so dass Korrekturen erforderlich werden, um eine akzeptable Genauigkeit zu erzielen. Weitere Fehler können dadurch entstehen, dass die Hall-Sonde immer senkrecht zur Magnetfeldrichtung ausgerichtet werden muss und dass sie aufgrund der kleinen aktiven Fläche gegenüber lokalen Abweichungen der Feldstärke im Elektromagneten empfindlicher ist. Daher ist es besser, eine Feldmessspule anstelle einer Hall-Sonde zu verwenden.

Bei der Verwendung einer Umspule werden Feldstärke und Polarisation mit nur einem kombinierten Spulensystem gemessen. Da kein Platz für die Hall-Sonde benötigt wird, können Proben mit einer Dicke bis hinunter zu 1 mm gemessen werden.

• Pakete, Erweiterungen und Optionen

<p><b>PERMAGRAPH® C - 400</b> für Messungen bei Zimmertemperatur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Elektronisches Fluxmeter EF 7 mit zwei Integratormodulen FM 1</li> <li>1 Stromversorgung SVP 5</li> <li>1 Geräteschrank für Permagraph® C - 400</li> <li>1 Elektromagnet EP 3</li> <li>2 Pole P 0/0 - ø 92 mm</li> <li>1 J-kompensierte Umspule JH 26-1 (anderer Durchmesser auf Anfrage)</li> <li>1 Computer</li> <li>1 Software PERMA für Windows</li> <li>1 Training in unserem Haus</li> </ul>	<p><b>PERMAGRAPH® C - 400</b> für Messungen bei Temperaturen bis zu 200 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Elektronisches Fluxmeter EF 7 mit 2 Integratormodulen FM 1 und einem Temperaturmodul TM 1</li> <li>1 Stromversorgung SVP 5</li> <li>1 Geräteschrank für PERMAGRAPH® C - 400</li> <li>1 Elektromagnet EP 3</li> <li>2 Pole P 0/0 - ø 92 mm</li> <li>1 J-kompensierte Umspule JH 26-1 (anderer Durchmesser auf Anfrage)</li> <li>2 Heizpole PT 200</li> <li>2 Thermoelemente</li> <li>1 Temperaturumspule JHT 40-4 (anderer Durchmesser auf Anfrage)</li> <li>1 Computer</li> <li>1 Software PERMA für Windows</li> <li>1 Training in unserem Haus</li> </ul>
<p>Ein PERMAGRAPH® C - 400 kann auch nachträglich für Messungen bei Temperaturen bis zu 200 °C erweitert werden.</p> <p>Das Temperaturmodul TM 1 ist computergesteuert. Die gewünschte Temperatur wird am Computer eingestellt und die Messtemperatur wird automatisch mit der Messung gespeichert.</p>	<p><b>Erweiterungspaket TM 1</b> für Messungen bei Temperaturen bis zu 200 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Temperaturmodul TM 1 mit unabhängiger Regelung für die beiden Heizpole. Das TM 1 wird in das EF 7 eingebaut.</li> <li>2 Heizpole PT 200</li> <li>2 Thermoelemente</li> <li>1 Temperaturumspule JHT 40-4 (anderer Durchmesser auf Anfrage)</li> </ul>
<p><b>Option Elektromagnet EP 5</b> Elektromagnet EP 5 <i>anstelle</i> des in den oben beschriebenen Paketen enthaltenen Elektromagnet EP 3</p>	
<p><b>Option PT 200 FeCo</b> Heizpole PT 200 FeCo <i>anstelle</i> der im PERMAGRAPH® C - 402 und im Erweiterungspaket enthaltenen Heizpole PT 200</p>	
<p><b>Detaillierte Informationen über die einzelnen Komponenten erhalten Sie auf den folgenden Seiten. Weiteres Zubehör finden Sie ab Seite 11.</b></p>	

## • Technische Daten

<b>Geräteschrank PERMAGRAPH® C - 400</b> Enthält die Steuerung für die Stromversorgung des Elektromagneten und die Polaritätsumkehr, und die elektrische Verteilung.		Breite	:	515 mm
		Höhe	:	300 mm
		Tiefe	:	620 mm
		Gewicht	:	20 kg
		Netzanschluss*	:	3 x 380 - 415 V 50 - 60 Hz
<b>Elektronisches Fluxmeter</b> Zur Messung der Polarisation $J$ sowie der Feldstärke $H$ (Zweikanal-Variante)	<b>EF 7</b>	Detaillierte technische Angaben und eine Beschreibung der Eigenschaften dieses Messgeräts folgen auf Seite 9		
		Gewicht	:	3,2 kg
<b>PERMAGRAPH®-Stromversorgung</b> Stromversorgung für den Elektromagneten, mit geringer Restwelligkeit, elektronisch fernsteuerbar	<b>SVP 5</b>	Spannung	:	0 - 120 V
		Strom	:	0 - 25 A
		Ausgangsleistung	:	3 kW
		Netzanschluss*	:	3 x 380 - 415 V 50 - 60 Hz
		Gewicht	:	14 kg
<b>PERMAGRAPH®-Elektromagnet</b> Zur Erzeugung des magnetischen Feldes für die Aufzeichnung von Magnetisierungskurven von hartmagnetischen Werkstoffen. Der Polabstand kann manuell verstellt werden.	<b>EP 3</b>	Max. Feldstärke	:	
		92 mm Standardpole, 2 mm Luftspalt		ca. 1700 kA/m (21,5 kOe)
		Größe des Unterpols	:	100 mm x 100 mm
		Standard-Poldurchmesser	:	92 mm
		Luftspalt(ohne Pole)	:	73 - 102 mm
		Luftspalt (mit Standardpolen)	:	0 - 63 mm
		Nominelle Anschlussleistung, kurzzeitig	:	3 kW
		Tiefe x Breite x Höhe	:	(310 x 500 x 600) mm <sup>3</sup>
		Gewicht	:	128 kg
<b>PERMAGRAPH®-Elektromagnet</b> Zur Erzeugung des magnetischen Feldes für die Aufzeichnung von Magnetisierungskurven von hartmagnetischen Werkstoffen. Der Polabstand kann manuell verstellt werden.	<b>EP 5</b>	Max. Feldstärke	:	
		92 mm Standardpole, 2 mm Luftspalt		ca. 2200 kA/m (27,5 kOe)
		65 mm FeCo-Pole, 2 mm Luftspalt		ca. 2500 kA/m (32 kOe)
		Max. Poldurchmesser	:	92 mm
		Luftspalt, ohne Pole	:	0 - 130 mm
		Luftspalt, mit Standardpolen	:	0 - 110 mm
		Nominelle Anschlussleistung, kurzzeitig	:	3 kW
		Tiefe x Breite x Höhe	:	(430 x 480 x 830) mm <sup>3</sup>
		Gewicht	:	220 kg

\*Andere Netzspannungskonfigurationen erfordern ggf. einen internen oder externen Transformator. Bitte sprechen Sie uns an.

## • Funktionsweise

Der PERMAGRAPH® kann die Entmagnetisierungskurven von Dauermagneten automatisch aufzeichnen. Das Messverfahren ist genormt und über Vergleichsmessungen abgesichert.

Zentrale Komponente des Messgeräts ist ein Elektromagnet. Mit diesem wird die Magnetprobe magnetisiert und entmagnetisiert, um die Hystereseschleife zu durchlaufen. Die magnetische Feldstärke  $H$  und die magnetische Polarisation  $J$  werden simultan mit speziellen Messspulen gemessen. Zwei Integratoren (Fluxmeterkanäle) sind notwendig, um die Ausgangssignale der Messspulen zu verarbeiten. Die Messspulen und ihre Parameter werden automatisch vom Fluxmeter identifiziert. Der PERMAGRAPH® C verwendet ein präzises Fluxmeter EF 7 mit einzigartigen digital kompensierten Integratoren.

Die beiden Kanäle des Fluxmeters werden synchron getriggert. Sie werden von einem Computer ferngesteuert. Die Messdaten werden über die USB-Schnittstelle von dem Fluxmetern übernommen und direkt auf dem Monitor dargestellt. Dies erlaubt die Kontrolle der Ergebnisse schon während des Messvorgangs. Die Steuerung des Messablaufs erfolgt über eine digitale Computerschnittstelle.

Der Computer ermöglicht auch eine Auswertung und Ausgabe der Messdaten, so dass die Messergebnisse direkt verfügbar sind.

Üblicherweise ist nur der zweite Quadrant der Hystereseschleife für die Anwendung von Dauermagneten von Interesse. Daher können die Messungen automatisch gestoppt werden, wenn die Koerzitivfeldstärke  $H_{cJ}$  erreicht wird.

Die Messung wird quasistatisch durchgeführt, d. h. die Entmagnetisierungskurve wird so langsam aufgezeichnet, dass keine Wirbelstromeinflüsse wirksam werden.

Die eingestellten Proben- und Messdatenparameter können gespeichert werden. Dadurch müssen bei einer neuen Messung nur wenige Eingaben vorgenommen werden.

## • Merkmale von PERMA – Software für den PERMAGRAPH®

- 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® 10 / 11

## • Parameter

- Parametervorgaben, so dass nur wenige Eingaben vorgenommen werden müssen
- Automatische Identifikation der Messspulen und Spulendaten
- Berechnung der Querschnittsfläche aus den Probenabmessungen
- Eingabe der Messungs- und Probenidentifikationsdaten in vordefinierte oder vom Anwender definierbare Textzeilen
- Eingabe der Raum- und Proben temperatur in °C, °F oder K
- Automatische Aufzeichnung der Raumtemperatur mit optionalem Raumtemperatursensor
- Ausführliche Parameterüberprüfung zur Vermeidung ungültiger oder inkonsistenter Einstellungen

## • Messung

- Magnetisierungs- und Entmagnetisierungskurve oder nur Entmagnetisierungskurve
- Driftkorrektur automatisch oder auf Befehl, Driftkorrekturvorschlag durch die Software falls notwendig
- Automatische Polaritätserkennung und Anpassung der Feldrichtung für magnetisierte Seltenerd magnete
- Messdauer: einstellbar, üblicherweise 20 - 120 Sekunden je nach Probentyp
- Verkürzung der Messdauer durch schnelles Magnetisieren und langsames Entmagnetisieren
- Messgeschwindigkeit: konstantes  $dI/dt$  oder geregeltes  $dJ/dt$
- Aussteuerung auf voreingestellte Werte des Feldstroms  $I$ , der Feldstärke  $H$  oder der Polarisation  $J$
- Automatischer Stopp bei  $H_{cJ}$  möglich
- Automatischer Stopp bei  $-I_{max}$  möglich

## • Kurven

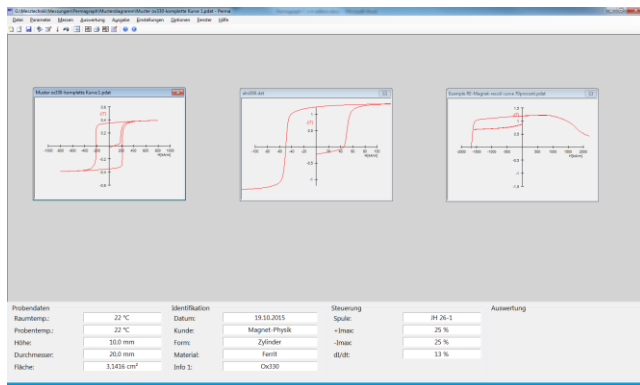
- Entmagnetisierungskurve
- Hystereseschleife über 2 oder 4 Quadranten
- Rückläufige Kurven oder innere Schleifen, automatisch oder manuell
- $(BH)_{max}$  - Fläche
- $BH = \text{konst.}$  Hyperbeln
- $B = 0$  - Linie

## • Auswertung

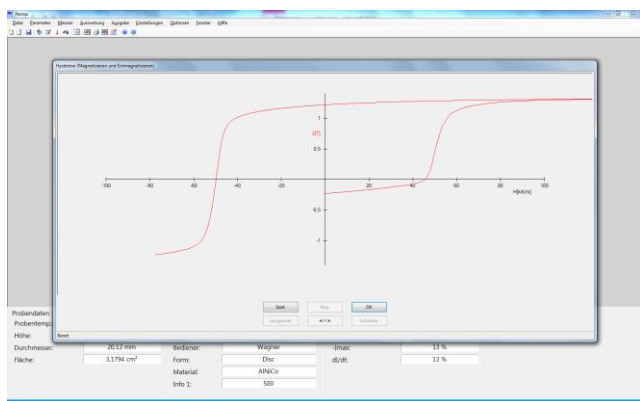
- Remanenz ( $B_r$  oder  $J_r$ )
- Koerzitivfeldstärke der J-Kurve  $H_{cJ}$
- Koerzitivfeldstärke der B-Kurve  $H_{cB}$
- Maximales Energieprodukt  $(BH)_{max}$
- Maximale Feldstärke  $H_{max}$
- Maximale Polarisation  $J_{max}$ , Verhältnis  $B_r/J_{max}$
- Kniefeldstärke  $H_k$  ( $H$ -Koordinate der  $J(H)$ -Kurve bei  $J = 0,9 \cdot B_r$ )
- $H_x$ :  $H$ -Koordinate der  $J(H)$ -Kurve bei  $J = x \cdot B_r$
- $H_{D5}$  und  $H_{D2}$  Kenngrößen
- Tabellen mit  $J(H)$  und  $B(H)$ , wobei  $H$  benutzerdefinierte Feldstärkewerte sind
- Tabellen mit  $H(J)$  und  $B(J)$ , wobei  $J$  benutzerdefinierte Polarisationswerte sind
- Tabellen mit  $H(B)$  und  $J(B)$ , wobei  $B$  benutzerdefinierte Flussdichtewerte sind
- Benutzerwerte für Tabellen können vordefiniert und gespeichert werden. Die zugehörigen Funktionswerte werden automatisch interpoliert
- Ausgabe der Proben- und Messparameter und der berechneten Ergebnisse als ASCII-Textdateien, Microsoft Excel®-Arbeitsmappen (xlsx) oder Microsoft Excel® xml-Tabellenblätter
- Ausgabe der Proben- und Messparameter und der berechneten Ergebnisse in Datenbanken
- Temperaturkorrektur: Umrechnung der Ergebnisse anhand von Temperaturkoeffizienten von  $B_r$  oder  $H_{cJ}$

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

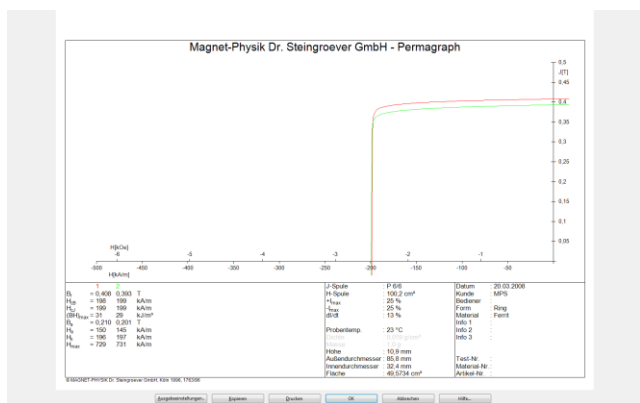
## Bildschirmdrucke



Hauptfenster mit unterschiedlichen Messungen



Messung einer Entmagnetisierungskurve



Druckvorschau für mehrere Kurven

## Steuerung

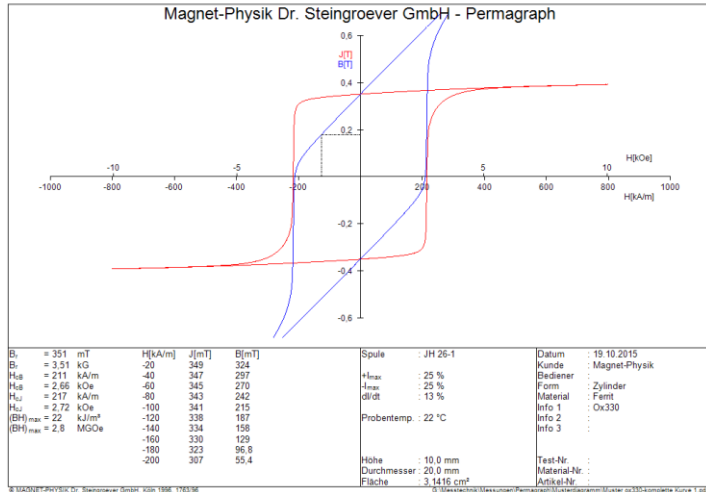
Zum Betrieb des PERMAGRAPH® ist ein Computer erforderlich. Der Computer, der in den Standardpaketen enthalten ist, hat folgende Mindestausstattung:

- LCD-Anzeige
- Tastatur, Maus
- Festplatten- oder SSD-Laufwerk
- Netzwerkanschluss
- Schnittstellen (COM, USB nach Bedarf)
- Microsoft Windows® Betriebssystem (aktuelle Version)

Es wird empfohlen, 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.

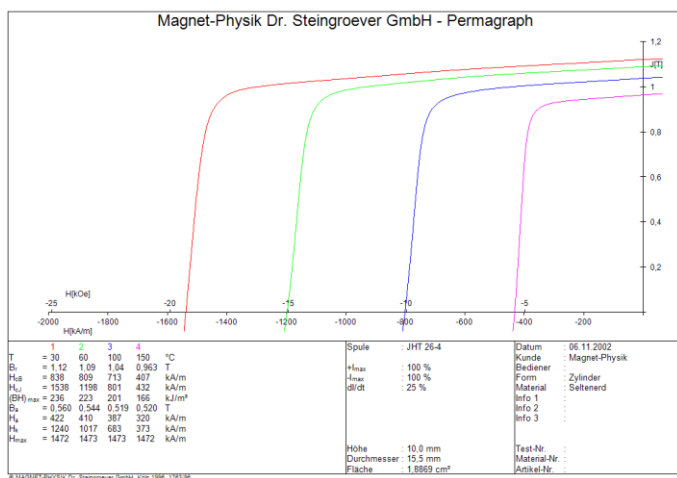
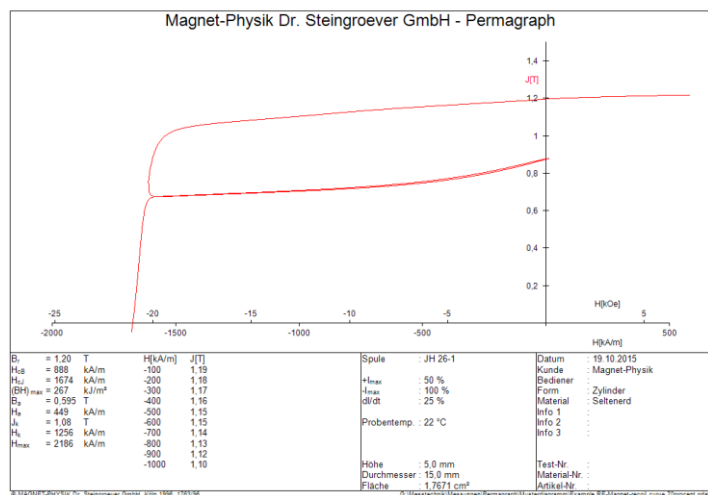


• Beispieldiagramme



$J(H)$ - und  $B(H)$ -Hystereseschleifen eines Ferritmagneten mit  $(BH)_{max}$ -Fläche. Die Ergebnis- und Informationsbereiche des Diagramms können vom Anwender konfiguriert werden

$J(H)$ - Entmagnetisierungskurve eines Seltenerdmetallen mit rückläufiger Schleife



$J(H)$ -Entmagnetisierungskurven eines NdFeB-Magneten bei unterschiedlichen Temperaturen



## • Elektronisches Fluxmeter EF 7



Das Elektronische Fluxmeter EF 7 dient zur Messung des magnetischen Flusses mit Messspulen. Es enthält präzise elektronischen DC-Integratoren mit hoher Empfindlichkeit und äußerst niedriger Drift.

Bei Messungen mit dem Permagraph® C wird das Fluxmeter vollständig vom Computer ferngesteuert. Die Messspulen sind mit elektronischen Speichern ausgestattet, welche die Spulendaten enthalten. Daher werden die Messspulen automatisch identifiziert.

Das Fluxmeter des Permagraph® C kann auch für andere Messaufgaben verwendet werden, beispielsweise zum Prüfen von Magneten mit einer Momentmessspule (Helmholtz-Spule). Einzelheiten entnehmen Sie bitte den Datenblättern „EF 7“ und „Messspulen für Fluxmeter“.

Besonderheiten:

- Mikroprozessor-gesteuert, leichte Bedienung
- TFT Touch-Display
- Automatische Driftkorrektur
- Kontinuierlich arbeitender Integrator, daher keine Messbereichsobergrenzen
- Selbstkalibrierung 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 vielen anderen Einheiten
- Automatische Spulenerkennung und Geräteeinstellung für Spulen mit eigenem Speicher
- 4 Grenzwertkomparatoren mit Fotorelaisausgängen für die Prozesskontrolle
- Modernes, kompaktes Design
- Direkt in 19“-Geräteschränke einbaubar

## • Technische Daten

Display	TFT 4.3", 95 mm x 54 mm, 480 x 272 Punkte, kapazitiver Touch
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)
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.], Max, Min, Max-Min
Grenzwertkomparator (Limit):	4 Schaltpunkte, Fotorelaisausgänge (Wechsler)

## • Elektromagnete

### Elektromagnet EP 3



Hohe Feldstärke im Luftspalt, bis ca. 1700 kA/m (21,5 kOe) bei 2 mm Luftspaltweite und geraden Polen.

Auswechselbare Pole mit folgenden Optionen:

- Aus weichmagnetischem Stahl oder FeCo
- Durchmesser 92 mm gerade oder konisch
- Ohne oder mit Polspulen
- Ohne oder mit Heizung (bis 200 °C)
- Luftspalt planparallel oder mit Segment-Profil

Geringe Erwärmung der felderzeugenden Spulen  
Leichte Bewegung des Oberpoles durch Handrad  
Keine Verletzungsgefahr durch abgeschrägten Jochrahmen

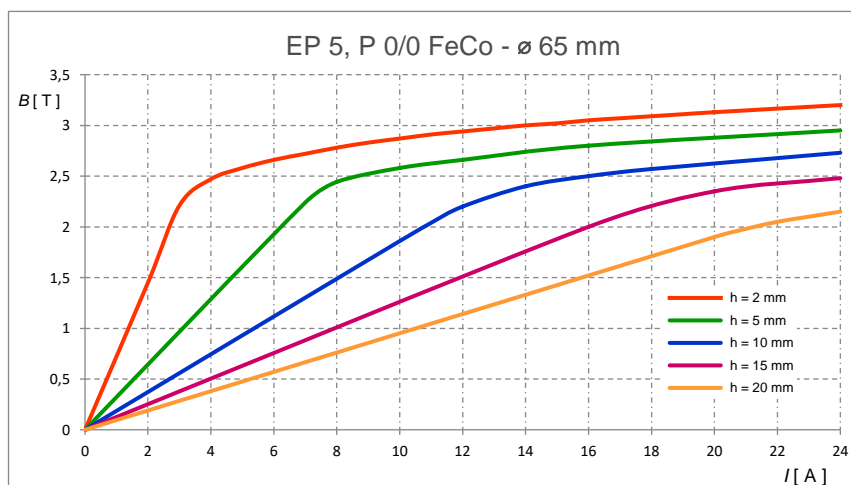
Benötigte Stromversorgung: 3 kW

### Elektromagnet EP 5

Die Messung der Hysteresekurven von Dauermagneten in einem Messjoch erfordert bei den modernen, hochkoerzitiven Werkstoffen (Samarium-Kobalt und Neodym-Eisen-Bor) sehr hohe Feldstärken für die Entmagnetisierung.

- Auswechselbare Pole mit Optionen wie EP 3
- leichte Bewegung des Oberpoles durch Handrad auf der Vorderseite
- keine Verletzungsgefahr durch geschlossenen Jochrahmen
- benötigte Stromversorgung: 3 kW

Mit konischen Polen (65 mm Durchmesser) aus Eisen-Kobalt (FeCo) für verschiedene Luftspalthöhen  $h$  erreichbare Flussdichten:



Bei dem Elektromagneten EP 5 wird die hohe Feldstärke im Luftspalt dadurch erreicht, dass die obere felderzeugende Spule zusammen mit dem Oberpol bewegt wird, so dass das Magnetfeld der beiden Spulen optimal wirkt.

Außerdem sind die Polform und die Querschnitte der Wicklungen optimal ausgebildet.

## • Zubehör für den PERMAGRAPH®

### Elektromagnet-Pole

Austauschbare Polkappen für die Elektromagnete EP 3 und EP 5. Normalerweise werden zwei Pole P 0/0 benötigt. Die Pole sind aus weichmagnetischem Stahl oder aus einer (teuren) Eisen-Kobalt-Legierung (FeCo), dem Material mit der höchsten Sättigungspolarisation, hergestellt. Sondergrößen sind auf Anfrage erhältlich.

#### P 0/0 - ø 92 mm

Standardpol zur Messung mit Umspulen oder mit flachen Messpolen. Gefertigt aus weichmagnetischem Stahl.

#### P 0/0 - ø 65 mm

Zur Messung mit Umspulen. Konisch von 92 mm auf 65 mm zulaufend. Für Umspulen mit einem maximalen Durchmesser von 40 mm. Gefertigt aus weichmagnetischem Stahl.

#### P 0/0 FeCo - ø 65 mm

Zur Messung mit Umspulen. Konisch von 92 mm auf 65 mm zulaufend. Für Umspulen mit einem maximalen Durchmesser von 40 mm. Gefertigt aus FeCo.

#### P 0/0 - ø 80 mm

Zur Messung mit Umspulen oder als Gegenstück zu einem konischen Messpol mit 80 mm Durchmesser (bezüglich der Verwendung in einem EP 3 bitte nachfragen).



P 0/0 - ø 92 mm



P 0/0 FeCo - ø 65 mm  
(Variante für EP 5)

### Messpole mit Polspulen

Mit zwei eingebauten Polspulen zur Messung der Polarisation  $J = B - \mu_0 \cdot H$  bei Raumtemperatur (empfohlen für Ferrit-Magnete). Meist werden Polspulen mit 6 mm Durchmesser eingesetzt. Spulen mit 3 mm Durchmesser werden verwendet, um die Polarisation an verschiedenen Orten auf der Magnetoberfläche zu vergleichen.

#### Flache Messpole

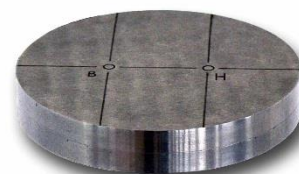
Die Messpole können auf Standardpole P 0/0 - ø 92 mm aufgelegt werden.

##### P 3/3-15, 92 mm Durchmesser

Mit zwei eingebauten Polspulen 3 mm Durchmesser

##### P 6/6-15, 92 mm Durchmesser

Mit zwei eingebauten Polspulen 6 mm Durchmesser



P 3/3-15

#### Konische Messpole

Die Pole werden im Elektromagneten fest montiert. Sie laufen konisch von 92 mm auf 80 mm zu. Als Gegenstück ist ein Pol P 0/0 - ø 80 mm erforderlich. (Bezüglich der Verwendung in einem EP 3 bitte nachfragen)

##### P 3/3

Mit zwei eingebauten Polspulen 3 mm Durchmesser

##### P 6/6

Mit zwei eingebauten Polspulen 6 mm Durchmesser

##### P 9/9

Mit zwei eingebauten Polspulen 9 mm Durchmesser



P 6/6

## • Zubehör für den PERMAGRAPH®

### Feldmessspule FS 100/2

Zur Messung der magnetischen Feldstärke oder Flussdichte an Magneten oder im Luftspalt von Magnetsystemen. Erforderlich zur Messung der Feldstärke  $H$  beim Einsatz von Messspulen mit Polspulen.

Dicke: 2 mm, Windungsfläche: ca. 100 cm<sup>2</sup>.



Feldmessspule FS 100/2

### Feldmessspule FS 100/1

Zur Messung der magnetischen Feldstärke oder Flussdichte an Magneten oder im Luftspalt von Magnetsystemen. Besonders nützlich, wenn dünne Magnetfolien mit Polspulen gemessen werden sollen.

Dicke: 1 mm, Windungsfläche: ca. 100 cm<sup>2</sup>.



Feldmessspule FS 100/1

### J-kompensierte Umspulen

Mit integrierter Feldmessspule, für Messungen bei Raumtemperatur. Spulendicke: 1 mm.

#### J-kompensierte Umspule JH 10-1

Durchmesser 10 mm,  
Probendurchmesser 5 ... 10 mm

#### J-kompensierte Umspule JH 15-1

Durchmesser 15 mm,  
Probendurchmesser 10 ... 15 mm

#### J-kompensierte Umspule JH 26-1

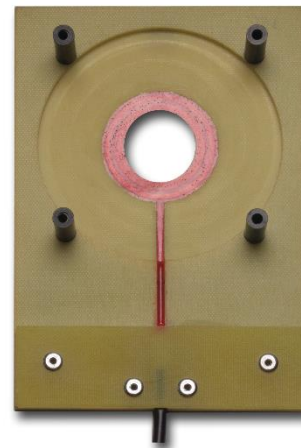
Durchmesser 26 mm,  
Probendurchmesser 15 ... 26 mm

#### J-kompensierte Umspule JH 40-1

Durchmesser 40 mm,  
Probendurchmesser 26 ... 40 mm

#### J-kompensierte Umspule JH 60-1

Durchmesser 60 mm,  
Probendurchmesser 40 ... 60 mm



J-kompensierte Umspule JH 26-1

**Andere J-kompensierte Umspulen, auch in rechteckiger Form, können auf Anfrage gefertigt werden.**

J-kompensierte Umspulen von MAGNET-PHYSIK haben einen aufwändigen Aufbau, der auf separaten Mess- und Kompensationsspulen basiert. Dieser Aufbau gewährleistet eine echte, zählbare Windungszahl der Messspule. Ein einfacherer Aufbau, den MAGNET-PHYSIK nicht verwendet, erfordert die Bestimmung einer effektiven Windungszahl durch Messungen an Referenzproben, was zu einer schlechteren Reproduzierbarkeit führt.

## • Zubehör für Messungen bei hohen Temperaturen

### Heizpole

Zur Messung der Hysterese bei Probertemperaturen bis 200 °C. Die Pole enthalten ein Heizelement und sind konisch von 92 mm auf 60 mm Durchmesser zulaufend. Sie können in die Elektromagnete EP 3 und EP 5 eingebaut werden. Es sind zwei Stück erforderlich.

### Heizpole PT 200

Die Polkappen sind aus weichmagnetischem Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt hergestellt.

### Heizpole PT 200 FeCo

Die Polkappen sind aus einer Eisen-Kobalt-Legierung mit hoher Sättigungspolarisation hergestellt. Dieses Material ermöglicht eine bessere Messgenauigkeit besonders im Bereich des Knies der Entmagnetisierungskurve bei Feldstärken oberhalb von 1000 kA/m.

### Thermoelement TH-J 2

Temperatursensor zur Messung der Probertemperatur, zum Einführen in Heizpole PT 200 oder PT 200 FeCo.

### Temperatur-Umspulen

Mit integrierter Feldmessspule, für Messungen bei Temperaturen bis 200 °C. Spulendicke: 4 mm.

#### Temperatur-Umspule JHT 10-4

Durchmesser 10 mm,  
Probendurchmesser 5 ... 10 mm

#### Temperatur-Umspule JHT 15-4

Durchmesser 15 mm,  
Probendurchmesser 10 ... 15 mm

#### Temperatur-Umspule JHT 26-4

Durchmesser 26 mm,  
Probendurchmesser 15 ... 26 mm

#### Temperatur-Umspule JHT 40-4

Durchmesser 40 mm,  
Probendurchmesser 26 ... 40 mm

### Dünne Temperatur-Umspulen

Mit integrierter Feldmessspule, für Messungen bei Temperaturen bis 200 °C. Spulendicke: 2 mm.

#### Temperatur-Umspule JHT 10-2

Durchmesser 10 mm,  
Probendurchmesser 5... 10 mm

#### Temperatur-Umspule JHT 15-2

Durchmesser 15 mm,  
Probendurchmesser 10 ... 15 mm

#### Temperatur-Umspule JHT 26-2

Durchmesser 26 mm,  
Probendurchmesser 15 ... 26 mm



Heizpol PT 200 oder PT 200 FeCo



Thermoelement TH -J 2



Temperatur-Umspule JHT 40-4



Temperatur-Umspule JHT 26-2



## • Sonderanwendungen

### Segment-Pole mit Polspulen

Zur Messung von Segmentmagneten (Schalen). Beide, der obere und der untere Pol, enthalten Polspulensysteme. Somit kann die Polarisierung entweder an der unteren oder oberen Seite des Segmentmagneten gemessen werden oder beide Polspulensysteme können zusammenschaltet werden, um Durchschnittswerte zu erhalten.

Die Pole werden passend zu den Radien des jeweiligen Segmentmagneten angefertigt; andere Radien erfordern andere Pole. Mit einem Polsatz allerdings können Magnete unterschiedlicher Dicke, Länge und Breite bei gleichen Radien gemessen werden.

#### Satz Segment-Pole

Material: weichmagnetischer Stahl

#### Satz Segment-Pole

Material: Eisen-Kobalt (FeCo)

Die Pole sind für die Elektromagnete EP 3 und EP 5 geeignet. Zur Messung ist außerdem eine Feldmessspule FS 100/2 erforderlich (welche bereits im Paket „Ferrit“ enthalten ist).

Optional erhältlich:

#### Federgelagerte Haltevorrichtung TP 2

(nicht für Elektromagnete EP 3 geeignet)

Diese Vorrichtung macht den Einbau der Segment-Pole in den Elektromagneten schneller und einfacher.

### Segment-Pole MC-BLW

Messeinsätze zur Messung von Ferrit-Segmentmagneten nach DIN 50472. Der Polsatz wird passend zu den Abmessungen der Segmentmagnete konstruiert.

Eine in einem der Pole eingebaute Spule erfasst den gesamten magnetischen Fluss, der den Magneten durchdringt. Der Polabstand ist fest und die Messung wird mit einem definierten Luftspalt durchgeführt. Man erhält eine gescherte Hystereschleife.

Die Pole sind geeignet zum Einsatz in die Elektromagneten EP 3 oder EP 5. Zur Messung ist außerdem eine Feldmessspule FS 100/2 erforderlich.



Segment-Pole mit Polspulen



Segment-Pol MC-BLW

## • Kombinierte Messgeräte

### PERMAGRAPH® - REMAGRAPH® - KOMBINATION C - 850

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

Sie vereint die gesamten Messmöglichkeiten von PERMAGRAPH® C - 400 und REMAGRAPH® C - 600 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 - 850
- Elektronische Fluxmeter EF 7-Perma-Rema
- REMAGRAPH®-Stromversorgung SVR 5
- PERMAGRAPH®-Stromversorgung SVP 5
- REMAGRAPH®-Messjoch MJR 5 mit auswechselbaren Polbacken
- J-kompensierte Umspule, rund JRR
- J-kompensierte Umspule, flach JRF
- Potentialspule 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)
- Computer-Hardware
- Software PERMA und REMA
- Einweisung und Training in unserem Haus

Das gesamte Zubehör des PERMAGRAPH® C kann auch mit der Kombination verwendet werden.

Eine detaillierte Beschreibung der Messmöglichkeiten des REMAGRAPH® C und der zusätzlich erhältlichen Messmittel entnehmen Sie bitte der Spezifikation dieses Gerätes.



**Geräteschrank der PERMAGRAPH® -  
REMAGRAPH® - Kombination C - 850  
(mit optionaler Temperaturregelung TM 1 für  
Messungen von Permanentmagneten  
bei Temperaturen von bis zu 200 °C)**



## • Sonstiges Zubehör

### Nickelproben

Zylinder mit einer Höhe von 10 mm und mit einer Querschnittsfläche von 0,5 cm<sup>2</sup>, 1,0 cm<sup>2</sup>, 2,0 cm<sup>2</sup> oder 5,0 cm<sup>2</sup> sind verfügbar. Sie werden mit einem Werkskalibrierschein geliefert. Sättigungs-Polarisation: 0,6 T ± 2 %.

Nickelproben sind traditionelle Referenzen zur Kalibrierung der Messung von *J*. Sie sind aber für den Betrieb des PERMAGRAPH<sup>®</sup> nicht erforderlich.



Nickelprobe

### Referenzmagnet

Isotroper Ferritmagnet, in einem Messingrahmen gefasst, Durchmesser 24 mm.

Zum Prüfen und Kalibrieren des PERMAGRAPH<sup>®</sup>, mit Werkskalibrierschein und Messdiagramm.



Referenzmagnet

### Raumtemperatursensor TS-USB

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



TS-USB

## • Dienstleistungen

### Inbetriebnahme und Einweisung – in unserem Haus

Einweisung in Handhabung und Software des rechnergesteuerten PERMAGRAPH<sup>®</sup>.

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 PERMAGRAPH<sup>®</sup>.

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.

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

**MAGNET-PHYSIK Dr. Steingroever GmbH**

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

**MAGNET-PHYSICS Inc.**

6330 East 75th Street, Suite 224, Indianapolis, IN 46250, USA  
Telefon: +1 317 577 8700 • Fax: +1 317 578 2510  
[info@magnet-physics.com](mailto:info@magnet-physics.com)  
[www.magnet-physics.com](http://www.magnet-physics.com)