

## Versuchsanleitung zur CNC-gesteuerten Magnetfeldanalyse

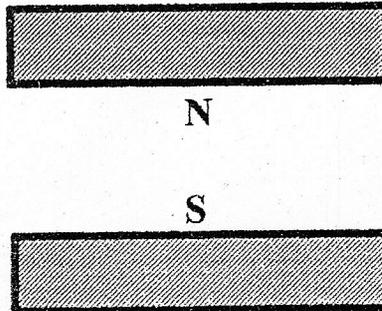
Der Versuch besteht aus einer computergesteuerten CNC-Anlage (das Programm Pal/Pal steuert die Anlage) sowie aus einer Hallsonde, die über ein digitales Multimeter mit einem Rechner verbunden ist, der ein langzeitoszilloskop-ähnliches Programm namens Mess\_96\Digiscop enthält.

Zu analysieren sind die Magnetfelder eines aus  $CmSo_5$ -Permanentmagneten aufgebauten magnetischen Dipols und Quadrupols. Die Dauermagnete sind Quaderförmig ( $20\text{mm} \times 20\text{mm} \times 70\text{mm}$ ) und quer magnetisiert, so daß sie auf den größeren Flächen ihren Nord- bzw. Südpol haben.

Im Vorfeld sind folgende Aufgaben zu erledigen:

### Aufgaben zum magnetischen Dipol

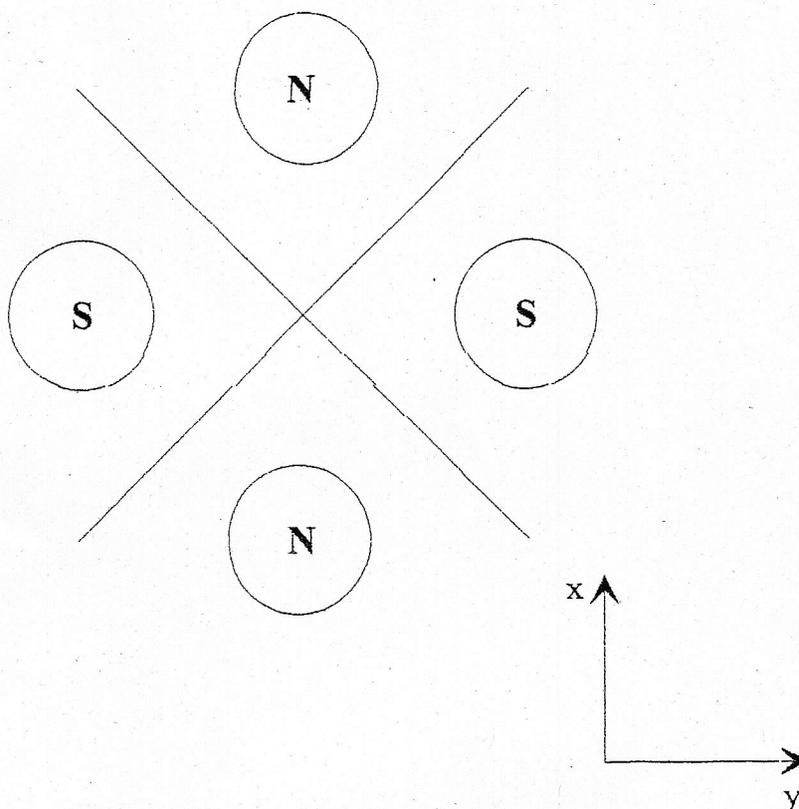
- 1 Skizzieren Sie das H-Feld eines magnetischen Dipols, der aus quaderförmigen Permanentmagneten aufgebaut ist, welche quer magnetisiert sind. Dabei ist nicht nur das Feld innerhalb des Dipols zu skizzieren, sondern auch das Feld der abgewandten Pole.



- 2 Erläutern Sie die Hauptunterschiede dieses Feldes zum elektrischen Feld eines Plattenkondensators. Argumentieren Sie dabei mit der Quellenfreiheit des magnetischen Feldes ( $\text{div}B=0$ ).
- 3 Leiten Sie die Formel für den Ablenkwinkel  $\alpha$ , den ein geladenes Teilchen in einem magnetischen Dipol erfährt, her. Machen Sie dabei die Näherung, daß das Feld kurz und rechteckförmig ist.

## Aufgaben zum Quadrupol

- 4 Skizzieren Sie das H-Feld eines Quadrupols und geben Sie jeweils einzelne Kraftvektoren an.



- 5 Erläutern Sie die Funktionsweise eines Quadrupols als fokussierendes Linsenelement.
- 6 Welche Multipole haben Dipol- bzw. Quadrupolsymmetrie? Fertigen Sie dazu eine Skizze an!

## Experimentalaufgaben zum magnetischen Dipol

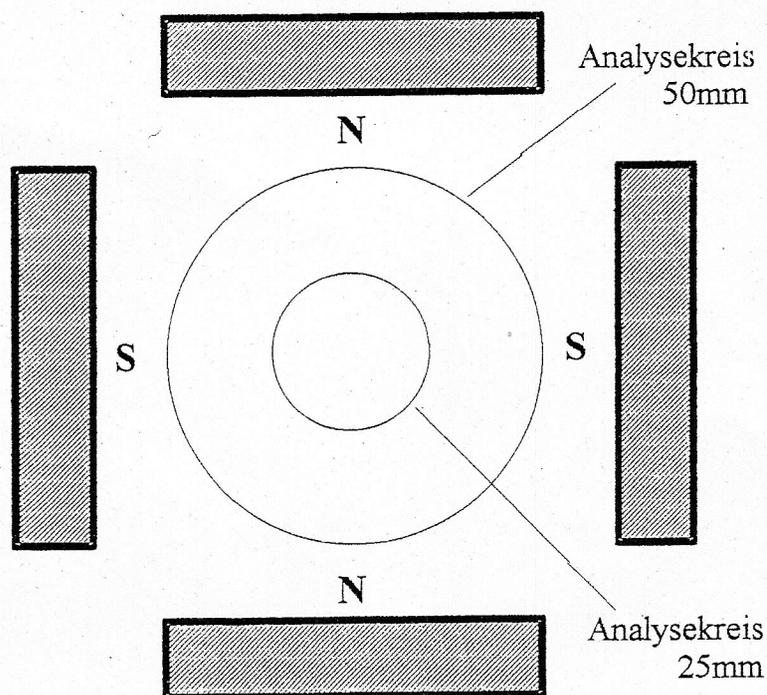
- 7 Beim magnetischen Dipol sind folgende Größen zu bestimmen:
- die effektive Länge  $L_{eff}$ .
  - die maximale Induktion  $B_{max}$ .
  - das Integral  $\int_{1.NS}^{2.NS} B(z) dz$  (NS=Nullstelle)
  - die magnetische Spannung  $U_m$
  - die mittlere Induktion  $B_{mitt}$ .
  - Radius und Ablenkwinkel, den ein Proton mit einer Energie von 10, 100 und 1000keV erfährt.
- (dabei soll der Kondensatorabstand  $d$  jeweils von 22mm bis 34mm variiert werden)

## Hinweis:

Zur Einstellung des Abstandes  $d$  sind Distanzstücke vorhanden. Beispielprogramme zur Steuerung der CNC-Anlage sind unter Pal\Pal\k20...34 zu finden. Zum Test des selbstgeschriebenen Programms, bzw. des im Rechner gespeicherten, ist eine Leerfahrt ohne Hallsonde durchzuführen (stattdessen Bleistift benutzen) Dabei soll geprüft werden, ob korrekt programmiert wurde um somit die Hallsonde vor Beschädigungen zu schützen. Um größtmögliche Effizienz zu erhalten, ist es ratsam mit kleinen Geschwindigkeiten zu arbeiten (z.B. 21Hz). Sobald nun das Steuerprogramm gestartet wurde und man die zu untersuchenden Bereiche aufzeichnen möchte, ist das Meßprogramm Mess\_96\Digiscop zu starten. Stellen Sie in der Kopfzeile des Programms die Befehle Gleichspannung bis 400mV und 1/1-Sekunden-Messung ein. Speichern Sie die Meßwerte zur anschließenden Bearbeitung. Zur Auswertung steht Ihnen das QB-Programm Holli zur Verfügung.

## Experimentalaufgaben zum Quadrupol

- 8 Untersuchen Sie den Linearitätsbereich des Quadrupolfeldes. Bestimmen Sie die Länge und die Steigung des linearen Abschnittes. Worauf läßt die Kurve durch ihre Wellen schließen?
- 9 Führen Sie eine Fourier-Transformation mit den Werten durch, die Sie
  - a) von einem Kreis erhalten, dessen Mittelpunkt mit dem des Quadrupols übereinstimmt und dessen Radius 25mm beträgt.
  - b) von einem Kreis erhalten, dessen Radius 50mm beträgt.



- 10 Erstellen Sie ein Balkendiagramm für die höheren Momente des Kreises mit  $R=25\text{mm}$  und  $R=50\text{mm}$
- 11 Erklären Sie das Zustandekommen der höheren Momente.

Hinweis:

Da die Hallsonde nicht so geführt werden kann, so daß das Hallplättchen immer tangential am Kreis anliegt, was für die Fouriertransformation erforderlich wäre (warum?), sind zwei Messungen pro Kreis auszuführen, die entsprechend überlagert werden:

Die erste Messung ( $B_y$ ) muß einen kosinusförmigen Verlauf, die zweite einen minus-sinusförmigen Verlauf haben. Mit der Transformation  $B_r(x) = B_y \cos x - B_x \sin x$  erhält man die Radialkomponente, die es dann zu fouriertransformieren gilt. Für die Fouriertransformation und die Transformation auf die Radialkomponente stehen die QB-Programme Frame und R-Komp zur Verfügung. Es handelt sich dabei um eine FFT (Fast-Fourier-Transformation), welche eine Zweierpotenz von Werten benötigt

- 12 Berechnen Sie die Brennweite des Quadrupols für ein Proton mit einer Energie von  $10\text{keV}$ .