

# P 8

LEHRBUCH FÜR PHYSIK

4. KLASSE AHS/NMS

Schulbuchnummer: 2326

## HINWEISE ZUR BENÜTZUNG

**Hellorange = Wichtige Textstellen**



**Hellblau = Versuche**

**Kennzeichnung der  
Erweiterungsstoffe** |

E. WEBER VERLAG GMBH

Mit Erlass des Bundesministeriums für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten Zl. 25.078/9-I/87 HS und Zl. 25.078/18-I/89 AHS als Arbeitsbuch für die 4. Klasse der HS und AHS zugelassen.

Die aktualisierte Auflage wurde mit Bescheid des Bundesministeriums für Bildung und Frauen (GZ BMUKK-5.040/0022-B/8/2013) vom 5. August 2014 als Arbeitsbuch für die 2. Klasse der AHS und NMS als geeignet erklärt.

Layout: Dipl. Vw. Dr. Hermann Weber  
Satz: Belinda Lichtenberger

Bildnachweis:

Info-Symbol (fotolia); 8.3 (Helmholtz-Zentrum Potsdam); 20.1 (Wikimedia/jahobr); 34.2 (Austrian Power Grid AG); 35.1 (fotolia/weerapat1003); 43.2 (Österreichisches Rotes Kreuz/M. Hechenberger); 47.1 (istock/Aleksandr Lazarev); 47.2 (istock/Ivan Stevanovic); 48.3 (wikimedia/smial); 53.5 (fotolia/shimarisu); 67.1 (NASA); 67.2 (wikimedia/Stefan Kühn); 68.1 (wikimedia/Hoikka1); 68.2 (123rf/designua); 68.3 (123rf/jultud); 69.1 (fotolia/Fenton); 70.1 (wikimedia/Bangin); 74.2 (fotolia/ninsiri); 75.1 (fotolia/SportG), 75.2 (Angelika Kramer); 76.3 (fotolia/Vitali Sova); 77.3 (fotolia/Arthur Shevel); 78.2 (istock/tio loco); 84.2 (123rf/Laurent Dambies); 85.3 (NASA); 86.1 (NASA); 87.1 (wikimedia/Poppy), 87.3 (istock/Joel Carillet); 88.1 (fotolia/Artur golbert (Mann), ArtPainter (Aufzug); 90.3 (NASA); 96.1 (wikimedia/Johann Jairtz); 106.1 (wikimedia/Brocken Inaglory); 108.1 (clipart.com); 115.1 (fotolia/JackF); 119.1 (istock/Melki76); 122.1 (wikimedia/Stefan Kühn); 132.1 (istock/rusm); 133.1 (fotolia/cirquedeesprit); 136.1 (fotolia/Bernd Libbach); 136.2 (fotolia/summer of 69); 136.3 (fotolia/PRILL Mediendesign); 136.4 (fotolia/Ben Burger); 136.5 (fotolia/Paul Grecaud); 136.6 (fotolia/Don Carlo); 141.3 (BMW AG); 146.3 (wikimedia/Rottweiler); 153.1 (NASA); 153.2 (Ferdinand Schmutzer); 153.3 (NASA-ARC)

Alle anderen Abbildungen stammen vom Autorenteam und aus dem Archiv des Elfriede Rötzer Verlags, die Illustrationen von Dipl.-Grafiker Erwin Moravitz, Ing. Bernd Pavlik und Mag. Walter Weber.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Verarbeitung, auch durch Film, Druck, Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Bild- und Tonträger jeder Art, oder auszugsweiser Nachdruck sind vorbehalten.

# INHALTSVERZEICHNIS

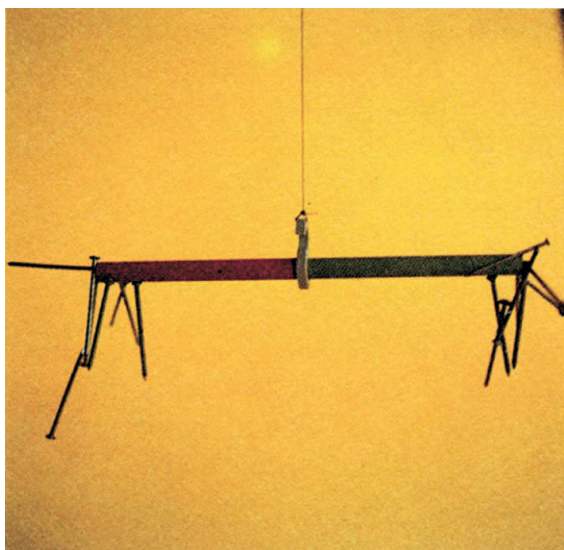
## P8

	Seite im Lehrbuch	Seite im Arbeits teil
<b>Magnetismus</b>		
1. Die Ursache des Magnetismus	5	3
2. Das Magnetfeld	7	4
<b>Stromfluss bewirkt Magnetfelder</b>		
3. Magnetische Kraft aus elektrischem Strom	10	6
4. Anwendungen des Elektromagneten	13	7
5. Der Elektromotor	16	9
<b>Änderung des Magnetfeldes bewirkt Spannung</b>		
6. Elektronenbewegung durch magnetische Kraft	20	10
7. Dreiphasen-Wechselstrom	23	12
8. Der Transformator	26	14
9. Fernleitung des elektrischen Stromes	30	16
<b>Sicherheit im Umgang mit Elektrogeräten</b>		
10. Die Sicherung – eine wichtige Schutz einrichtung	35	18
11. Schutzisolation und Schutzerdung	38	20
12. Gefahren des elektrischen Stromes	43	22
<b>Übertragung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen</b>		
13. Festnetztelefonie	45	23
14. Ton- und Datenspeicherung	47	24
15. Elektronische Bauelemente	49	25
16. Übertragung elektromagnetischer Wellen	58	28
17. Grundlagen des Fernsehens	67	31
18. Computertechnik – Verarbeitung von Daten	69	31

	Seite im Lehrbuch	Seite im Arbeitsteil
<b>Planeten und Satelliten</b>		
19. Kräfte bei der Kreisbewegung	75	32
20. Die Gravitation	78	34
21. Der freie Fall – eine beschleunigte Bewegung	80	35
22. Planeten und Satelliten – Raumfahrt	84	37
<b>Lichtausbreitung und Reflexion</b>		
23. Was ist Licht?	89	38
24. Licht und Schatten	92	40
25. Reflexion am ebenen Spiegel	96	42
26. Reflexion an gekrümmten Spiegeln	99	44
<b>Bildentstehung durch Lichtbrechung</b>		
27. Die Brechung des Lichtes	103	45
28. Die Totalreflexion des Lichtes	106	46
29. Bildentstehung bei Linsen	108	48
30. Analoge und digitale Fotografie	112	50
31. Das optische System Auge – optische Geräte	115	51
32. Licht und Farben	119	53
<b>Die „Kraft“ der Atome</b>		
33. Energie aus Atomkernen	123	55
34. Kernspaltung und Kernverschmelzung	130	57
<b>Energieumformung und Energiegewinnung</b>		
35. Energieformen und ihre Umwandlung	136	58
36. Energieumformende Maschinen	139	60
37. Energiequellen und Energieversorgung	148	62
38. Abschließende Betrachtung über die Physik	153	
Lösungen zu Rechenaufgaben	158	

# MAGNETISMUS

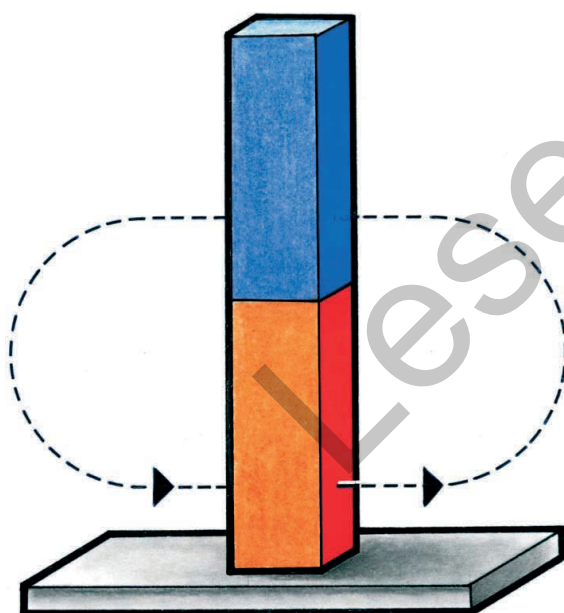
## 1. DIE URSACHE DES MAGNETISMUS



5.1 Ein Magnet hält auch Nägel, die ihn nicht berühren.

- Kühlschranksüren werden durch eingebaute Magnete dicht verschlossen.
- Hängen mehrere Nägel an einem Magneten, so müssen ihn nicht alle Nägel direkt berühren.
- Mit Hilfe eines Magneten kann man selbst Magnete herstellen.

Streiche mit dem Pol eines **Magneten** mehrmals in der gleichen Richtung über einen **Stahlstab** (z.B. eine Stahl-Stricknadel). Hebe dazu den Magneten jedesmal vom Stahlstab ab (Abb. 5.2). Überprüfe die magnetische Wirkung des Stahlstabes!



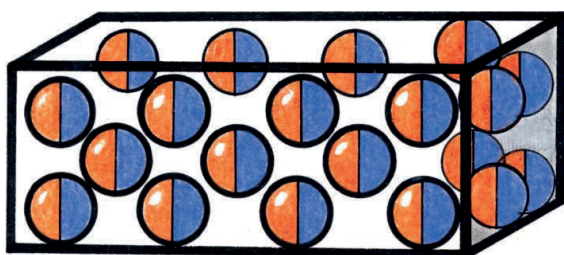
5.2 Magnetisieren eines Stahlstückes

Stahl ist gehärtetes Eisen.

Ein Eisenstück kann man sich aus kleinsten **Elementarmagneten** zusammengesetzt denken.

Sind die Elementarmagnete eines Eisenstückes **geordnet**, so ist das Eisen **magnetisch**. Sind die Elementarmagnete **ungeordnet**, ist das Eisen **unmagnetisch**.

Überstreicht man mit einem Magneten ein Stahlstück, so werden seine Elementarteile geordnet – das Stahlstück ist zu einem **Dauermagnet** (Permanentmagnet) geworden.



5.3 Magnet: Elementarmagnete geordnet

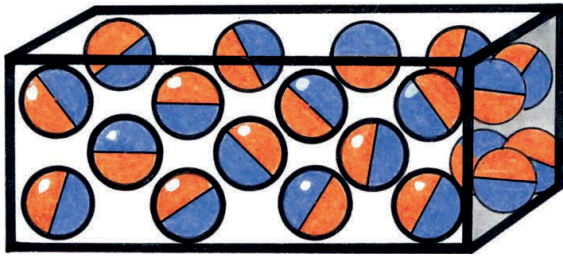
Ein Stahlstück wird zu einem **Dauermagneten**, wenn man mit einem Magneten mehrmals darüberstreicht.

Fülle eine **Proberöhre** zur Hälfte mit **Eisenfeilspänen** und magnetisiere sie (Abb. 6.2).

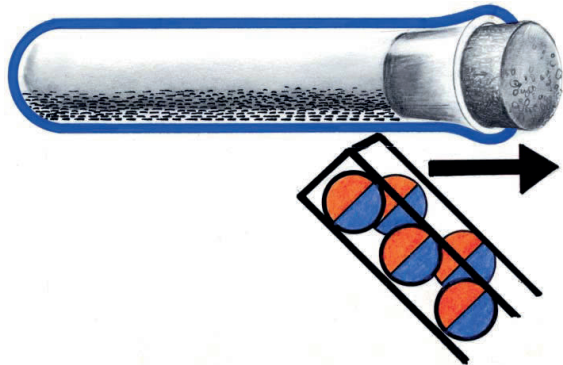
Überprüfe die magnetische Wirkung mit Hilfe einer **Magnetnadel**.

Schüttele die Proberöhre und überprüfe wieder.

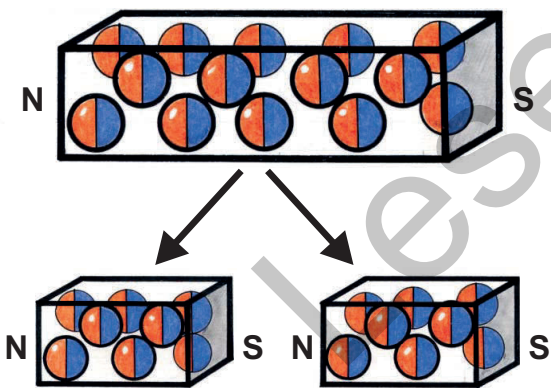




6.1 Unmagnetisches Eisen: Elementarmagnete ungeordnet



6.2 Magnetisieren der Eisenfeilspäne



6.3 Teilung eines Magneten

Erhitze einen magnetischen **Stahlstab** (z.B. eine Stahl-Stricknadel) bis zum Glühen und überprüfe nach dem Abkühlen ihre magnetische Wirkung!

Die Elementarmagnete eines Permanentmagneten geraten durch Erhitzen oder Erschüttern wieder in Unordnung. Dadurch geht die magnetische Wirkung verloren.

Wird ein Permanentmagnet stark erhitzt oder heftig erschüttert, so geht seine magnetische Wirkung verloren.

Teile eine magnetische **Stricknadel** mit einer **Zange** in Stücke und überprüfe jedes Stück auf das Vorhandensein von Magnetpolen (Abb. 6.3).

Jedes Teilstück eines Magneten hat einen Nord- und einen Südpol. Es gibt kein Teilstück mit nur einem Pol.

Versuche ein **Weicheisenstück** (Kern einer Spule, Schmiedeeisen) zu magnetisieren und überprüfe seine magnetische Wirkung.

Berühre ein **Weicheisenstück** an einem Ende mit dem Pol eines **Magneten** und hänge an das andere Ende des Weicheisenstückes **Eisenteile**. Entferne den Magneten und beobachte.

Die Elementarmagnete eines Weicheisenstückes werden durch bloße Berührung mit einem Magneten geordnet. Wird der Magnet entfernt, so geraten die Elementarmagnete sofort wieder in Unordnung.

Den magnetisierenden Einfluss eines Magneten auf einen ferromagnetischen Stoff (z.B. Eisen, Nickel, Kobalt) nennt man **magnetische Influenz**.

Durch magnetische **Influenz** wird Weicheisen vorübergehend, Stahl jedoch dauernd magnetisch.

„influere“ (lat.) = hineinfließen

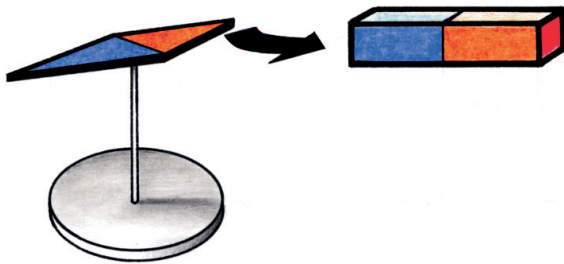
### Lexikonaufgaben:

1. Lies über „magnetische Influenz“ nach!
2. Was findest du über „Ferromagnetismus“?

### Überprüfe dein Wissen!

1. Was geschieht beim Magnetisieren eines Stahlstücks?
2. Wodurch geht die magnetische Wirkung eines Permanentmagneten verloren?
3. Welche ferromagnetischen Stoffe gibt es?
4. Wie wirkt die magnetische Influenz bei Weicheisen bzw. bei Stahl?

## 2. DAS MAGNETFELD

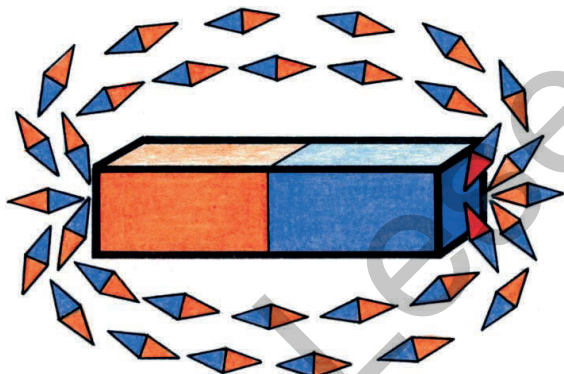


7.1 Überprüfung der Reichweite eines Magneten

- Die Magnetnadel eines Kompasses zeigt nicht genau nach Norden.
- Nicht an allen Punkten der Erdoberfläche kann man sich mit einem Kompass orientieren.

Überprüfe, ob ein **Magnet** eine **Magnetnadel** auch aus einiger Entfernung beeinflussen kann.

Die Wirkung eines Magneten erstreckt sich auf seine gesamte Umgebung.

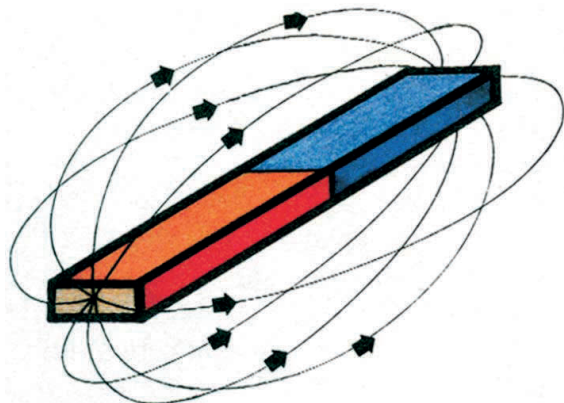


7.2 Stellung einer Magnetnadel im magnetischen Feld

Den Wirkungsbereich eines Magneten nennt man **magnetisches Feld**.

Überprüfe das Verhalten einer **Magnetnadel** im magnetischen Feld eines Stabmagneten (Abb. 7.2).

Die Stellungen der Magnetnadel ergeben gedachte Linien, die im Kraftfeld des Magneten vom Nordpol zum Südpol verlaufen. Man nennt sie **magnetische Feldlinien** (Abb. 7.3).

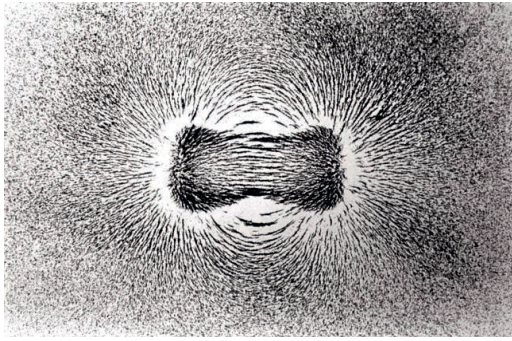


7.3 Magnetische Feldlinien stellen ein Magnetfeld dar.

Je enger die magnetischen Feldlinien liegen, desto stärker ist das magnetische Feld an der entsprechenden Stelle.

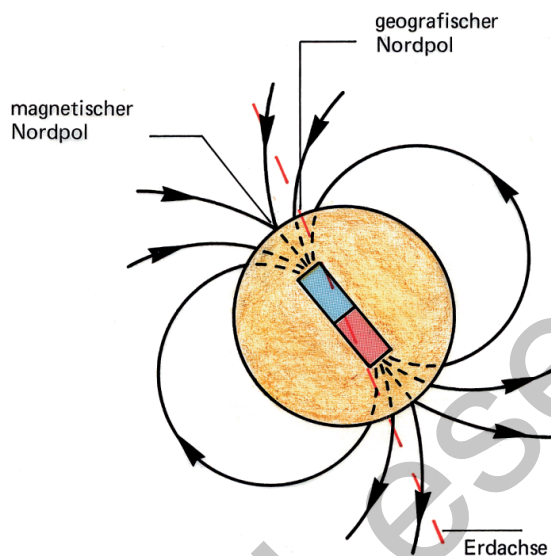
Magnetische Felder lassen sich auf einfache Weise sichtbar machen:

Lege auf einen Stabmagneten ein Blatt **Papier**, bestreue es mit **Eisenfeilspäne** und klopfe leicht auf die Unterlage.

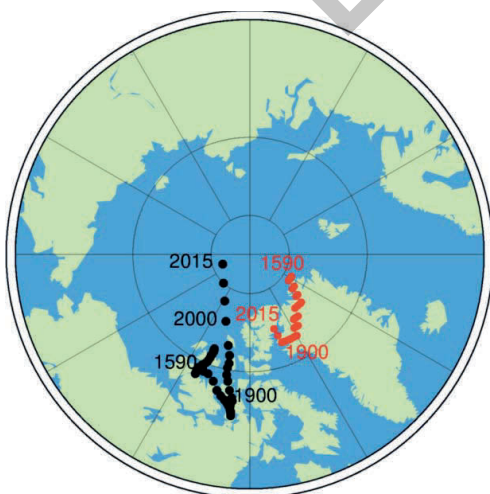


8.1 Eisenfeilspäne zeigen ein magnetisches Feld an.

Durch welche Stoffe wirkt die magnetische Kraft hindurch? Plane einen Versuch und bestätige oder widerlege deine Vermutungen. Führe ein Protokoll und halte die Versuchsergebnisse in einer Tabelle schriftlich fest.



8.2 Verlauf der magnetischen Kraftlinien der Erde



8.3 Lage des geografischen (rote Punkte) und magnetischen Pols (schwarze Punkte) der Erde  
(Quelle: Helmholtz-Zentrum Potsdam)

Dieser Versuch kann bei Verwendung einer Folie auch am Overheadprojektor durchgeführt werden.

Untersuche mit **Eisenfeilspänen** auch das magnetische Feld zwischen ungleichnamigen und gleichnamigen Polen zweier Magnete.

Die Eisenfeilspäne werden durch Einfluss selbst zu kleinen „Magnetnadeln“ und ergeben dabei ein Bild von der Struktur eines magnetischen Feldes.

Stelle eine **Magnetnadel** auf und lass sie auspendeln. Achte darauf, dass sie nicht durch das magnetische Feld eines in der Nähe liegenden Magneten beeinflusst wird!

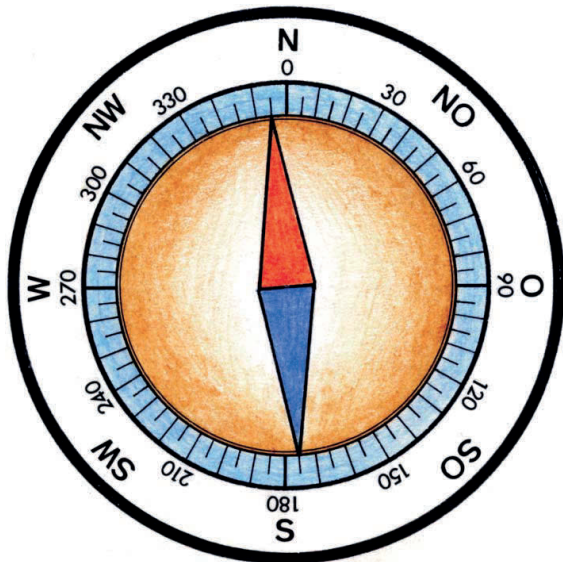
Die Magnetnadel richtet sich in Nord-Süd-Richtung aus.

Die **Erde** verhält sich wie ein riesiger Magnet. Die Feldlinien ihres Magnetfeldes verlaufen so in Süd-Nord-Richtung, als würde sich im Erdinnern ein großer Stabmagnet befinden (Abb. 8.2). Nach diesen Feldlinien richtet sich eine drehbar gelagerte Magnetnadel aus.

Jener Pol der Magnetnadel, der nach Norden zeigt, ist ihr **Nordpol**; jener der nach Süden zeigt, ihr **Südpol**.

Da ungleichnamige Pole einander anziehen und der Nordpol der Magnetnadel nach Norden weist, ist der Nordpol der Erde ein magnetischer Südpol.

Die magnetischen Pole der Erde fallen nicht genau mit den geografischen Polen zusammen. Am Nordpol liegt der magnetische Pol ca. 1 500 km vom geografischen Pol entfernt (Abb. 8.3). Die Magnetnadel zeigt daher nicht genau nach Norden.



9.1 Kompassrose mit Gradeinteilung

Die Abweichung der Magnetnadel von der geografischen Nordrichtung nennt man **Deklination** (Missweisung).



„declinare“ (lat.) = ablenken

Die Deklination ist von Ort zu Ort verschieden. Die Abweichung kann östlich oder westlich sein (siehe Tabelle). Da die magnetischen Pole der Erde langsam wandern, ändert sich die Deklination im Laufe der Jahre.

#### Deklination im Jahr 2012

Wien	3,4°	östlich
Salzburg	2,3°	östlich
Klagenfurt	2,1°	östlich
Linz	2,1°	östlich
Bregenz	1,5°	östlich
Moskau	9,3°	östlich
New York	14,9°	westlich

Quelle: <http://www.planet-schule.de/sf/multimedia-simulationen-detail.php?projekt=missweisung>

#### 9.3 Deklinationswerte für Österreich



9.2 Marschkompass

Genauere Richtungsangaben erfolgen, von der Nordrichtung ausgehend, in **Winkelgraden**.

Eine Kreisscheibe, auf der die Himmelsrichtungen und meist auch die Winkelgrade in einer 360-Grad-Teilung eingezeichnet sind, nennt man **Kompassrose** (Abb. 9.1).

Eine drehbar gelagerte Magnetnadel auf einer Kompassrose nennt man **Kompass**.

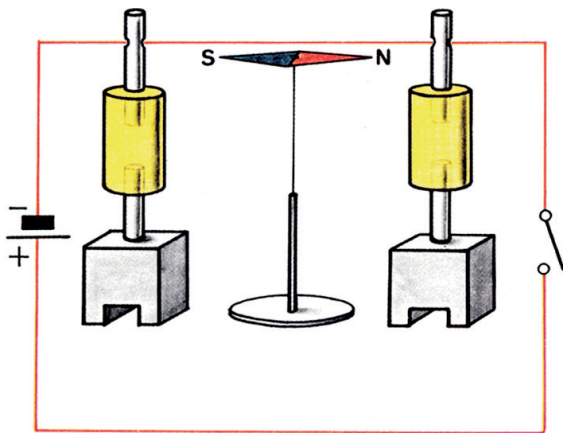
Ein Kompass dient vor allem auf Schiffen und Flugzeugen zur Orientierung.

### Überprüfe dein Wissen!

1. Wie nennt man den Wirkungsbereich eines Magneten?
2. Wonach richtet sich eine Magnetnadel aus?
3. Wie nennt man die Abweichung der Magnetnadel von der geografischen Nordrichtung?
4. Was ist ein Kompass?
5. Welche Werte in Winkelgraden haben die vier Haupthimmelsrichtungen auf einer Windrose?

# STROMFLUSS BEWIRKT MAGNETFELDER

## 3. MAGNETISCHE KRAFT AUS ELEKTRISCHEM STROM



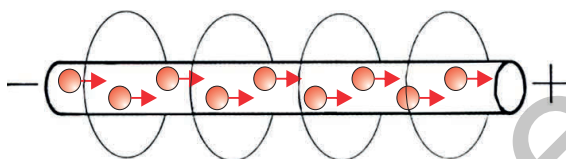
10.1 Versuch nach Oersted

- In Waschmaschinen und Geschirrspülern wird die Wasserzufuhr mit Hilfe eines Magnetventils elektrisch gesteuert.
- Elektrische Türöffner gestatten das Öffnen der Haustüre von der Wohnung aus.

Im Jahre 1820 machte der dänische Physiker Hans Christian **Oersted** (1777–1851) eine interessante Entdeckung.

Sein Versuch kann leicht nachvollzogen werden:

Spanne ein kurzes **Experimentierkabel** in Nord-Süd-Richtung zwischen zwei **Experimentier-Isolatoren** und stelle knapp unter das Kabel eine **Magnetnadel**. Als Spannungsquelle verwende ein leistungsfähiges **Gleichspannungs-Netzgerät** und schließe den Stromkreis jeweils nur kurze Zeit (Abb. 10.1).

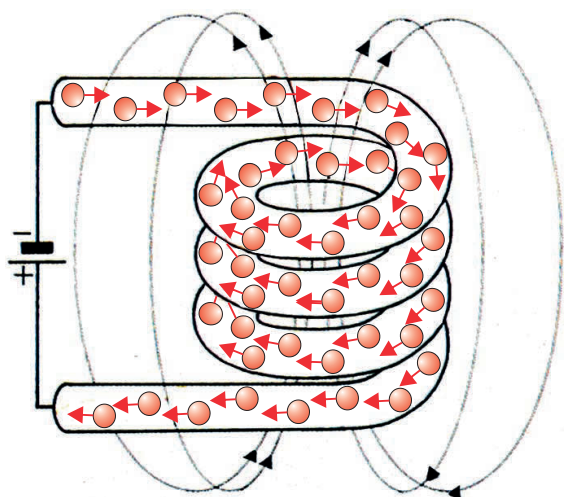


10.2 Magnetisches Kraftfeld um einen von Strom durchflossenen Leiter

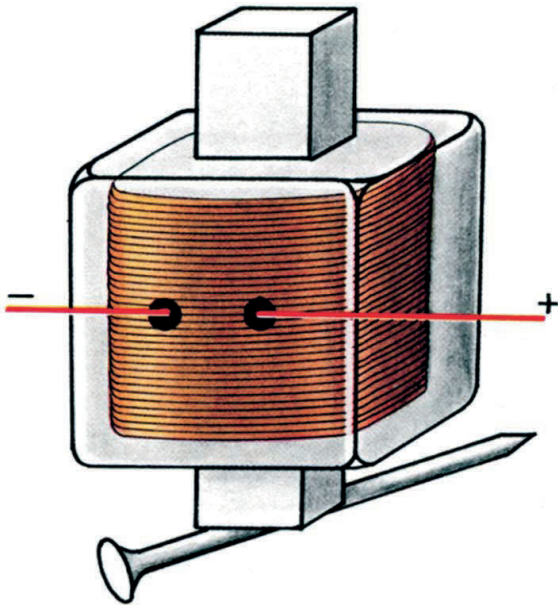
Die Magnetnadel wird aus der Ruhelage abgelenkt. Offenbar muss vom Strom durchflossenen Leiter eine magnetische **Kraft** ausgehen.

Von Strom durchflossene Leiter erzeugen ein **magnetisches Kraftfeld**, dessen Feldlinien kreisförmig um den Leiter verlaufen (Abb. 10.2).

Wird der von Strom durchflossene Leiter in Windungen angeordnet, so summieren sich die Magnetfelder der nebeneinander liegenden Windungen – es ergibt sich ein stärkeres Magnetfeld (Abb. 10.3). Eine solche Anordnung bezeichnet man als **Spule**.



10.3 Magnetisches Kraftfeld einer Spule



11.1 Elektromagnet

Lege an eine **Spule mit 500 Windungen** eine Gleichspannung von ca. 15 V. Bringe **Eisengegenstände** in das Innere der Spule.

Stecke einen passenden **Weicheisenkern** in die Spule und überprüfe neuerlich die magnetische Wirkung (Abb. 11.1).

Unterbrich nun den Stromkreis.

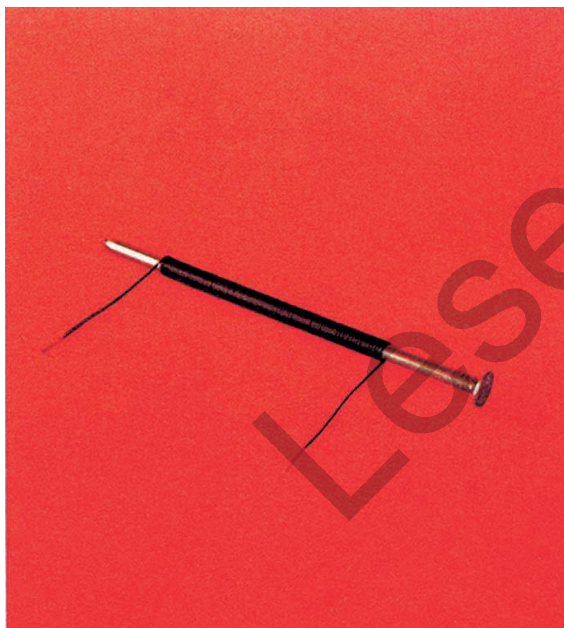
Die größte Konzentration der magnetischen Kraftlinien befindet sich im **Inneren** der Spule. Durch einen Weicheisenkern werden die magnetischen Feldlinien konzentriert und so in ihrer Wirkung verstärkt.

Eine Spule besteht aus aneinander gereihten Leiterwindungen. Wird sie vom Strom durchflossen, so erzeugt sie ein magnetisches Kraftfeld. Eine vom Strom durchflossene Spule mit Weicheisenkern nennt man **Elektromagnet**.

Ein Elektromagnet verliert seine magnetische Kraft, wenn der Strom unterbrochen wird.

Baue selbst einen einfachen Elektromagneten aus einem isolierten **Kupferdraht** (z.B. Kupferlackdraht) und einem dicken **Eisennagel** (Abb. 11.2) und schließe ihn an eine Gleichspannung von ca. 5 V.

Prüfe die magnetische Wirkung mit kleinen Eisengegenständen.

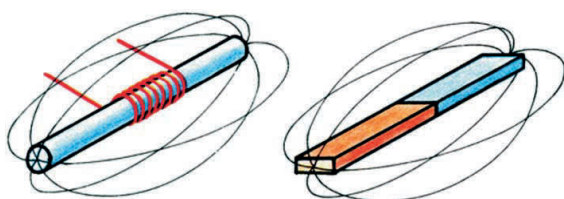


11.2 Einfacher Elektromagnet

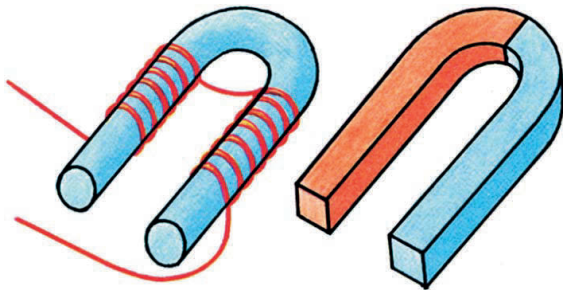
Die Kraftlinien eines **Elektromagneten** verlaufen wie die eines **Dauermagneten** (Abb. 11.3).

Überprüfe mit einer **Magnetnadel** die Pole eines Elektromagneten. Pole die Anschlüsse des Elektromagneten um.

Durch elektrisches **Umpolen** werden die Pole eines Elektromagneten vertauscht.



11.3 Magnetische Kraftlinien eines Elektro- und eines Dauermagneten



12.1 Elektromagnet und Dauermagnet in U-Form

Untersuche die Kraft eines Elektromagneten bei veränderter Windungszahl und Stromstärke.

Die magnetische Kraft eines Elektromagneten ist abhängig von der

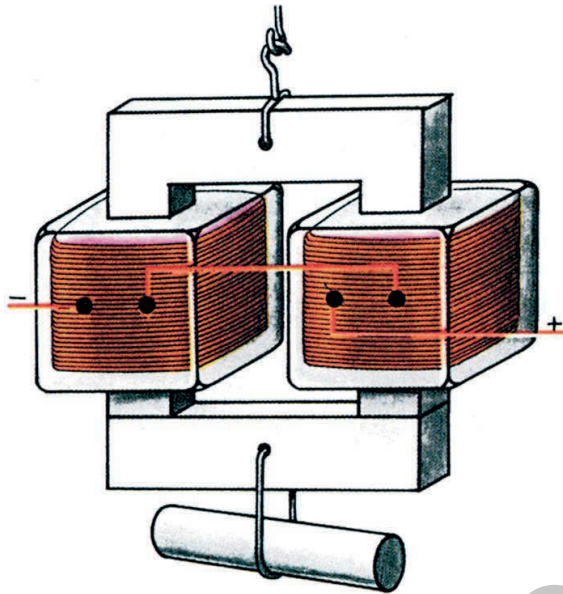
- Windungszahl und der
- Stromstärke.



Biege einen längeren **Eisennagel** in eine U-Form und umwickle ihn mit isoliertem **Kupferdraht**.

Beachte die Wicklungsrichtung (Abb. 12.1).

Schließe den **Elektromagneten** an eine Gleichspannungsquelle von ca. 5 V und überprüfe die magnetische Wirkung.



12.2 Leistungsfähiger Elektromagnet

Wegen der stärkeren Anziehungskraft werden Elektromagnete häufig in U-Form hergestellt.

Befestige **zwei Spulen** auf einem U-Kern und schließe sie an eine Spannungsquelle mit ca. 15 V =.

Verbinde die Pole mit einem **Weicheisenstück** (Joch) und hänge eine Last daran (Abb. 12.2).

Plane und führe einen Versuch durch, um folgende Aussage zu überprüfen:

„Je mehr Draht zu einer Spule gewickelt wird, desto stärker wird das Magnetfeld. Je mehr Strom durch die Wicklungen fließt, desto größer ist die Magnetkraft eines Elektromagneten.“

Sehr **starke** Elektromagnete werden in Eisen verarbeitenden Betrieben als **Lasthebemagneten** zum Heben von Eisenschrott und schweren Eisenteilen verwendet.

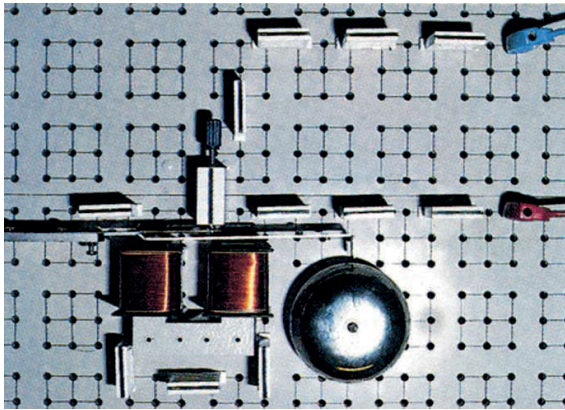
#### Lexikonaufgaben:

1. Was steht im Lexikon über **Oersted**?
2. Lies über Lasthebemagnete nach!

#### Überprüfe dein Wissen!

1. Was erzeugt jeder stromdurchflossene Leiter?
2. Was versteht man unter einer Spule?
3. Woraus besteht ein Elektromagnet?
4. Welche Wirkung hat das Umpolen eines Elektromagneten?
5. Wovon hängt die magnetische Kraft eines Elektromagneten ab?

## 4. ANWENDUNGEN DES ELEKTROMAGNETEN

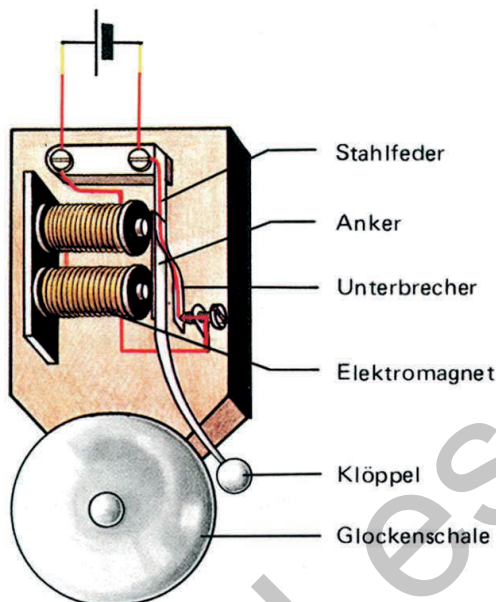


13.1 Versuchsaufbau einer elektrischen Klingel

- Lautsprecher wandeln Stromstärkeschwankungen in Schallschwingungen um.
- Elektrische Messgeräte zeigen die elektrische Spannung bzw. die Stromstärke an.

Elektromagnete werden in vielen Geräten verwendet.

Baue das Modell einer elektrischen Klingel auf!



13.2 Elektrische Klingel

Die elektrische **Klingel** funktioniert durch die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes. Dabei wird der Stromkreis **selbsttätig** geschlossen und unterbrochen.

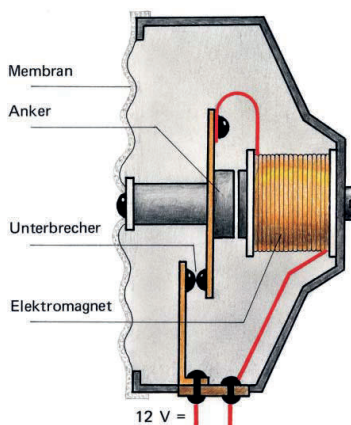
Unterbrecherfeder und Unterbrecherschraube bilden zusammen den **Unterbrecher**.

Die wichtigsten Bestandteile der elektrischen Klingel sind:

- Elektromagnet
- Anker
- Unterbrecher
- Glocke
- Klöppel

Die elektrische Klingel funktioniert aufgrund der automatischen Unterbrechung des Stromkreises durch den Unterbrecher.

Das folgende Schema beschreibt die Funktion einer elektrischen Klingel:



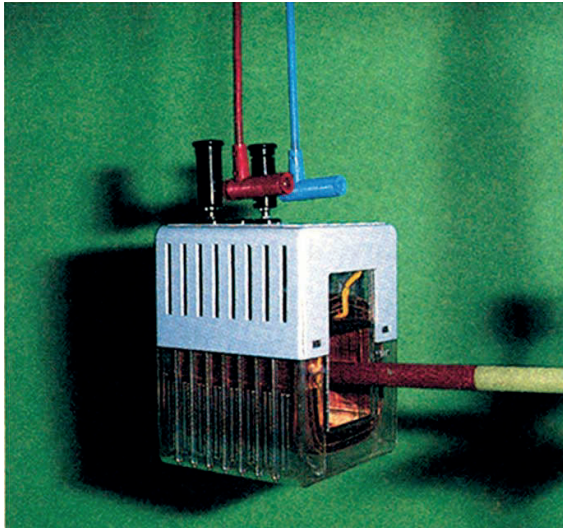
13.3 Querschnitt durch eine Autohupe

Der Stromkreis ist **geschlossen**, der Elektromagnet wird magnetisch.

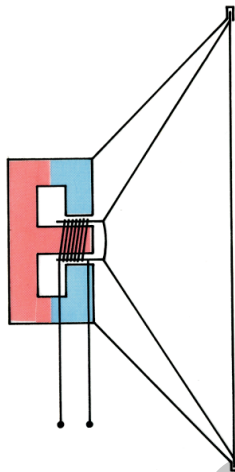
Der Elektromagnet **zieht** den Anker an, der Klöppel **schlägt** auf die Glockenschale.

Der Stromkreis wird durch den Unterbrecher **unterbrochen**.

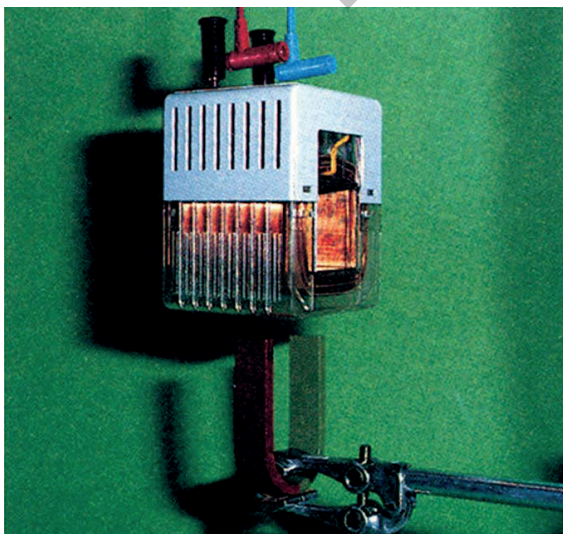
Der Elektromagnet wird wieder **unmagnetisch**, die Stahlfeder **zieht** den Anker in seine Ruhestellung zurück.



14.1 Versuch zum Lautsprecherprinzip



14.2 Querschnitt durch einen Lautsprecher



14.3 Versuch zum Prinzip des Drehspul-Messgerätes

Nach dem gleichen Prinzip funktioniert die **Autohupe**. Die schwingende Membran erzeugt die Schallschwingungen (Abb. 13.3).

Hänge eine Spule mit 500 Windungen an den Kabeln beweglich auf und montiere einen **Stabmagneten** so, dass er in ihre Öffnung reicht (Abb. 14.1).

Lege eine Spannung von ca. 5 V an die Spule. Pole die Anschlüsse der Spule auch um und beobachte.

Je nach Richtung des Stromes in der Spule wurde diese zu Mitte des Magneten gezogen oder vom Magneten abgestoßen.

Dieses Prinzip wird im **Lautsprecher** angewendet. Die Spule hängt dabei an der trichterförmigen beweglichen Membran. Sie taucht je nach der Stärke des durchfließenden Stromes mehr oder weniger tief zwischen die Pole eines Dauermagneten ein. Die Lautsprechermembran schwingt daher im Rhythmus der Stromstärkeschwankungen.

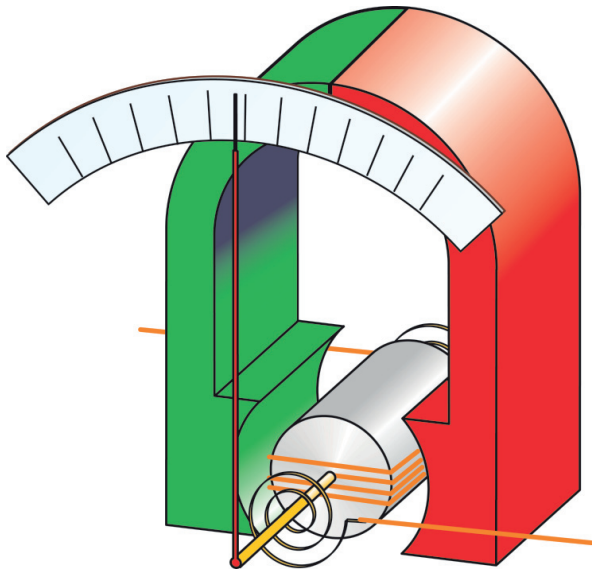
Stelle einen **Hufeisenmagnet** unter die beweglich aufgehängte **Spule** (Abb. 14.3).

Lege verschiedene Spannungen an und beobachte.

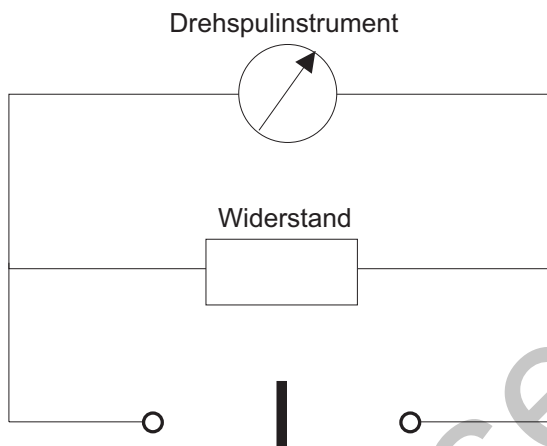
Je nach Größe der angelegten Spannung dreht sich die Spule etwas aus ihrer Lage. Durch das Umpolen ändert sich die Drehrichtung der Spule.

Dieses Prinzip wird in elektrischen Messgeräten angewendet – man bezeichnet sie als **Drehspul-Messgeräte**. Auf der beweglichen Spule ist dazu ein Zeiger befestigt (Abb. 15.1).

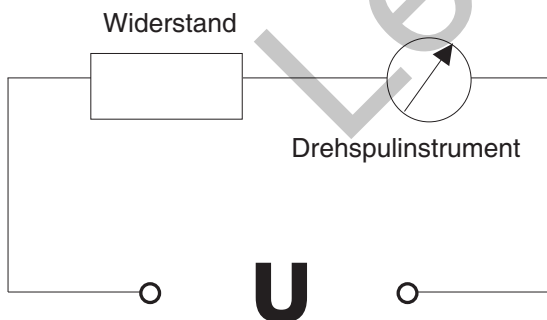
Der Zeigerausschlag eines Drehspul-Messgerätes ist von der durch die Spule fließenden Stromstärke abhängig. Jedes Drehspulmessgerät ist nur für einen bestimmten Messbereich



15.1 Schema eines Drehspul-Messgerätes



15.2 Prinzip eines Strommessers



15.3 Prinzip eines Spannungsmessers

### Überprüfe dein Wissen!

1. Wie heißen die wichtigsten Teile einer elektrischen Klingel?
2. Nach welchem Prinzip funktioniert eine elektrische Klingel?
3. Nach welchem Prinzip funktioniert ein Drehspulgerät?

gelegt. Dies liegt an seiner Wirkungsweise. Wird der Stromfluss durch die Spule zu groß, dann dreht sie sich so weit im Magnetfeld, dass die Verhältnismäßigkeit von Auslenkungswinkel des Zeigers und Stromstärke nicht mehr gilt. Abgesehen von möglichen Messfehlern, kann die Spule durch große Stromstärken auch zerstört werden. Mithilfe von Vorschaltwiderständen kann man eine **Messbereichserweiterung** vornehmen.

Zur Messung größerer Stromstärken wird also ein Widerstand **parallel** zur Drehspule geschaltet, sodass nur ein Teil des Stromes durch die Spule fließt (Abb. 15.2).

Man kann das Gerät auch indirekt einsetzen, um die **Spannung** zu messen. Dazu wird ein Widerstand **in Serie** zur Spule des Messgerätes geschaltet (Abb. 15.3). Die Spannung  $U$  kann von der durch den Widerstand  $R$  fließenden Stromstärke  $I$  abgeleitet werden (**Ohmsches Gesetz**, gemessene Spannung  $U = I \cdot R$ ). Das Gerät misst mit seinem Zeigerausschlag eigentlich die Stromstärke, aber die Skala ist mit den entsprechenden Spannungswerten beschriftet.

Lege an die beweglich aufgehängte Spule (Abb. 14.3) eine Wechselspannung.

Bei der Wechselspannung bleibt die **Spule** in Ruhe, da sie dem raschen Wechsel der Stromrichtung durch ihre Trägheit nicht folgen kann. Wechselspannungen bzw. Wechselströme müssen zur Messung in Gleichstrom umgewandelt, also **gleichgerichtet** werden. Dies erfolgt mit Dioden, die im Kapitel „Elektronische Bauelemente“ behandelt werden.

## 5. DER ELEKTROMOTOR



16.1 Elektrische Bohrmaschine

- Beim Starten wird der Automotor von einem starken Elektromotor angetrieben.
- Es gibt verschiedene Arten von Elektromotoren: vom kleinen Spielzeugmotor bis zum großen leistungsfähigen Motor einer E-Lok.

Der Elektromotor muss mit Hilfe des elektrischen Stromes eine dauernde **Drehbewegung** erzeugen.

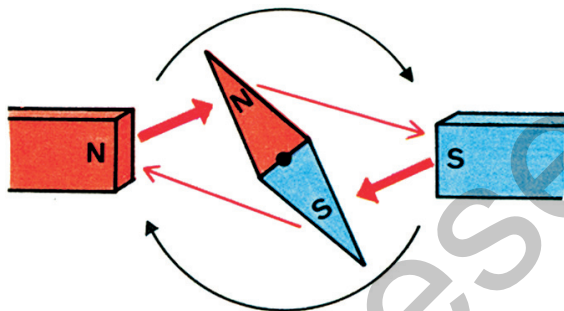
Bringe eine drehbar gelagerte **Magnetnadel** zwischen zwei Magnetpole (Abb. 16.2).

Die Magnetnadel dreht sich ein kurzes Stück und pendelt sich dann in einer stabilen Lage ein.

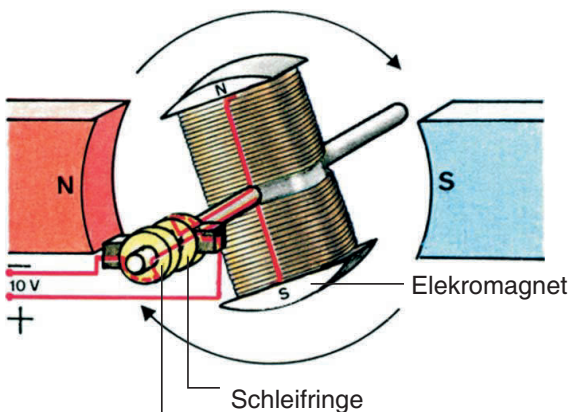
Ungleichnamige magnetische Pole ziehen einander an und gleichnamige Pole stoßen einander ab.

Daher wird der **N-Pol der Magnetnadel** vom N-Pol des Magneten abgestoßen und vom S-Pol angezogen. Umgekehrt wird der **S-Pol der Magnetnadel** vom N-Pol des Magneten angezogen und vom S-Pol des Magneten abgestoßen.

Die Magnetnadel wird also durch **anziehende** und abstoßende **magnetische Kräfte** ein Stück gedreht.



16.2 Drehbewegung einer Magnetnadel durch abstoßende und anziehende magnetische Kräfte

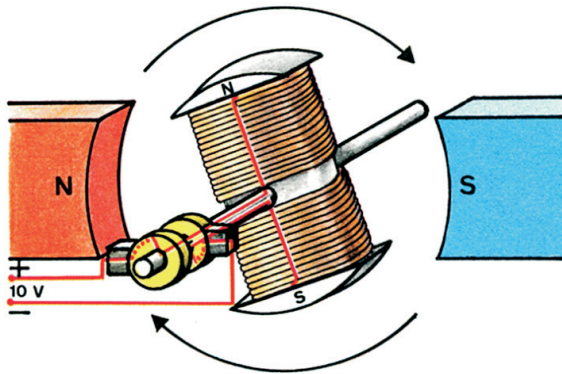


16.3 Drehbewegung eines Elektromagneten zwischen Magnetpolen

Ersetze nun die Magnetnadel durch einen drehbar angeordneten **Elektromagneten**. Leg an die beiden **Schleifringe** eine Spannung von ca. 10 V = und beobachte (Abb. 16.3).

Auch der Elektromagnet dreht sich nur so lange, bis ungleichnamige magnetische Pole gegenüberstehen.

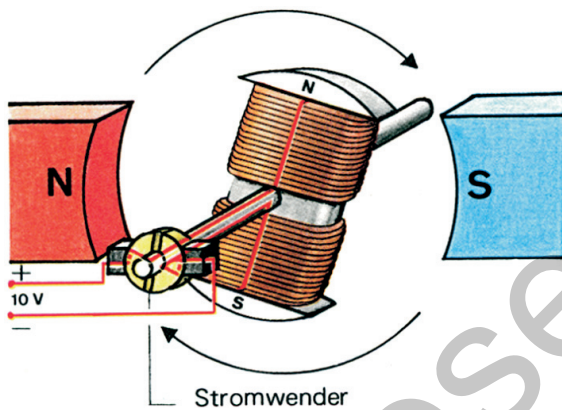
Pole den Elektromagneten um und beobachte! Eventuell muss der Elektromagnet etwas aus seiner Ruhelage gebracht werden.



17.1 Drehbewegung nach dem Umpolen

Durch das Umpolen des Elektromagneten stehen gleichnamige magnetische Pole gegenüber, der Elektromagnet dreht sich eine halbe Umdrehung weiter (Abb. 17.1).

Damit die Drehbewegung dauernd aufrecht erhalten wird, muss der Elektromagnet nach jeder halben Umdrehung **umgepolt** werden (Abb. 17.2).



17.2 Ständige Drehbewegung mit Hilfe des Kollektors

Lege an den Kollektor des **Motormodells** eine Spannung von ca. 10 V =.

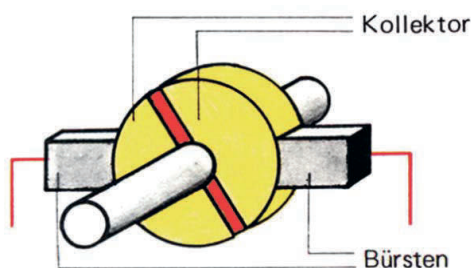
Der Anker wird nun nach **jeder halben** Umdrehung automatisch umgepolt und dreht sich dadurch ständig weiter. Der elektrische Strom wird durch zwei anliegende **Bürsten** aus Metall oder Kohle zugeführt (Abb. 17.3).

Der drehbare Elektromagnet heißt **Anker**.

Die beiden äußeren Dauermagnete bilden ein magnetisches Kraftfeld, in dem sich der Anker dreht; man nennt sie deshalb **Feldmagnete**.

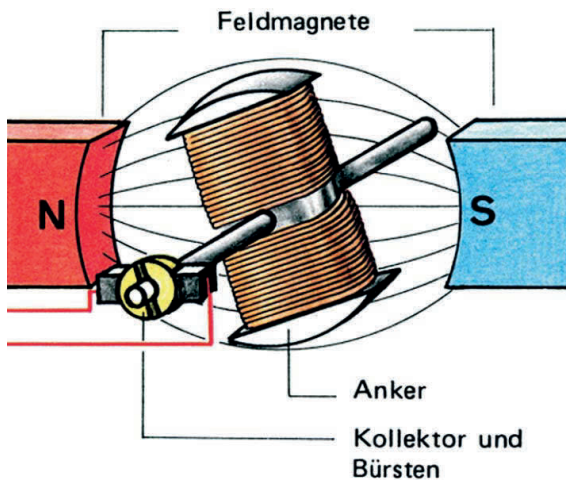
Die wichtigsten Bestandteile des **Elektromotors** sind:

- Anker
- Feldmagnete
- Kollektor und Bürsten

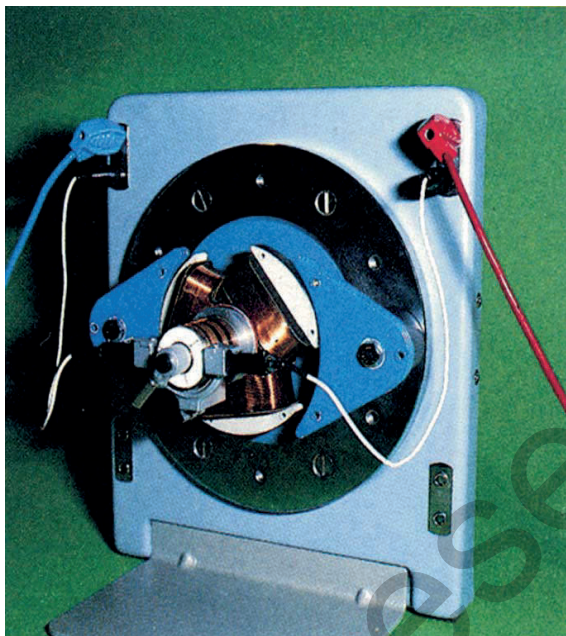


17.3 Der zugeführte Strom wird durch den Kollektor umgepolt.

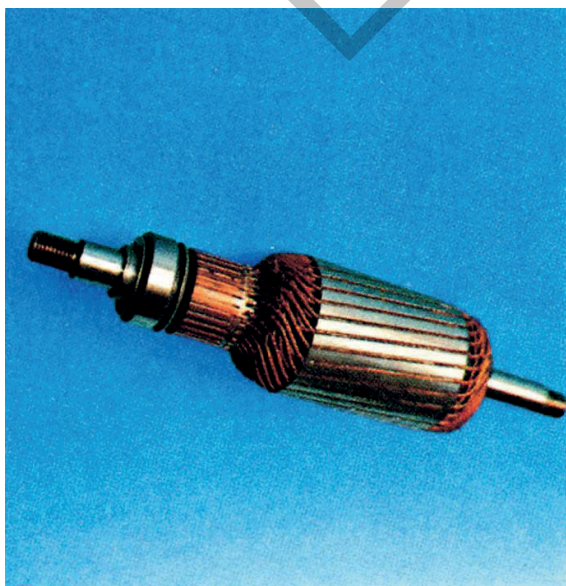
Der **Elektromotor** funktioniert aufgrund der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes. Dabei wird der dem Anker zugeführte Strom durch den Kollektor selbsttätig umgepolt.



18.1 Bestandteile eines Elektromotors



18.2 Motormodell mit Mehrfachanker



18.3 Trommelanker

Das folgende Diagramm zeigt übersichtlich den **Funktionsablauf** eines Gleichstrom-Elektromotors:

Der Anker wird vom elektrischen Strom durchflossen und wird dadurch **magnetisch**.

Der N-Pol des Ankers wird vom S-Pol des Feldes und der S-Pol des Ankers vom N-Pol des Feldes **angezogen**.

Der Anker dreht sich so weit, bis **ungleichnamige** Pole einander gegenüberstehen.

Der Kollektor polt den Anker um. Es stehen nun **gleichnamige** Pole gegenüber.

Die **gleichnamigen** Pole stoßen sich ab, der Anker dreht sich weiter.

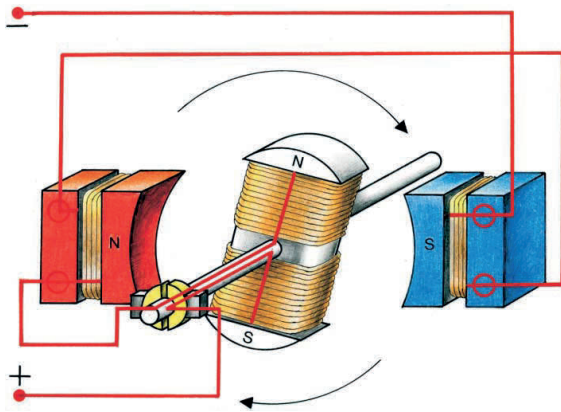
Pole die elektrischen Anschlüsse des Elektromotors um.

Die Drehrichtung des Elektromotors kann durch elektrisches Umpolen geändert werden.

Der einfache Anker des Motormodells läuft aus seiner Ruhelage (Totpunkt) nicht von selbst an. Nur wenn sich der Anker dreht, wird der Totpunkt durch die Trägheit (Schwung) überwunden. Um das Anlaufen aus dem Stillstand zu ermöglichen, besitzen Elektromotore einen **Mehrfachanker** mit drei oder mehr Ankerspulen.

Baue nach Möglichkeit ein Motormodell mit **Mehrfachanker** auf (Abb. 18.2).

Die Abb. 18.3 zeigt einen **Trommelanker**. Er hat viele, voneinander getrennte Spulen und besitzt deshalb auch einen Kollektor mit vielen, voneinander isolierten Kupferstreifen.



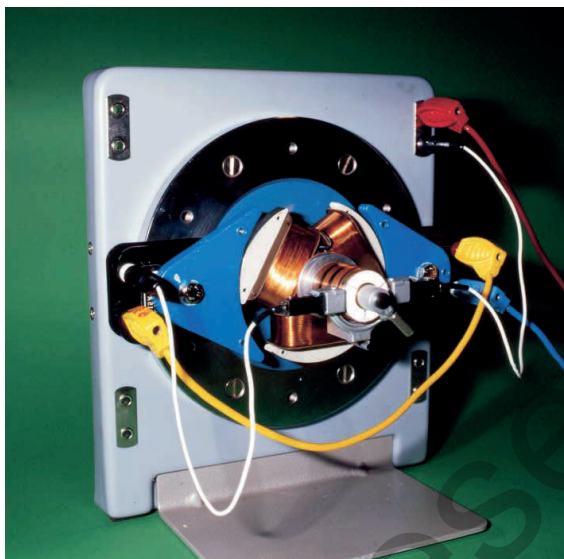
19.1 Motormodell mit Elektro-Feldmagneten

Oft verwendet man auch zur Erzeugung des Feldes **Elektromagnete**.

Baue ein Motormodell mit **Elektro-Feldmagneten** auf (Abb. 19.1).

Pole die elektrischen Anschlüsse des Motormodells um.

Lege auch eine **Wechselspannung** von ca. 20 V an das Motormodell.



19.2 Motormodell mit Elektro-Feldmagneten und Mehrfachanker

Die Drehrichtung des Motors bleibt gleich, wenn **Anker** und **Feld** zugleich umgepolt werden.

Elektromotoren, deren Anker und Feld als Elektromagnet ausgeführt sind, können mit Gleich- oder Wechselspannung betrieben werden.

Elektromotore wären eine umweltfreundliche Alternative für den Antrieb von Fahrzeugen. Ihre Verwendung in großem Umfang scheitert jedoch am derzeit ungelösten Problem der dafür nötigen Stromversorgung durch Batterien (großes Gewicht, geringe Speicherkapazität, geringe Lebensdauer).

### Lexikonaufgaben:

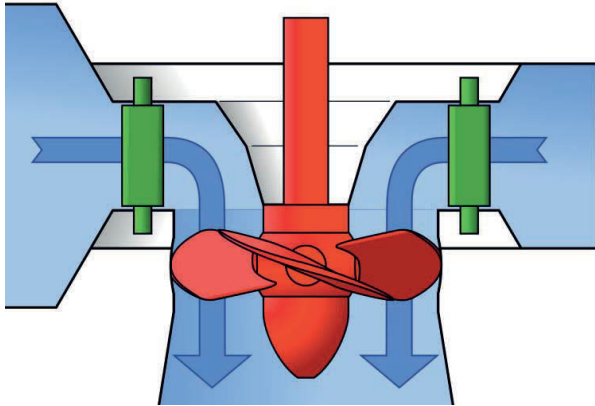
1. Wie stark ist der Motor einer E-Lok?
2. Welche Arten von Elektromotoren gibt es?

### Überprüfe dein Wissen!

1. Beschreibe, wie sich die Pole zweier Magnete zueinander verhalten!
2. Wie heißen die wichtigsten Teile des Elektromotors?
3. Nach welchem Prinzip funktioniert der Elektromotor?
4. Mit welcher Stromart können Elektromotoren betrieben werden, wenn Anker und Feld als Elektromagnet ausgeführt sind?

# EINE ÄNDERUNG DES MAGNETFELDES BEWIRKT SPANNUNG.

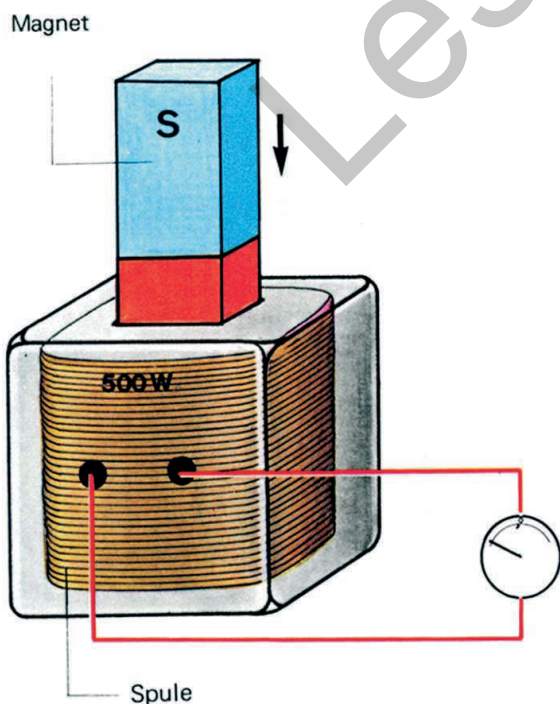
## 6. ELEKTRONENBEWEGUNG DURCH MAGNETISCHE KRAFT



20.1 Laufrad einer Kaplan-turbine (schematische Darstellung)



20.2 Laufrad einer Kaplan-turbine in einem Kraftwerk



20.3 Durch die Bewegung des Magneten fließt Strom.

- Den Strom für die Beleuchtung eines Fahrrades liefert eine Fahrrad-Lichtmaschine, meist „Dynamo“ genannt.
- In Kraftfahrzeugen wird die Lichtmaschine vom Motor angetrieben.
- In Wasserkraftwerken wird die mechanische Energie des Wassers durch Turbinen und Generatoren in elektrische Energie umgewandelt.

Schließe einen empfindlichen **Strommesser** an eine **Spule** mit ca. 500 Windungen an. Beobachte den Strommesser, während du einen Pol eines **Stabmagneten** in die Spule tauchst bzw. ihn wieder herausziehst. Führe den Versuch auch mit dem anderen Magnetpol durch und beobachte den Strommesser auch dann, wenn sich der Magnet in der Spule in Ruhe befindet. (Abb. 20.3 und 21.1).

Der Strommesser zeigt an, dass in der Spule nur dann ein elektrischer Strom fließt, wenn der Magnet bewegt wird.

Der Stabmagnet ist von einem magnetischen **Kraftfeld** umgeben. Wird der Magnet bewegt, so ändert sich im Inneren der Spule das magnetische Kraftfeld. Dies bewirkt, dass in den Windungen der Spule die Elektronen in Bewegung gesetzt werden.

Je nach Bewegungsrichtung und eingetauchtem Pol entsteht an den Spulenenden ein Elektronenüberschuss bzw. Elektronenmangel und damit eine elektrische Spannung.