

Erster Teil

Die Wirkungsweise der Induktion

Die Wirkungsweise der Induktion

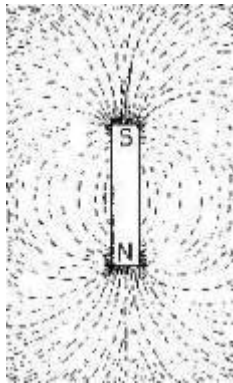


Abb. 1

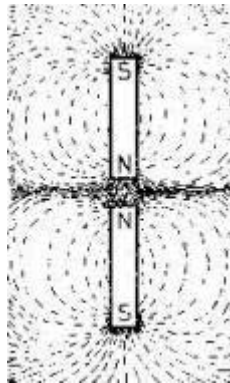


Abb. 2

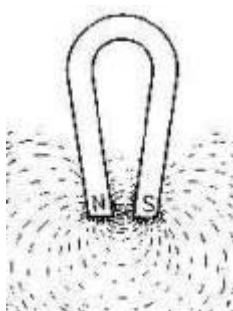


Abb. 3

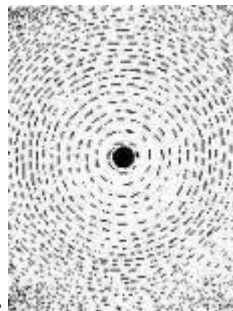


Abb. 4

Unsere heutigen Vorstellungen von den Kraftlinien magnetischer und elektrischer Felder gründen sich in der Hauptsache auf die Eisenspanbilder permanenter und temporärer Magnete sowie stromführender Leiter. Die charakteristischen Eisenspanbilder, welche entstehen, wenn man Eisenspäne auf Papier oberhalb eines Magneten oder eines Stromleiters streut, veranschaulichen schematisch die Abbildungen 1 bis 4. Da diese sogenannten Kraftlinien in der gesamten Physik keine ähnlichen Vorgänge bzw. Entsprechungen aufzuweisen haben, nehmen sie auch innerhalb der Wissenschaft eine noch unbegründete Sonderstellung ein.

Da man also mit diesen Kraftlinien-Gebilden keinerlei Vergleiche mit anderen physikalischen Vorgängen anstellen kann, so weiss man auch bis heute mit diesen Gebilden noch nichts Rechtes anzufangen. Aber gerade von der richtigen Deutung dieser Gebilde hängt die Lösung des gesamten magnet-elektrischen Erscheinungskomplexes ab. Ja, wer diese Kraftliniengebilde richtig zu deuten versteht, der hat gleichsam den Schlüssel zu allen Erscheinungs- und Bewegungsformen der Physik, Chemie und der Himmelsmechanik in der Hand. Unsere Vorstellungen über diese Kraftlinien-Systeme führten uns gleich bei dem Grund- und Ausgangsproblem der Elektrizitätsforschung in eine Sackgasse, aus der wir uns bis heute noch nicht herausfinden konnten. Was hätten wir wohl über die Ursache des Magnetismus und dessen Erscheinungsformen gedacht, wenn wir nicht die allzu anschaulichen Eisenspanbilder zur Verfügung gehabt hätten.

Ganz bestimmt wären wir so ohne weiteres nicht auf die Vorstellungen der Kraftlinien-Anordnungen magnetischer und elektrischer Felder gekommen, wenn wir nicht geradezu handgreiflich auf diese Ideen verwiesen worden wären. Vielleicht hätten wir ohne das Charakteristikum der Eisenspanbilder Hypothesen aufgestellt, welche parallel zu bekannten Vorgängen der Physik mehr den tatsächlichen Verhältnissen entsprochen hätten.

In den folgenden Ausführungen soll nun versucht werden, ein anschauliches Bild über das Zustandekommen der charakteristischen Eisenspanbilder zu gewinnen.

Betrachtet man die Entstehung der Eisenspanbilder als Folge einer Strömungsgesetzmässigkeit analog der Äro- und Hydrodynamik, dann gewinnt man anstelle der abstrahierten Sonderstellung der Kraftliniengengebilde ganz konkrete Vorstellungen von Wirbeln und deren Strömungs- und Stauungseffekten.

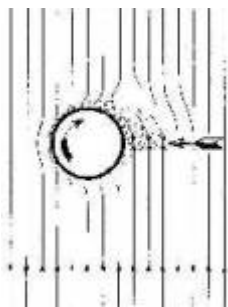


Abb. 5 Überall haben wir in der Natur inhomogene Strömungsfelder zu verzeichnen, d. h. überall, wo beispielsweise Luft- oder Wasserströmungen auftreten, finden wir keine gleichförmigen homogene, sondern ungleichförmige, inhomogene Strömungsgeschwindigkeiten vor. Diese ungleichen Strömungsgeschwindigkeiten, welche durch Reibung oder sonstige Widerstände entstehen können, haben stets eine Wirbelbildung zur Folge, was man auch bei Wind- und Wasserströmungen sehr leicht beobachten kann. Man kann sagen, überall, wo inhomogene Strömungsfelder vorhanden sind, ist auch die Grundlage für Wirbelbildungen gegeben. Was hat es nun aber mit den Wirbeln für eine Bewandnis? Vor vielen Jahren erregte in der gesamten zivilisierten Welt das Flettner'sche Rotorschiff grosses Aufsehen. Es handelt sich hierbei um ein Schiff, das statt mit Segeln mit rotierenden Zylindern ausgestattet ist. Lässt man nämlich einen Zylinder in einer Strömung rotieren, dann erzeugt man innerhalb dieser Strömung ein Wirbelfeld, weil das den Zylinder umgebende Medium durch die Reibung am Zylinder von demselben in gleicher Drehrichtung mitgerissen wird. Die Abb. 5 veranschaulicht das Prinzip des Flettner-Rotors. Die Luftströmung ist durch einfache Pfeile gekennzeichnet. Innerhalb dieser Strömung dreht sich in der kreisförmig eingezeichneten Pfeilrichtung ein Zylinder. Die an den Zylinder sich anschmiegende Luft wird von diesem durch Reibung in gleicher Bewegungsrichtung mitgerissen. Nun tritt folgender Effekt in Erscheinung:

Auf der linken Seite bewegt sich der Zylinder in gleicher Richtung wie die Strömung der Luft, aber auf der gegenüberliegenden rechten Seite ist die Luftströmung der Drehrichtung des Zylinders entgegengesetzt. Da auf der linken Seite die Geschwindigkeiten zunehmen, während dieselben auf der rechten, gegenüberliegenden Seite durch die hier herrschende Gegenströmung herabgesetzt werden, so hat dies zur Folge, dass links gewissermassen ein Sog und rechts ein Druck bzw. Verdichtung entsteht. Diese Erscheinung ist in der Physik als Magnuseffekt bekannt. Der Zylinder hat nun das Bestreben, sich von der Druckseite nach der Sogseite hin zu bewegen. Streng genommen haben wir hier ein inhomogenes Feld künstlich erzeugt, denn auf der Sogseite haben wir grössere Geschwindigkeiten als auf der Druckseite.

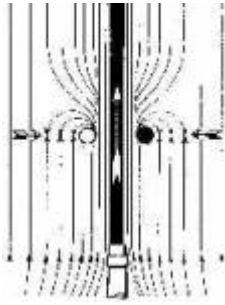


Abb. 6 Die folgende Abb. 6 zeigt nunmehr ein natürliches, inhomogenes Feld, und zwar verursacht durch einen Wasserstrahl, sagen wir einer Feuerspritze. Die umgebende Luft des Wasserstrahles wird nun vom Wasserstrahl in gleicher Bewegungsrichtung mitgerissen; in unmittelbarer Nähe des Strahles mit grösserer Geschwindigkeit und mit der Zunahme des Abstandes vom Wasserstrahl mit geringerer Geschwindigkeit. Man kann sagen: Mit der umgekehrten Entfernung vom Wasserstrahl nimmt auch die Geschwindigkeit der mitgerissenen Luft ab. Wir haben also hier ein ausgesprochen inhomogenes Strömungsfeld der Luft vor uns. Bringen wir nun in dieses inhomogene Strömungsfeld einen Gegenstand, etwa einen Zylinder oder eine Kugel, dann tritt hier, genau wie beim Flettner-Rotor, der Magnuseffekt in Erscheinung. Es entsteht nämlich hier infolge des inhomogenen Feldes eine Wirbelbildung, und zwar sind hier auf dieser dem Wasserstrahl zugekehrten linken Kugelseite die grösseren und auf der rechten Kugelseite die geringeren Strömungsgeschwindigkeiten. Die Folge hiervon ist nun, dass auch hier ein Sog und ein Druck entstehen, deren Effekt den Zylinder oder die Kugel quer zur Strömung, also gegen den Wasserstrahl bewegt. In beiden Beispielen ist also der Magnuseffekt wirksam. Um den Zylinder oder der Kugel zur Strömungsrichtung eine Querbewegung zu erteilen, ist es also gleichgültig, ob man diese in einem homogenen Feld in Drehung versetzt, oder dieselben in einem inhomogenen Strömungsfeld nicht rotieren lässt.

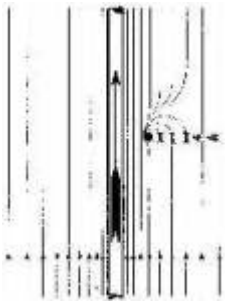


Abb. 7 Betrachten wir nun unter diesem Gesichtspunkt des inhomogenen Strömungsfeldes einen elektrischen Stromleiter nach der folgenden Abb. 7, indem wir annehmen, dass dasjenige, was wir um einen Stromleiter herum als elektromagnetisches Feld in seiner Wirkung wahrnehmen, nichts anderes sei, als eine schwache äussere parallele Fortsetzung des inneren Stromflusses, dann finden wir, sobald wir in dieses Strömungsfeld ein Eisenteilchen hineinbringen, dieselben rechtwinkligen Bewegungserscheinungen wie in den soeben beschriebenen Beispielen bei Wasser- und Luftströmungen. Dasjenige, was hier als Strömung bezeichnet wird, bittet der Verfasser zunächst als ein hypothetisch angenommenes „strömendes Etwas“ hinzunehmen, bis an geeigneter Stelle die erforderlichen Voraussetzungen zu einer näheren Erläuterung gegeben sind. Man wird hier vielleicht versucht sein, zu entgegnen, man könne ausserhalb des Stromleiters in keiner Weise von einem Stromfluss reden, da man mit den feinsten Instrumenten noch keine Strömung nachweisen konnte. Warum aber eine Messung nicht möglich ist, wird verständlich, wenn man sich das Feld mit Wirbelkernen angefüllt denkt, welche bei gleichmässigem Stromfluss in einem statischen Zustand verharren. Die folgenden Ausführungen werden das Gesagte noch näher zu erläutern versuchen.



Abb. 8 Bringen wir nach Abb. 8 auf eine rechtwinklig zum Stromleiter gedachte Ebene nebeneinander eine Anzahl ferromagnetischer Substanzen (Eisenteilchen), dann ergibt sich die Tatsache, dass ein Süd- und ein Nordpol entstehen.

Die Entstehung des Süd- und des Nordpols

Die einzelnen Substanzen, welche auf der Zeichnung als ferromagnetische Zylinder gedacht sind, werden jeweils von einem Wirbel in gleicher Drehrichtung umströmt, und zwar, wie aus Abb. 8 hervorgeht, diejenigen Zylinder auf der rechten Seite vom Stromleiter im Sinne des Uhrzeigers, und diejenigen auf der linken Seite entgegengesetzt. Auf dieser Gegenläufigkeit der Strömung wollen wir in den weiteren Darlegungen die Polarität auffassen, welche in allen einschlägigen Abbildungen und Projektionen mit einem weissen Halbzyylinder als Südpol und mit einem schwarzen Halbzyylinder als Nordpol bezeichnet wird. Als Südpol bezeichnet der Verfasser denjenigen Pol, welcher nach dem Nordpol der Erde zeigt, genauso wie es auch in einigen anderen Ländern üblich ist. Diese Massnahme wurde nicht willkürlich vorgenommen, sonder war bedingt durch die im letzten Teil angestellten Betrachtungen über die Polgesetzmässigkeit unseres Sonnensystems. Bei späteren Abbildungen werden auch anstelle der Zylinder, Magnetnadeln oder Kugeln dargestellt. Machen wir in Gedanken mit unserer Blickrichtung senkrecht zur Stromleiterachse um den Stromleiter eine Schwenkung um 360° , dann haben selbstverständlich alle um den Stromleiter gruppierten Zylinder von der Achse aus gesehen gleichen Drehsinn.

Das Gesetz der Abstossung

Wie Abb. 8 veranschaulicht, haben wir zwischen den einzelnen Substanzen durch den gleichen Drehsinn der Wirbel entgegengesetzte Strömungen und demzufolge, ähnlich wie beim Magnuseffekt, eine Stauwirkung zu verzeichnen, welche die Substanzen entsprechend ihrer innewohnenden Strömungsintensität gegenseitig abstossen. Da die parallele Strömung mit der umgekehrten Entfernung vom Stromleiter abnimmt, so nimmt im gleichen Masse auch die Wirbelintensität der ferromagnetischen Substanzen ab. Demnach müssen also die gegenseitigen Abstände der Substanzen nach aussen hin im gleichen Verhältnis bis auf einen ganz bestimmten, der Intensität des Erdfeldes angepassten Abstand geringer werden, wobei natürlich der durch die Auflage der Substanzen bedingte Reibungswiderstand nicht berücksichtigt ist.

Die Entstehung des Ringsystems der um einen Stromleiter gruppierten Eisenspäne

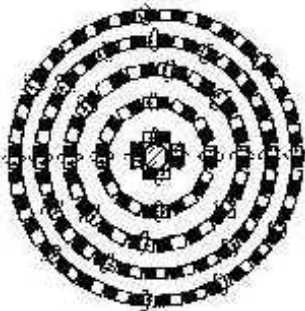


Abb. 9 Die Abb. 9 stellt in axialer Blickrichtung die Ansicht der Substanzebene A-B von Abb. 8 dar. Wir erkennen in dieser Abbildung sofort das bekannte Ringsystem der um einen Stromleiter gruppierten Eisenspäne. Dieses Ringsystem ist die natürliche Folge der Wirbelstrom-Gleichschaltung und der hierdurch bedingten Abstossung der radial nebeneinanderliegenden polaren Substanzen. Das Ringsystem ergibt sich ganz zwangsläufig von selbst und lässt sich analog den Wirbelstromgesetzen des Wassers und der Luft in einfachster Weise erklären. Dieses Ringsystem hat also mit dem so beliebten experimentellen Nachweis einer um einen Stromleiter kreisförmigen Einzelpolbewegung absolut nichts zu tun.

Das Gesetz der Induktion des Stromleiters

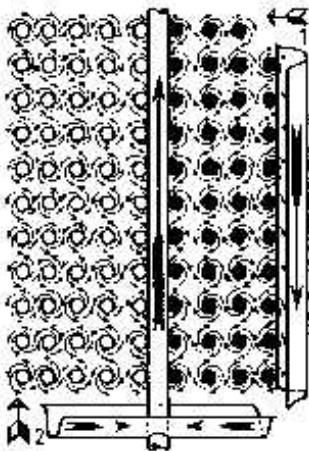


Abb. 10 Denken wir uns nunmehr, wie die Abb. 10 veranschaulicht, eine Anzahl solcher Ringsysteme längs des Stromleiters angeordnet, dann wären die Abstände der einzelnen Ringebenen wiederum das Ergebnis der Abstossung bzw. der Intensität der gleichgeschalteten Wirbel. In diesem Falle würde man allerdings nichts mehr von einer parallelen Strömung längs des Stromleiters wahrnehmen können, sondern nur noch eine Unzahl Einzelwirbel. Da aber diese Einzelwirbel bei einem konstanten Stromfluss in ihrer Stellung fixiert wären, so würde uns das gesamte Wirbelfeld trotz des inneren Stromflusses als ein statisches Feld erscheinen. Nehmen wir nun zum besseren Verständnis der weiteren Ausführungen zunächst einmal an, dass das gesamte Wirbelsystem der Abb. 10, durch gegenseitige Abstossung verursachte, fest verankerte Widerstände innerhalb einer Wasser- oder Luftströmung seien, deren Hauptströmung in der Mitte, also anstelle des Stromleiters wäre. Würden wir nun einen Kanal, welcher ausserhalb des Wirbelfeldes parallel zur Hauptströmung bereitstünde, mit der geöffneten Seite im rechten Winkel gegen die Hauptströmung (gefiederter Pfeil 1), also quer zu dieser bewegen, dann würden wir entsprechend der Strömungsrichtung der beaufschlagten Wirbelseite im Kanal eine Strömung erzeugen, welche der Hauptströmung entgegengesetzt wäre. Würden wir mit dem Kanal die

Mitte der Hauptströmung überschreiten und in gleicher Bewegungsrichtung fortfahren, oder aber den Kanal um 180° schwenken und mit dem geöffneten Teil wieder zur Ausgangsstellung zurückkehren, dann hätten wir in beiden Fällen, infolge der inneren Beaufschlagung der Wirbelseiten eine Umkehrung der Strömung im Kanal, d. h. wir hätten die gleiche Strömungsrichtung wie die Strömung der Hauptströmung. Kämen wir nun in Versuchung, den Kanal um 90° zu schwenken und ihn in der Richtung der Hauptströmung (gefiederter Pfeil 2) zu bewegen, dann könnten wir im Kanal keine Strömung wahrnehmen, weil sich die gegenläufigen Strömungen der rechten und linken Wirbel im Kanal gegenseitig aufheben würden.

Obwohl sich diese Strömungsgesetze auf Wasser und Luft beziehen, so stimmen sie in allen ihren Bewegungen prinzipiell mit der Induktion überein. Kehren wir nun zurück zu unserer Hypothese des zum Stromleiter in gleicher Richtung parallel fließenden Kraftfeldes und denken wir uns anstelle der sichtbaren ferromagnetischen Substanzen kleinste, nicht mehr wahrnehmbare materielle Teilchen, dann haben wir wiederum ein um den Stromleiter gesetzmässig gruppiertes Wirbelfeld vor uns, welches wir ins einer Wirkung als ein elektromagnetisches, statisches Feld erkennen. Nehmen wir anstatt des Kanals einen Draht und verbinden dessen Enden mit einem Galvanometer, dann beobachten wir an letzterem, dass der induzierte Strom bei gleichen Bewegungen wie beim Kanal auch die gleichen Richtungen hat. Man könnte also annehmen, dass die Wirbel der Kleinstteilchen, welche entsprechend ihrer Entfernung vom Stromleiter eine elektrische Aufladung von bestimmter Intensität haben, ihre Ladung in derjenigen Richtung abgeben, die auf der beaufschlagten Wirbelseite herrscht. Die entgegengesetzte Wirbelseite kommt hierbei nicht zur Beaufschlagung, weil die Teilchen an der Oberfläche des Stromleiters haltmachen müssen, also nicht durch den Stromleiter hindurchgehen können.

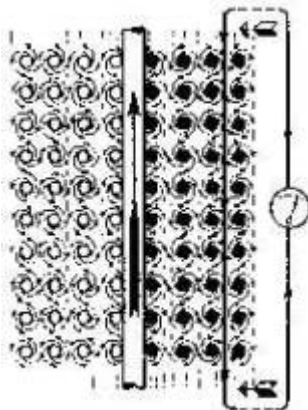


Abb. 11 Gehen wir nun davon aus, dass im Stromleiter zunächst kein Strom fließt, dann müssen wir trotzdem annehmen, dass um den Stromleiter Substanzen gruppiert sind, die normalerweise der Horizontalintensität des Erdfeldes unterliegen, und entsprechend dieser ihre gegenseitigen Abstände haben. Schicken wir in den Stromleiter nach der Abb. 11 einen galvanischen Strom, dann werden nach unserer Hypothese, die um den Stromleiter gruppierten Kleinstteilchen gemäss der Intensität des Stromes und ihrer Entfernung vom Stromleiter aufgeladen und stossen sich gegenseitig soweit ab, wie es ihrer Wirbelintensität entspricht. Nach unserer Hypothese hätten wir nun ein Potential des magnetischen Feldes, gewissermassen einen magnetischen Plusdruck erzeugt, der am Stromleiter am grössten ist und nach aussen schliesslich bis auf Null herabsinkt. Die der Horizontalintensität der Erde unterliegenden Kleinstteilchen würden also von aussen einen konzentrischen Druck auf das Wirbelfeld des Stromleiters ausüben, das seinerseits einen gleich grossen Druck entgegstellt.

Beide Wirbelfelder würden also zueinander in einem statischen Gleichgewichtszustand stehen. (Aus dieser gegenseitigen Abhängigkeit ergibt sich auch ohne weiteres die Messung eines unbekanntes Feldes mit Hilfe eines bekannten Feldes.) Während des Abstossens wandern also die Kleinstteilchen nach Abb. 11 rechtwinklig nach aussen und geben ihre Aufladung – da ja diese einen magnetischen Plusdruck darstellt – in Richtung der beaufschlagten Wirbelseite an den benachbarten Induktionsleiter ab, und zwar ist die Richtung, wie in unserem Kanalbeispiel, dem Hauptstrom entgegengesetzt.

Extrastrom

Da auch die in den Zwischenräumen der Stromleitermoleküle lagernden Kleinstteilchen bei der Schliessung des Stromes von der Peripherie des Leiters rechtwinklig nach innen der Mittelachse zu wandern, so geben sie ihre Ladung an den Stromleiter selbst ab, und zwar ist ihre Richtung der Richtung des Stromes im Leiter entgegengesetzt (Extrastrom). Wird der Stromkreis geöffnet, dann wandern die Kleinstteilchen entsprechend der Intensität des Erdfeldes wieder in ihre Ausgangsstellung zurück und beaufschlagen diesmal mit der inneren Wirbelseite den Induktionsleiter, so dass der induzierte Schliessstrom die gleiche Richtung hat wie der Hauptstrom. Bei Wechselstrom ändern sich die Wirbelrichtungen jeweils entsprechend dem Wechsel der Hauptströmung.

Die Wirkungsweise der Induktion des unterbrochenen Gleichstroms

Aus dieser Wirbelkinematik ist auch ohne weiteres zu ersehen, dass man mittels eines sog. zerhackten Gleichstromes ebenfalls einen induzierten Wechselstrom erhält, dessen Richtungen ebenso genau bestimmt werden können. Prinzipiell ist es für die Induktion gleichgültig, ob man die Kleinstteilchen hin- und herbewegt, oder ob man sie mit ihren Wirbeln als statisches Feld stehen lässt und den Induktionsleiter gegen die Wirbelseiten beaufschlagt. Auch ist es gleichgültig, ob man die Induktionsspule stehen lässt und den Stromleiter einschl. seiner statischen Wirbelfelder hin- und herbewegt.

Die Wellenbewegung der Kleinstteilchen

Aus der bisherigen Darstellung über die Wirkungsweise der Kleinstteilchen während des Schliessens, Öffnens oder Wechselns des Stromes geht die wellenförmige Bewegung der Kleinstteilchen eindeutig hervor. Im Augenblick des Schliessens werden nach Massgabe der Geschwindigkeit des Fortschreitens des Stromes die Kleinstteilchen des Erdfeldes durch Zunahme der Wirbelintensität und der dadurch bedingten gegenseitigen Abstossung wellenförmig nach aussen getrieben, während sie beim Öffnen des Stromes durch den statischen Druck des Erdfeldes wiederum wellenförmig nach ihrem Ausgangspunkt zurückgedrängt werden. Je rascher die Unterbrechungen oder die Richtungsänderung (Wechsel) des Stromes sind, desto kürzer sind die Wellenbewegungen der Kleinstteilchen.

Die tiefere Begründung des Coulomb'schen Gesetzes

Diese Wirbelkinematik widerspricht keineswegs den bisherigen mathematischen Grundlagen des magnetischen Feldes. Im Gegenteil, das Coulomb'sche Gesetz erfährt durch sie erst seine tiefere Begründung und sinngemässe Auslegung. Bei diesem Gesetz kann es sich nicht um sog. freie Pole handeln, denn solche gibt es ja bekanntlich nicht, wohl aber betrifft es die zweipoligen Kleinstteilchen, welche sich durch ihren aufsteigenden Wirbel gegenseitig abstossen. Da alle Wirbel gleichen Drehsinn haben, so liegen alle Nordpole auf der einen und alle Südpole auf der anderen Seite. Bezeichnen wir die mechanische Kraft, mit welcher sich

zwei Kleinstteilchen gegenseitig abstossen mit P und die Stärke oder Wirbelintensität der Abstossung des einen Teilchens mit M_1 und die des anderen Teilchens mit M_2 , die Entfernung beider Teilchen mit l und nehmen wir für die Beschaffenheit des zwischen den Teilchen befindlichen Raumes eine Konstante an, so ist die mechanische Kraft, mit welcher die beiden Kleinstteilchen infolge ihrer gegenläufigen Wirbelströmung auseinanderstreben, in absolutem Mass $P=(M_1 \cdot M_2)/l^2$ Dyn.

In sehr anschaulicher Weise kann man auch das Coulomb'sche Gesetz darstellen, indem man Wasser- oder Luftwirbel erzeugt. Lässt man nämlich in einem Abstand l zwei an einer biegsamen Welle befestigten Kugeln innerhalb einer Flüssigkeit oder der Luft in gleicher Richtung rotieren, dann werden die Kugeln entsprechend der Drehzahl, d. h. der erzeugten Wirbelintensität, durch den zwischen beiden Kugeln entstehenden Stauwirkung mit der Kraft P abgestossen.

Das Ohm'sche Gesetz

Das Ohm'sche Gesetz findet durch die Wirbelkinematik ebenfalls eine restlos befriedigende Erklärung, und zwar entspricht

- a) die Spannung des Stromes der Wirbelintensität bzw. dem Abstand der Kleinstteilchen einer Leitungssubstanz,
- b) die Stromstärke der Wirbeldichte und
- c) der Widerstand dem zwischen den Teilchen auftretenden Wirbelstauwirkung.

Somit ist die Wirbeldichte proportional der Wirbelintensität, d. h. dem Abstand der Kleinstteilchen und die Wirbeldichte umgekehrt proportional dem Wirbelstauwirkung.

Wirbeldichte = Wirbelintensität / Wirbelstauwirkung

Wirbelintensität = Wirbeldichte • Wirbelstauwirkung

Wirbelstauwirkung = Wirbelintensität / Wirbeldichte

Auch die bisherige Vorstellung der Kraftröhren bzw. der Kraftlinien wird durch die Wirbelkinematik klar und eindeutig begründet.

Die Ursache der Querschnittsvergrößerung und Längenverkürzung der Kraftlinien

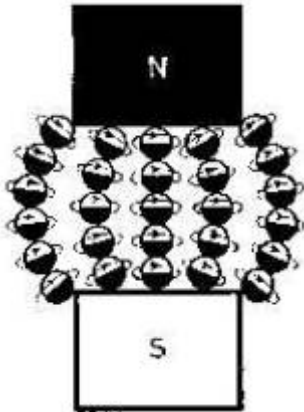


Abb. 12 Die hintereinander liegenden Kleinstteilchen bilden nach den bisherigen Ausführungen gewissermassen eine Kette; stets schliesst sich der Nordpol des einen an den Südpol des anderen Kleinstteilchens an. Infolgedessen entsteht nach Abb. 12 in der Längsrichtung eine Zugkraft. Eine derartige Kleinstteilchenkette wäre also nichts anderes als eine Kraftlinie. Befinden sich, wie in unserem Beispiel, mehrere solcher Kraftlinien, oder besser gesagt, Kraftketten nebeneinander, so entsteht durch die gegenseitige Abstossung der Kleinstteilchenwirbel in der Querrichtung der Krafttröhre eine Druckkraft. Alle den Kraftlinien bisher beigelegten Eigenschaften wie Querschnittsvergrößerung und Längenverkürzung finden also durch diese Anschauung eine klare Begründung. Nur verhält sich die sog. Kraftliniendichte bei der Wirbelkinematik in Bezug auf die Anzahl der Kraftlinien in umgekehrtem Verhältnis zur bisherigen Vorstellung. Bei der Wirbelkinematik wird die höchst erreichbare Kraftliniendichte logischerweise nur eine Kleinstteilchenkette auf dem Quadratcentimeter haben, und die Feldstärke 1 wird auf dem Quadratcentimeter die grösste Kettenanzahl vereinigen. Aus dieser Betrachtungsweise geht das ohne weiteres hervor; denn der gegenseitige Abstand der Kleinstteilchen ist bei der höchst auftretenden Wirbelintensität am grössten und bei der geringsten Intensität am kleinsten. Infolgedessen ist also die Intensität der Kraftlinien am grössten, wenn die geringste Zahl der Kleinstteilchenkette auf den Quadratcentimeter kommt und am geringsten, wenn sich die grösste Zahl auf dem Quadratcentimeter befindet.

Anhand dieser Wirbelhypothese soll nunmehr in den folgenden Ausführungen das Induktionsgesetz in Verbindung mit permanenten und temporären (Elektro-) Magneten näher erläutert werden. Es wird sich zeigen, dass man mit Hilfe dieser plastisch dargestellten Wirbelkinematik in Theorie und Praxis sehr gut und erfolgreich arbeiten kann, zumal sie äusserst komplizierte Vorgänge in sehr anschaulicher und einfacher Weise erklärt.

Betrachtet man in folgerichtiger Fortsetzung der Wirbelhypothesen die tiefere Gesetzmässigkeit der magnetischen Felder sowie der Induktion permanenter und temporärer Magnete, so gelangt man zu überraschenden und eindeutigen Erklärungen zahlreicher Erscheinungsformen des Magnetismus und der Elektrizität.

Gehen wir zunächst einmal davon aus, dass ein Wirbelfeld nichts anderes ist als eine um eine Polachse konzentrisch angeordnete Parallelströmung, dann ist es naheliegend, dass das als parallele Strömung erkannte Feld eines Stromleiters bei einer walzenförmigen Spulenwicklung (Solenoid) eine Art kreisende Wirbelströmung bildet, deren Stirnseite je nach der Strömungsrichtung Nord- bzw. Südpole sein müssen.

Der Elektromagnet

Bringt man in die Achsenmitte eines solchen Strömungswirbels einen Weicheisenstab, dann haben wir einen Elektromagneten vor uns, dessen Pole genau den Polen des Strömungswirbels entsprechen. Dieser Elektromagnet behält nun solange seine magnetischen Eigenschaften, als er einem Strömungswirbel ausgesetzt ist.

Schaltet man nun den Wirbel aus, indem man den Strom der Spulenwicklung unterbricht oder indem man den Wirbel durch Aufstecken einer zweiten, entgegengesetzt gewickelten Spule infolge Erzeugung eines Gegenwirbels unwirksam macht, oder indem man von vornherein nur eine Spule mit bifilarer, also mit gegenläufiger Wicklung vorsieht, dann verschwinden die magnetischen Eigenschaften sowohl der Spulenwicklung als auch des Weicheisenstabes. Ist die Strömungsintensität der beiden gegenläufigen Wirbelfelder verschieden stark, dann ist es verständlich, dass der Eisenstab nach Massgabe der Intensitätsdifferenz magnetisiert wird.

Der permanente Magnet

Der Unterschied zwischen einem Elektromagneten (temporären Magneten) und einem permanenten Magneten scheint also nur darin zu bestehen, dass ein Elektromagnet ein künstlich erzeugtes Wirbelfeld und ein permanenter Magnet ein natürliches Wirbelfeld besitzt, dessen Wirbelströmungsintensität so stark sein muss, wie bei einem Elektromagneten gleicher Leistung. Hier drängt sich nun sogleich die entscheidende Frage nach der Herkunft dieses natürlichen Wirbelfeldes des permanenten Magneten auf. Bei Betrachtung der Wirbelfelder wird man ganz zwangsläufig auf diese Frage verwiesen, und es ist nicht schwer, in konsequenter Fortsetzung des nun einmal beschrittenen Weges auch die richtige Antwort auf diese bedeutsame Frage zu finden. Ob diese Antwort der reinen Wahrheit entspricht, wird sich aus dem Zusammenhang aller Betrachtungen ergeben müssen; denn letzten Endes kann man nach menschlichem Ermessen dasjenige für wahr halten, was durch folgerichtiges Denken und durch allseitige Beobachtungen gestützt wird. Das natürliche Wirbelfeld des permanenten Magneten ist wiederum die Auswirkung der inhomogenen Strömung eines noch grösseren Wirbelfeldes, auf das wir im Laufe unserer Untersuchungen noch zu sprechen kommen werden.

Zunächst wollen wir einmal untersuchen, ob sich aufgrund unserer bisherigen Betrachtungen auch beim permanenten Magneten ein Wirbelfeld vorfindet und ob sich dasselbe auch in Bezug auf die Polanordnung in die bisherige Betrachtungsweise einordnen lässt. Die Abb. 13 zeigt einen Stabmagnet mit einer Anzahl auf der Achsenebene angeordneter Magnetnadeln, welche auch ebenso gut durch Eisenspäne ersetzt werden könnten. Ein Blick auf diese Abbildung lässt sofort erkennen, dass dem Südpol des Stabmagneten die Nordpole der Magnetnadeln und dem Nordpol des Stabmagneten die Südpole der Magnetnadeln zugeordnet sind. Wir haben nun in unseren früheren Betrachtungen festgestellt, dass eine Magnetnadel bzw. eine ferromagnetische Substanz sich mit ihrer Wirbelachse stets in einen rechten Winkel zur Strömungsrichtung stellt, und dass hierbei der Südpol der Nadel sich immer auf der linken Seite befindet, wenn der Stromleiter oberhalb der Nadel vom Beschauer hinweggeführt (Abb. 8 und 9).

Wenden wir diesen Tatbestand nunmehr in unserem Beispiel nach Abb. 13 sinngemäss an, dann machen wir in überraschender Weise die Entdeckung, dass wir tatsächlich um die Achse des Stabmagneten eine Wirbelströmung haben, und zwar an den Polen in absteigender und in der neutralen Zone in aufsteigender Tendenz. Die absteigende und die aufsteigende Richtung der Wirbelströmung ist an den Stellungen der Magnetnadel erkennbar.

Das inhomogene Wirbelfeld des permanenten Magneten

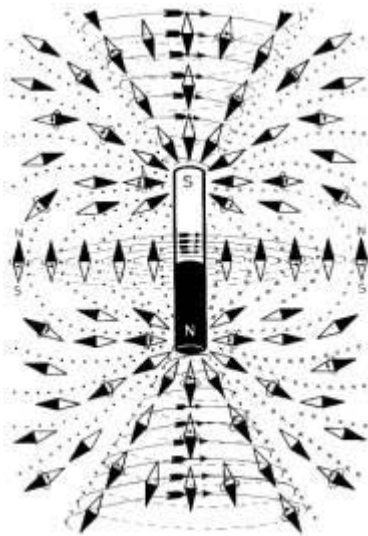


Abb. 13 In unserem Beispiel haben wir zwar an den Polen keinen spulenförmig angeordneten Stromleiter, aber sinngemäss findet an den Polen die dichtere Strömung des inhomogenen Wirbels von aussen nach innen und an der neutralen Zone und zu beiden Seiten derselben die dichtere Strömung des inhomogenen Wirbels von innen nach aussen statt. Die Punkte auf der linken Seite der Abb. 13 zeigen die Pfeilspitzen in Richtung auf den Beschauer zukommend und die Kreuze auf der rechten Seite, die Gefieder des Pfeiles vom Beschauer hinwegführend. Wir haben also beim permanenten Magneten eine Wirbelströmung vor uns, welche von aussen gegen die Pole absteigend und von der neutralen Zone gegen die Pole aufsteigend ist. Betrachten wir die aus der Stellung der Magnetnadeln sich ergebende Richtung der Wirbelströmung, dann finden wir die Nord- und Südpole genau auf derselben Seite wie beim künstlich erzeugten Wirbelfeld des Elektromagneten oder des Solenoides. Aufgrund der von den Polen zuströmenden Wirbel und der von der neutralen Zone gegen die Pole aufströmenden Wirbel widerspricht es nun keineswegs dem gesunden Menschenverstand, wenn man annimmt, dass es sich beim permanenten Magneten an den Polen um ein Ein- und an der neutralen Zone und deren Umgebung um ein Ausströmen handelt. Dasjenige aber, das hier ein- und ausströmt, wollen wir – unseren späteren Betrachtungen vorwegnehmend – kurz als aktuelle Sonnenelektrizität bezeichnen.

Der experimentelle Nachweis der Wirbelsteigerung beim Stabmagnet

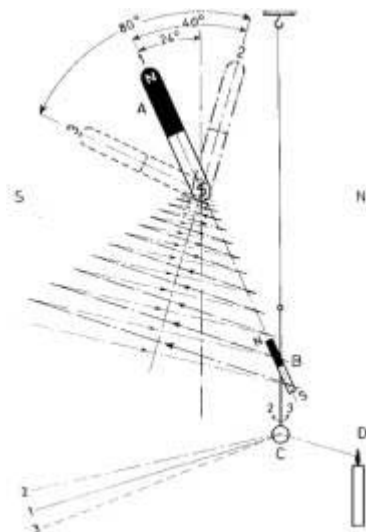


Abb. 14 Streng genommen müssen nun die den Polen zugewandten Wirbelströmungen eine gewisse Steigerung haben, und infolgedessen auch die innerhalb dieser Strömung befindlichen Magnetnadeln eine bestimmte Polabweichung besitzen, weil sie wie wir beim parallelen Strömungsfeld des Stromleiters gesehen haben – sich stets in den rechten Winkel zur Strömung stellen. Die Abb. 14 veranschaulicht schematisch, wie sich in sehr einfacher Weise die tatsächlich vorhandene Steigerung der Polwirbel experimentell nachweisen lässt. Sie zeigt einen um seinen Südpol schwenkbar angeordneten Stabmagnet A in Inclinationsstellung 1 sowie einen auf dessen verlängerter Inclinationsachse drehbar aufgehängten Weicheisenstab B mit Spiegel C und ferner – zur Projektion des Spiegelausschlages – eine Lichtquelle D. Vor dem Beginn des Versuches wird der Eisenstab ohne Einfluss des Stabmagneten in die Inclinationsstellung gebracht, um den Drall des Seidenfadens nachher möglichst auszuschliessen. Da es sich nur um geringe Ausschläge, d. h. nur um geringe Steigungen der Wirbel handelt, empfiehlt es sich, den Lichtzeiger mindestens drei bis fünf Meter lang zu wählen. Schwenkt man nunmehr den Stabmagnet A aus seiner Stellung 1 nach Stellung 2, dann gelangt ein bestimmter Wirbeldurchmesser des Südpoles in den Bereich des Eisenstabes B, wobei sich letzterer in den rechten Winkel zur Wirbelsteigung, bzw. Wirbelströmung stellt und somit den Lichtzeiger aus seiner Mittellage nach Stellung 2 zum Ausschlag bringt. Wird nach Feststellung des Zeigerausschlages der Stabmagnet von seiner Stellung 2 zurück über 1 nach Stellung 3 geschwenkt, dann gelangt diesmal der gegenüberliegende Wirbeldurchmesser in den Bereich des Eisenstabes und richtet diesen wiederum rechtwinklig aus. Da nun beide gegenüberliegende Wirbelsteigungen an ihrem Berührungsdurchmesser um den doppelten Winkelbetrag gegeneinander versetzt sind, so haben wir auch den doppelten Ausschlag des Lichtzeigers zu verzeichnen. Gemäss der Wirbelsteigung lässt sich auch an der Bewegungsrichtung des Zeigerausschlages die Strömungsrichtung des Wirbels erkennen. Da in der Nähe des Poles kaum eine Steigung zu erkennen ist, so ist es ratsam, den Eisenstab in einiger Entfernung vom Stabmagneten aufzuhängen.

Die Ursache der Eisenspangruppierung im magnetische Feld

Genau wie bei unseren früheren Betrachtungen werden auch die einzelnen Magnetnadeln wiederum von Eigenwirbeln umströmt. Da alle Wirbel der Magnetnadeln gleichen Strömungssinn haben, so findet zwischen den Nadeln eine Stauung der gegenläufigen Strömung statt. Es entsteht somit ein Staueffekt, welcher die Nadeln zur gegenseitigen Abstossung zwingt.

Verwenden wir anstelle der Magnetnadeln Eisenspäne, so entstehen aufgrund dieser gegenseitigen Abstossung die charakteristischen Linien der Eisenspanbilder (vgl. Abb. 1-4). Im Verhältnis zu der Strömungsintensität des Hauptwirbels, also des Stabmagneten, sind auch die Strömungsintensitäten der kleineren Wirbel. Grosse Intensitäten bedingen grosse Abstände der Eisenspanlinien und grosse Reichweiten der Spangruppierung, kleine Intensitäten haben geringe Abstände und kleine Reichweiten im Gefolge.

Aus den bisherigen Feststellungen geht hervor, dass innerhalb eines inhomogenen Strömungsfeldes beim Eintritt eines Widerstandes ein Wirbel entsteht, dessen Strömungsrichtung immer im Sinne der dichteren und intensiveren Seite des Strömungsfeldes verläuft. Taucht man in einen solchen Wirbel einen noch kleineren Widerstand, dann ist es logisch, dass innerhalb der Wirbelströmung eine entsprechend kleinere Wirbelströmung entstehen muss, deren Strömungssinn diesesmal von der Wirbelströmung abhängig ist, und zwar wiederum von der dichteren, intensiveren Seite des Wirbelfeldes. Man könnte in dieser Weise fortfahren bis zum Kleinstwirbel eines Kleinstteilchens und umgekehrt bis zum Grösstwirbel eines Spiralnebels .

Nun wollen wir dazu übergehen, uns auch über die Wirkungsweise der Induktion eines Stabmagneten Klarheit zu verschaffen.

Das Induktionsgesetz des permanenten Magneten

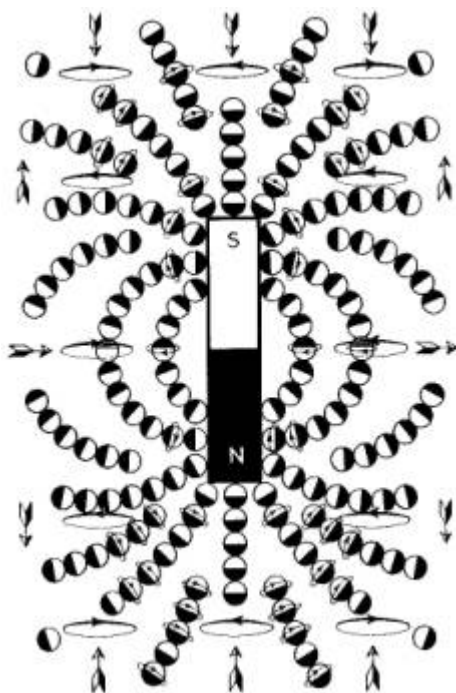


Abb. 15

Nehmen wir an, wir haben in der Abb. 15 einen Stabmagnet vor uns, der von unsichtbaren, materiellen Kleinstteilchen umgeben ist, wie wir dieselben anhand der Abb. 10 und 11 bereits schon besprochen haben. Diese Kleinstteilchen sind auf dieser Abbildung als Kugeln in der Achsenebene des Stabmagneten in sehr starker Vergrößerung dargestellt, deren Südpole weisse Felder und deren Nordpole schwarze Felder zwecks besserer Übersichtlichkeit der polaren Gruppierung zeigen. Aus dem Obengesagten geht hervor, dass diese Kleinstteilchen innerhalb des grossen Wirbels des Stabmagneten ihre entsprechenden Kleinstwirbel haben und sich infolgedessen alle nach Massgabe ihrer Strömungsintensität gegenseitig abstossen und genauso wie die sichtbare Eisenspangruppierung unsichtbar nach der Intensitätsverteilung der ab- und aufsteigenden Strömungswirbel des Stabmagneten geordnet sind. Die Strömungsrichtungen der

Kleinstwirbel sind durch kleine Pfeilellipsen gekennzeichnet. In dieses Feld der Kleinstwirbel sind nun eine Anzahl grösserer Schleifen eingezeichnet, welche jeweils schematisch eine Induktionsspule, d. h. eine Spule mit mehreren Drahtwindungen darstellen soll. Die dem Beschauer zugewandte Seite der Schleifen trägt einen Pfeil, welcher die Richtung des induzierten Stromes anzeigt, wenn die Schleife bzw. die Induktionsspule in Richtung der gefiederten Pfeile bewegt wird.

Aus der Darstellung der Kleinstteilchen ist ersichtlich, dass deren Polachsen zur Polachse des Stabmagneten in jeder Lage eine andere Winkelstellung einnehmen. Infolgedessen ist es schwierig, den Wirkungsgrad der Induktion auf eine hohe Ziffer zu bringen. Genauso, wie wir beim Stabmagneten von der neutralen Zone nach beiden Seiten gegen die Pole hin einen aufsteigenden, oder besser gesagt, einen ausströmenden Wirbel haben, besitzen wir auch bei den Kleinstteilchen, etwa in der neutralen Zone, einen ausströmenden Wirbel. Es ist einleuchtend, dass man bei einem Kleinstteilchen nicht an den absteigenden, gewissermassen einströmenden Wirbelseiten, also an den Polseiten, eine Kraftströmung entnehmen kann, weil hier die Teilchen hart aneinander liegen, sondern nur an den aufsteigenden Wirbeln der neutralen Zone. Dieser aufsteigende, ausströmende Wirbel ist es, dessen Potential bei einer Bewegung des Wirbelfeldes oder der Induktionsspule in Richtung der beaufschlagten Wirbelströmung abgeleitet wird.

Betrachten wir aufgrund dieser Überlegung die Abb. 15, dann erkennen wir sofort die für die Induktion wirksamste Bewegung der Spule. Wir sehen, dass in axialer Bewegungsrichtung und gleichzeitig konzentrischen Spulenhaltung die meisten Wirbelpotentiale abgeleitet werden können. Es ist nun äusserst interessant, anhand dieser Abbildung festzustellen, nach welcher Richtung der induzierte bzw. abgeleitete Strom in der Spule fliesst, wenn die Bewegung derselben in der Richtung der eingezeichneten gefiederten Pfeile erfolgt. Bewegen wir die Spule zunächst in axialer Richtung konzentrisch zur Stabmagnetenachse gegen den Nordpol des Stabmagneten, so ist anfänglich, infolge des nur teilweisen Auftreffens der Windungen auf die aufsteigenden Wirbel der Kleinstteilchen und der mit der Entfernung vom Stabmagneten verbundenen Abnahme der Strömungsintensität, nur eine schwache Ableitung bzw. Induktion in der Spule festzustellen.

Trifft man in fortgesetzter Bewegung und Polannäherung mehr und mehr auf die aufströmenden Wirbelseiten der um den Nordpol des Stabmagneten gelagerten Kleinstteilchen, dann ist eine erhebliche Stromzunahme bemerkbar. Die Richtung des induzierten Stromes ist in dieser Bewegungsrichtung auf der Nordpolseite des Stabmagneten entsprechend der beaufschlagten Wirbelseiten der Kleinstteilchen dem Drehsinn des Uhrzeigers entgegengesetzt. Bewegen wir die Spule in der gleichen Richtung weiter, dann treffen wir, je mehr wir uns der neutralen Zone nähern, immer mehr auf die absteigende Polströmung bzw. auf die Südpolseiten der Kleinstteilchen. Wie wir schon festgestellt haben, befindet sich auf den Polseiten der Kleinstteilchen kein nach aussen führendes Potential; infolgedessen kann auch hier keine Strom abgeleitet bzw. induziert werden. Führen wir die Spule über diese Zone hinaus gegen den Südpol des Stabmagneten, dann treffen wir wieder mehr und mehr auf die ausströmenden Wirbelseiten der Kleinstteilchen. Da wir aber diesmal die Rückseite der Kleinstwirbel beaufschlagen, so ändert sich infolgedessen die Stromrichtung in unserer Induktionsspule. Wir haben also hier, auf der Südpolseite des Stabmagneten, eine Stromrichtung, welche dem Drehsinn des Uhrzeigers entspricht.

Das An- und Abschwellen des Stromes auf der Südpolseite geschieht bei Fortsetzung der Spulenbewegung gleichermassen wie auf der Nordpolseite. Bewegen wir die Spule nunmehr rückwärts zur Ausgangsstellung, dann beaufschlagen wir die Kleinstwirbel in jeder Polzone stets auf der entgegengesetzten Seite. Infolgedessen ist auch die Richtung des induzierten Stromes gegenüber der zuerst ausgeführten Bewegungsrichtung entgegengesetzt.

Führen wir nun die Spule ausserhalb der Achsenmitte des Stabmagneten, jedoch parallel zu diesem, dann ist es begreiflich, dass wir im Vergleich zur obigen konzentrischen Bewegung nur einen Bruchteil des Stromes induzieren. Ein Blick auf die Abb. 15 besagt, dass wir ausserhalb der Achse des Stabmagneten nur die Differenz der Strömungsintensität zwischen den in Polnähe befindlichen Kleinstteilchen und den weiter entfernt liegenden ableiten. Wäre keine Differenz der Wirbelintensitäten vorhanden, dann wäre eine Induktion unmöglich, weil wir ausserhalb des Stabmagneten gleiche Strömungssinn der Kleinstwirbel haben und diese sich – wie im Kanalbeispiel beschrieben – in der Spule gegenseitig aufheben würden. Die Richtung des induzierten Differenzstromes richtet sich natürlich nach der Strömungsrichtung derjenigen Kleinstwirbel, welche sich in Polnähe befinden und demgemäss auch die grössere Strömungsintensität besitzen. Bewegen wir die Spule innerhalb der neutralen Zone im rechten Winkel zur Achse des Stabmagneten gegen denselben, dann beaufschlagen wir wiederum die aufströmenden Wirbel der Kleinstteilchen und leiten deren Potential in der Spule ab. Auch hierbei induzieren wir die Differenz der näher und weiter entfernt liegenden Kleinstwirbel. Bei der Rückwärtsbewegung beaufschlagen wir die dem Stabmagneten zugekehrten Wirbelseiten und erhalten somit eine Umkehrung der Stromrichtung.

Die Ableitung des Potentials der Kleinstwirbel ist so aufzufassen, dass bei einer Bewegung entweder der Kleinstteilchen selbst oder der Drahtspule beim Beaufschlagen ein gewaltsamer Eingriff in den statisch ausgerichteten Gleichgewichtszustand der Kleinstwirbel stattfindet und demzufolge ein Potential oder Gefälle nach dem ursprünglichen Gleichgewichtszustand entsteht. Die Kleinstteilchen sind ja entsprechend ihrer gegenseitigen Wirbelabstossung innerhalb des Hauptwirbels des Stabmagneten gewissermassen fest verankerte Widerstände, die wiederum nur solchen Kräften weichen, welche grösser sind als diejenigen ihrer eigenen gegenseitigen Abstützung. Ohne Bewegung befinden sich also die Kleinstteilchen in einem statischen Gleichgewichtszustand. In dem Augenblick aber, wo mittels einer Spule oder dergleichen auch nur ein einziges Kleinstteilchen aus seinem statischen Zusammenhang herausgedrängt wird, entsteht ein Gefälle nach dessen ursprünglicher Lage. Der Wirbel des Kleinstteilchens strömt somit nach der anstossenden Seite des Spulendrahtes und gibt entsprechend dem entstandenen Gefälle seine Strömung in gleicher Richtung an den Spulendraht ab. Die Entstehung des Induktionsstromes ist also mit einer mechanischen Arbeitsleistung verbunden, welche nach dem Energieprinzip das energetische Äquivalent für die elektromagnetische Energie des Induktionsstromes ist.

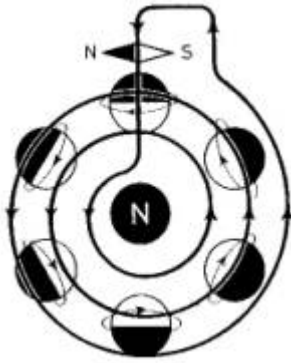


Abb. 16



Abb. 17

Bei den schematisch dargestellten Induktionsvorgängen der Abb. 15 muss noch ergänzend hinzugefügt werden, dass es nicht einerlei ist, ob die Induktionsspule rechts- oder linksgängig auf dem Stabmagneten entlanggeführt wird. Wenngleich auch die Richtung des Induktionsstromes hierdurch keinerlei Änderung erfährt, so könnte es doch zu Irrtümern Anlass geben, wenn man bei der Umkehrung der Spule nicht gleichzeitig auch auf den Polwechsel der Spulenanschlüsse achten würde. Wiederum aber beweist gerade dieses Beispiel, wie folgerichtig die Vorstellungen der hier beschriebenen Induktionsvorgänge sind. Die Abb. 16 zeigt eine linksgängige Spule mit der Blickrichtung gegen den Nordpol des Stabmagneten der Abb. 15. Wird diese Spule, an welche ein Galvanometer angeschlossen ist, vom Beschauer hinweggeführt, dann geben die beaufschlagten Strömungsseiten der Kleinstwirbel ihre Strömung in gleicher Richtung an die Spule ab, und zwar dem Drehsinn des Uhrzeigers entgegengesetzt. Die Abb. 17 hingegen zeigt die Spule um 180° geschwenkt, so dass ihre Wicklung als rechtsaufsteigend erscheint. Bei gleicher Bewegung der Spule und gleicher Richtung des induzierten Stromes schlägt jedoch das Galvanometer um, weil mit der Spulenschwenkung nicht gleichzeitig auch eine Umpolung der Spulenanschlüsse vorgenommen wurde.

Beweis für das Vorhandensein der Wirbelstaueffekte

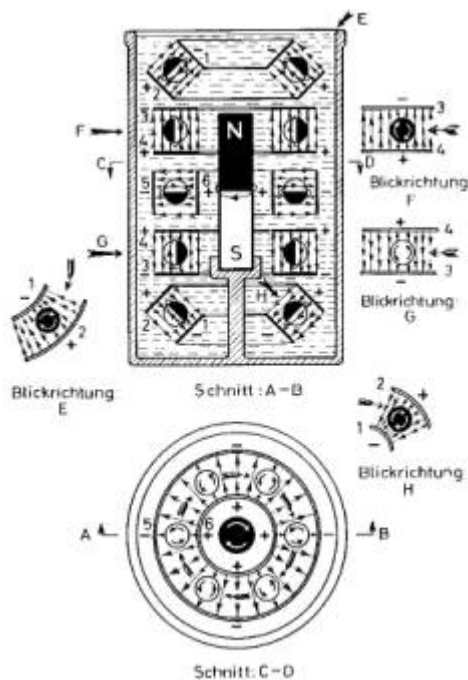


Abb. 18

Ein weiterer Beweis für das Vorhandensein der Wirbelstaueffekte veranschaulicht ganz eindeutig das folgende Experiment. Wie bei den meisten angeführten Experimenten sagte auch hier der Verfasser den Verlauf der einzelnen

Drehrichtungen der Flüssigkeit in den einzelnen Strömungsabschnitten des Stabmagneten voraus. Die Abb. 18 zeigt im Schnitt A-B ein Glasgefäß mit eingetauchtem Stabmagneten. Ober- und unterhalb der Magnetpole sind je zwei kegelförmige Metallringe 1 und 2 angeordnet. Um die Magnetpole sind je zwei Metallscheiben 3 und 4 befestigt, während um die sog. neutrale Zone des Magneten zwei Metallzylinder 5 und 6 eingebaut sind. Dazwischen befinden sich einige polare Gruppierungen sehr stark vergrößerter Kleinstteilchen sowie eine leitfähige Flüssigkeit, welche das Glasgefäß fast bis zum Rande ausfüllt. Unterhalb des Glasgefäßes ist der Schnitt C-D mit den Metallzylindern 5 und 6 gezeichnet. Die Teilansicht links vom Schnitt A-B zeigt in Blickrichtung E die oberen kegelförmigen Metallringe 1 und 2.

Die beiden Teilansichten, rechts vom Schnitt A-B, zeigen die um die Pole gelagerten Metallscheiben 3 und 4 in Blickrichtung F und G, während die Teilansicht rechts unten die unteren kegelförmigen Metallringe 1 und 2 in Blickrichtung H veranschaulicht. Legt man nun an die Metallkegelringe und Zylinder je eine Plus- und Minusspannung wie eingezeichnet an, und zwar jeweils von einer getrennten Batterie, also von insgesamt 5 Batterien, dann dreht sich die gesamte Flüssigkeit im Sinne der eingezeichneten gefiederten Pfeile. Vertauscht man nun aber die Plus- und Minuspole, beispielsweise der kegelförmigen Metallringe 1 und 2, dann dreht sich die Flüssigkeit innerhalb dieser Abschnitte in entgegengesetzter Richtung, obwohl die Ringe und Zylinder 3, 4 und 5, 6 nach wie vor die gleiche Drehrichtung, wie oben beschrieben, beibehalten. Ändert man nunmehr auch die Plus- und Minuspole der Metallzylinder 5 und 6, dann dreht sich die Flüssigkeit genau in der gleichen Richtung wie die umgepolten Abschnitte der oberen und unteren Metallringe 1 und 2, während die Abschnitte 3 und 4 ihre entgegengesetzte Richtung beibehalten. Betrachten wir nun die einzelnen Zeichnungen etwas näher, dann erkennen wir sofort die Ursachen der richtungsweisenden Impulse.

Zunächst stellen wir fest, dass ein Teil der Kleinstteilchen Metall-Ionen sind, welche mittels des Batteriestromes von den Plusmetallen zu den entsprechenden Minusmetallen wandern. Sobald sich aber die Metall-Ionen von ihren Plusringen und -scheiben gelöst haben, werden dieselben von der Spiralströmung des Stabmagneten (wie Abb. 15 zeigt) umwirbelt und nehmen entsprechend ihre polare Stellung während des Wanderns nach Abb. 18 ein. Dasselbe trifft auch für die Kleinstteilchen der Flüssigkeit zu. Die Richtung der Ionen-Spiralwirbel wird von der Richtung der absteigenden und der aufsteigenden Wirbelströmung des Stabmagneten bestimmt, während aber die Wanderrichtung der Ionen, bzw. der Kleinstteilchen von der Richtung des Batteriestromes abhängig ist. Wie man nun anhand der Zeichnungen sehr leicht feststellen kann, entstehen auf der einen Seite der Kleinstteilchen durch die entgegengesetzten Strömungsrichtungen sowohl der Wirbel als auch des Batteriestromes, Staueffekte, also Druckkräfte und auf der gleichgerichteten Strömungsseite Sogkräfte, welche die Ionen bzw. die Kleinstteilchen im Sinne der gefiederten Pfeile in Rotation um den Stabmagneten versetzen. Die Wirkungsweise der Druck- und Sogkräfte erkennt man sehr deutlich in allen Abbildungen durch die eingezeichneten Strömungspfeile des Batteriestromes und der eingezeichneten Wirbelpfeile der Ionen.

Die Wirkungsweise des Transformators

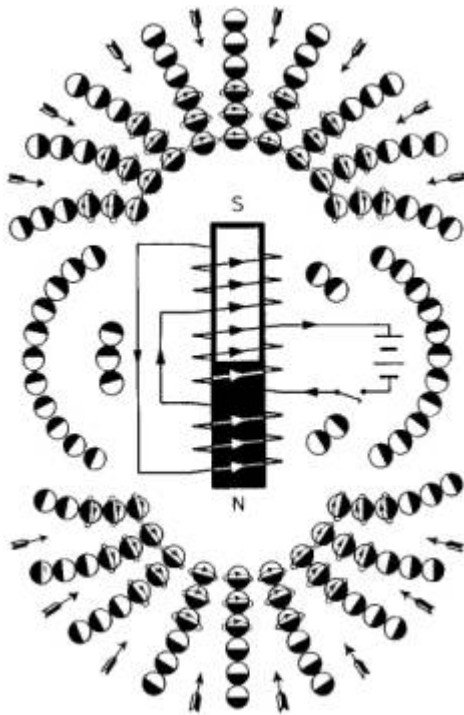


Abb. 19

Nachdem wir nun versucht haben, eine Reihe von Induktionserscheinungen in anschaulicher, einfacher Weise zu erklären, wollen wir uns einmal mit der Wirkungsweise eines Transformators beschäftigen. In der Abb. 19 ist das Prinzip dargestellt, und zwar der Einfachheit halber in Anlehnung an die Abb. 15. Nur handelt es sich hierbei nicht um einen permanenten Magneten, sondern um einen Elektromagneten. Auf diesem befinden sich in der Mitte eine Primärspule und an den Polen je eine Sekundärspule. Die Letzteren sind derart miteinander verbunden, dass der Induktionsstrom in beiden Spulen in gleicher Richtung fließt. Im Prinzip ist es gleichgültig, ob man durch die Primärspule einen unterbrochenen Gleichstrom oder einen Wechselstrom sendet; in beiden Fällen erhält man auf den Sekundärseiten einen Wechselstrom. Für die Beschreibung ziehen wir daher einen Gleichstrom vor, welchen wir mit Hilfe eines Tastschalters unterbrechen. Ununterbrochener Gleichstrom kann bekanntlich nicht transformiert werden, weil eben die Kleinstteilchen statisch ausgeglichen in Ruhe verharren. Dargestellt ist die Abbildung im Augenblick der Unterbrechung des Primärstromes.

Wir haben schon früher davon gesprochen, dass die Kleinstteilchen normalerweise der Intensität des Erdfeldes unterliegen und dementsprechend untereinander bestimmte gegenseitige Abstände haben. Diese natürlichen, gegebenen Abstände der Kleinstteilchen sind kleiner als diejenigen innerhalb des Feldes eines Stabmagneten oder eines stromdurchflossenen Leiters. Haben wir also, wie in Abb. 15 einen permanenten Stabmagneten vor uns, dann sind die gegenseitigen Abstände der Kleinstteilchen innerhalb des Magnetfeldes grösser, als diejenigen innerhalb des Erdfeldes. Die Abstände gleichen sich jedoch mit der Entfernung vom Magneten nach Massgabe dessen Intensitätsabnahme allmählich den Abständen des Erdfeldes an. Wir hätten also innerhalb eines Magnetfeldes gewissermassen einen Plusdruck, der in Polnähe am grössten ist und nach aussen schwächer wird.

Es liegt nun auf der Hand, dass in dem Augenblick, in welchem man die grössere Wirbelintensität der Kleinstteilchen innerhalb des Magnetfeldes auf die Normalwirbelintensität des Erdfeldes herabsetzt, was ja beim Elektromagneten durch die Unterbrechung des Stromes ohne weiteres möglich ist, der Plusdruck verschwindet und eine plötzliche Wanderung der Kleinstteilchen von aussen nach innen einsetzt, bis der Druckausgleich mit dem Erdfeld hergestellt ist, d. h. bis die Kleinstteilchen die vom Erdfeld bedingten Abstände wieder erreicht haben. (Auf der Tatsache einer Plusdruckerzeugung innerhalb des Erdfeldes beruht auch die Wirkungsweise eines Schwingkreises.)

Die grösste Wirbelintensität der Kleinstteilchen ist aber letzten Endes nichts anderes als diejenige Energiemenge, die zum Anlauf eines Stromes erforderlich ist und welche man bei der Stromunterbrechung wieder annähernd zurückgewinnt. Treffen die mit grosser Geschwindigkeit von aussen nach innen wandernden Kleinstteilchen auf einen Stromleiter, also in unserem Beispiel der Abb. 19 auf die Sekundärspulen, so geben sie ihre zusätzliche, bzw. überschüssige Energie in der gleichen Richtung ihrer beaufschlagten Wirbelseite an die Spulen ab. Nun werden aber von den zurückflutenden Kleinstteilchen nicht nur die Sekundärspulen, sondern auch die Primärspulen getroffen, was als Selbstinduktion bezeichnet wird. Es entsteht somit nicht nur in den Sekundärspulen ein Stromstoss, sondern auch in der Primärspule, und zwar ist die Stromrichtung beim Zurückfluten der Kleinstteilchen, wie das aus Abb. 19 hervorgeht, in sämtlichen Spulen die gleiche wie die Stromrichtung der Primärspule. Der beim Unterbrechen des Primärstromes entstehende grosse Abreissfunke ist die Folge der Beaufschlagung der zurückflutenden Kleinstteilchen auf die Windungen der Primärspule.

Schliessen wir den Stromkreis nach der Abb. 19, dann entsteht, gemäss unseren früheren Ausführungen, um den Weicheisenstab ein Strömungswirbel in gleicher Richtung wie die Richtung des Primärstromes. Sämtliche um den Eisenstab gelagerten Kleinstteilchen werden von diesem Wirbel erfasst, aufgeladen und entsprechend der Intensität gegenseitig auf grössere Abstände abgestossen. Die Teilchen wandern also bei der Schliessung des Stromes von innen nach aussen und geben hierbei ihr Potential in Richtung ihrer beaufschlagten Wirbelseite an die auftreffenden Windungen der Spulen ab. Die Richtung des induzierten Stromes ist jedoch bei der Schliessung des Primärstromes dessen Richtung entgegengesetzt, weil diesmal die gegenüberliegenden Wirbelseiten der Kleinstteilchen beaufschlagt werden. Auch die Primärspule wird von den nach aussen wandernden Teilchen getroffen und in entgegengesetzter Richtung induziert. Somit entsteht bei der Schliessung auch in der Primärspule ein Stromstoss, welcher als Extrastrom bekannt und dem Primärstrom entgegengesetzt gerichtet ist.

Es wird verständlich, dass dieser sog. Extrastrom schädlich sein muss, da er entsprechend seiner eigenen Stärke den Primärstrom schwächt. Bei Gleichstrom kommt dieser Nachteil nur in der Verzögerung des Stromes bei der Schliessung und beim Polwechsel der Gleichstrommotoren in Betracht, während bei Wechselstrom jede Periode diese Schwächung in der Primärwicklung zeigt und dadurch den Wirkungsgrad erheblich mindert. Man bezeichnet diese Schwächung als Rückwirkung oder Reaktanz. Da die Bewegungen der Kleinstteilchen sowohl nach aussen als auch nach innen gewissermassen strahlenförmig vor sich gehen, so begreift man, warum die induzierte Strommenge nicht von der Länge, bzw. von dem Umfang einer Windung, sondern ausschliesslich nur von der Anzahl der Windungen abhängig ist.

Der Skineffekt

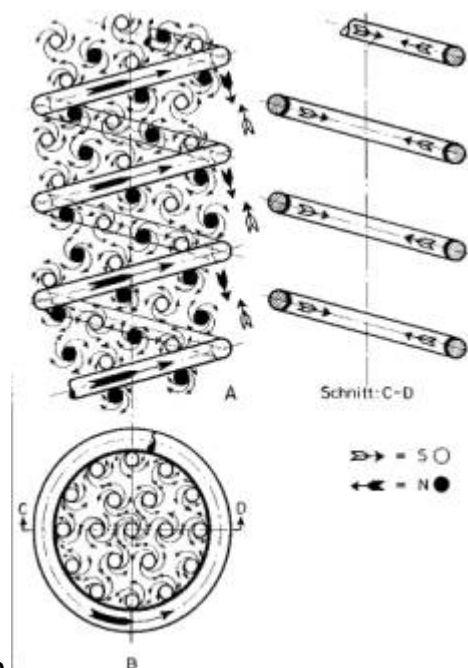


Abb. 20

Sehr anschaulich wird die Wirkungsweise der Induktion beim sog. Skineffekt einer Hochfrequenzspule nach Abb. 20. Bekanntlich fließt der hochfrequente Strom einer Spule in der Hauptsache auf deren Innenseite. In der Abb. 20 ist die Spule in der Ansicht A, in der Draufsicht B und in dem Schnitt C-D dargestellt. Die dick ausgezogenen Linien der Draufsicht B und des Schnittes C-D kennzeichnen die Stelle des Stromflusses auf der Innenseite der Spule. Untersucht man nun anhand der Wirbeltheorie die Eigentümlichkeit des Stromflusses auf der Innenseite der Spule B, dann findet man, dass beim Stromwechsel hier keine Rückwirkung auftritt, weil die Wirbelrichtung der radial sich bewegenden Kleinstteilchen beim Auftreffen auf den gegenüberliegenden Teil der Windung die gleich Richtung wie der in diesem Teil der Windung fließende Strom hat. Betrachtet man aber den Induktionsvorgang nach der schematischen Darstellung der Spulenanlage A, dann erkennt man sofort, dass die in Spulenlängsrichtung sich bewegenden Kleinstwirbel beim Auftreffen auf die nächste Windung eine entgegengesetzte Strömungsrichtung aufweisen, und somit den Hauptstrom an der Oberfläche, proportional der Induktion, bremsend beeinflussen. Auf der Aussenseite der Spule hingegen ist nur beim Absinken des Feldes auf Null eine Induktionswirkung von den zurückflutenden Kleinstwirbeln vorhanden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass dem Skineffekt auf der Innenseite einer Hochfrequenzspule eine Addition und zwischen den Windungen eine Subtraktion der Induktion zugrunde liegt.

Es gibt in der Elektrotechnik keinen physikalischen Vorgang, der nicht mit Hilfe dieser Wirbelkinematik in anschaulicher Weise restlos aufgeklärt werden könnte. Es würde zu weit führen, wollte man alle Erscheinungsformen des Magnetismus und der Elektrizität anhand von Beispielen besprechen. Es sollen daher nur noch kurz drei Induktionsprinzipien besprochen werden, und zwar die Wirkungsweise des Generators bzw. der stromerzeugenden Maschine, die Bewegungsursache eines Stromleiters innerhalb eines magnetischen Feldes und die Wirkungsweise der drahtlosen Sendung und des drahtlosen Empfanges. Gerade diese Beispiele deuten auf das Vorhandensein der statisch ausgeglichenen Kleinstteilchen-Wirbelfelder innerhalb des Grosswirbelfeldes der Erde hin.

Der Induktionsvorgang bei der stromerzeugenden Maschine

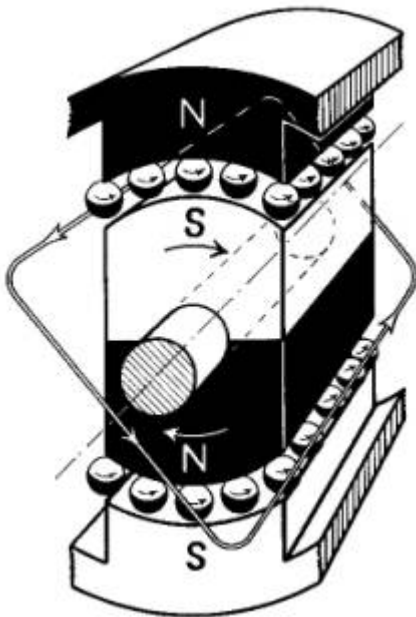


Abb. 21

Die Abb. 21 veranschaulicht schematisch den Induktionsvorgang einer Wechselstrom erzeugenden Maschine. Der Übersichtlichkeit wegen ist um den Rotor nur eine Wicklung gezeichnet. Stehen sich die Polpaare gegenüber, so sind sämtliche Wirbelachsen der Kleinsteilchen parallel zur Polachse, infolgedessen beaufschlagt die Drahtwicklung während ihres Durchganges zwischen den Polen fast ausnahmslos alle Wirbelseiten der dazwischen befindlichen Kleinsteilchen. Beim Generator sind nicht nur die Wicklungen bewegt, sondern auch die Kleinsteilchen fluten mit der Annäherung der Rotorpole an die Statorpole hin und her und vergrössern somit ihre Aufprallgeschwindigkeit, weil ihre Hin- und Herbewegung immer der Bewegung der Wicklung entgegengerät. Da die Richtung der Kleinsteilchen zwischen den Polen genau der Richtung des Hauptwirbels der Magnetpole entspricht, so haben wir innerhalb der beiden sog. homogenen Polfelder gleichen Strömungssinn der Kleinsteilchen. Wird nun die Wicklung im Sinne der gefiederten Pfeile in Drehung versetzt, dann beaufschlagt der obere Teil der Wicklung die linke Wirbelseite und der untere Teil die rechte Wirbelseite der Kleinsteilchen. Hierdurch wird gleichzeitig eine Verdoppelung der Induktion erreicht. Drehen wir die Wicklung aus dem Polbereich heraus, dann trifft sie immer mehr und mehr auf die Polseiten der Kleinsteilchen, bis schliesslich nach 90° Schwenkung, also in der sog. neutralen Zone, der Induktionsstrom auf Null gesunken ist. Wandert die Wicklung über diese Zone hinaus, dann kehrt die Stromrichtung um, weil der vorher obere Teil der Wicklung nunmehr die rechte Wirbelseite der unteren Kleinsteilchen und der vorher untere Wicklungsteil die rechte Wirbelseite der oberen Teilchen beaufschlagt. Drehen wir die Wicklung über 180° hinaus, dann sinkt der Induktionsstrom bei 270° Schwenkung zum zweitenmal auf Null und nimmt von da na wieder die gleiche Richtung ein, wie bei der Schwenkung innerhalb der ersten 90° .

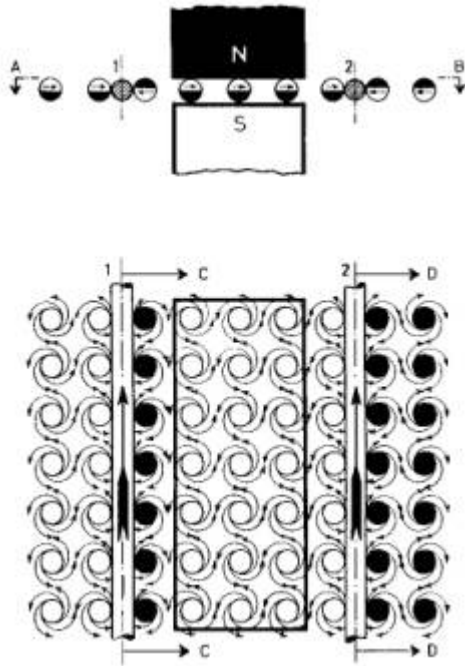


Abb. 22

In diesem Zusammenhang dürfte es von Interesse sein, auch die Bewegungsursache eines Stromleiters innerhalb eines magnetischen Feldes aufgrund der Wirbelstaugesetze zu erklären. Die Abb. 22 zeigt im oberen Bild die Ansicht eines Magnetfeldes zwischen zwei Polen mit zwei Stromleitern 1 und 2 im Schnitt und im unteren Bild einen Schnitt A-B. Fließt in den beiden Stromleitern ein Strom in Richtung des dicken Pfeiles, dann ist die Stromrichtung der Kleinstteilchen zwischen Leiter 1 und dem Magnetfeld gleichgerichtet während die Strömungsrichtung der Kleinstteilchen zwischen Leiter 2 und dem Magnetfeld entgegengesetzt gerichtet ist. Die Folge hiervon ist nun, dass sich der Leiter 1 zum Magnetfeld in Richtung C-C bewegt und der Leiter 2 sich vom Magnetfeld in Richtung D-D entfernt. Beide Leiter haben also in diesem Falle die gleiche Bewegungsrichtung, weil beim Leiter 1 ein Sog bzw. eine Verdünnung und beim Leiter 2 infolge Strömungstauung d. h. durch Gegenströmung ein Druck bzw. eine Verdichtung entsteht. Ändert sich bei den Stromleitern 1, 2 die Strömungsrichtung, dann ändert sich auch die Bewegungsrichtung der Leiter.

Die Induktion des erdmagnetischen Feldes

Wir haben also bei einer stromerzeugenden Maschine die Tatsache vor uns, dass wir mit Hilfe eines natürlichen (permanenten) oder eines künstlich erzeugten (temporären) Wirbelfeldes die durch die magnetischen Plusdrucke entstandenen Potentiale der Kleinstwirbel ableiten, und dass die entstehenden Energielücken durch fortwährendes Hinzuströmen neuer Energien aus dem Grosswirbel der Erde ausgefüllt werden. Mit anderen Worten können wir auch sagen, dass wir ein elektrisches Gefälle oder Potential erzeugen, wenn wir den Gleichgewichtszustand der statisch ausgeglichenen Kleinstteilchen-Wirbelfelder durch einen gewaltsamen und zeitbedingten Eingriff stören.

Das Induktionsprinzip der Fernsendung und des Fernempfangs

Die Wirkungsweise der drahtlosen Sendung ist im Grunde genommen die gleiche wie bei einem Stromleiter und einer Induktionsspule, nur tritt an Stelle des Stromleiters die Antenne des Senders und an Stelle der Induktionsspule die Antenne des Empfängers.

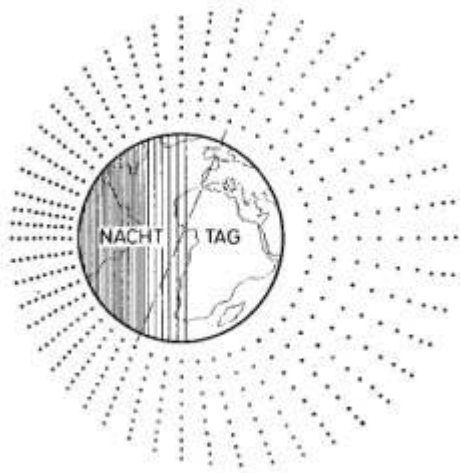


Abb. 23

Die im gesamten Erdfeld verteilten

Kleinstwirbelfelder stellen in beiden Fällen das Medium der Induktion dar. Wir haben schon früher erkannt, dass es bei der Induktion an sich gleichgültig ist, ob der Stromleiter bzw. die Induktionsspule oder die Kleinstwirbelfelder hin- und herbewegt werden. Da nun aber bei der drahtlosen Sendung das erstere nicht möglich ist, so muss man eben die Kleinstwirbelfelder des Erdfeldes hin- und herbewegen, und dieses ist gewissermassen nur durch ein stoss- oder ruckartiges Auf- und Entladen der Kleinstwirbelfelder des Erdfeldes möglich. Grundsätzlich kann dieses auf zwei Arten erreicht werden, und zwar durch rasches Schliessen und Unterbrechen eines Gleichstromkreises oder durch rasche Wechselfolge eines Wechselstromkreises. Bei allen Sendesystemen handelt es sich darum, dass durch allseitiges oder gerichtetes Ausstrahlen elektrischer Energie das Erdfeld in rascher Folge zusätzlich aufgeladen und wieder entladen wird.

Die Bewegung der Kleinstteilchenwirbel geschieht auch beim Erdfeld stets im rechten Winkel zur Strömungs- oder Strahlrichtung der ausgesandten Energien, daher muss auch die Antenne des Empfängers, um den bestmöglichen Empfang zu gewährleisten, in der Strahlrichtung liegen, weil sie in diesem Falle von der grössten Anzahl Kleinstwirbelfelder beaufschlagt wird. Die rechtwinklige Bewegung der Kleinstwirbel in horizontaler Richtung, also parallel zur Erdoberfläche, ist durch die Endlichkeit des Erdumfanges beschränkt, und daher in der Reichweite und in der Induktionswirkung schwach. Die durch das Erdfeld natürlich bedingten Abstände der Kleinstteilchen können bei zusätzlicher Aufladung ihre gegenseitigen Abstände in horizontaler Richtung nicht so vergrössern, wie das in vertikaler Richtung möglich ist; daher ist die Reichweite und die Induktion der vertikal bewegten Kleinstwirbel besser, als der horizontal bewegten Wirbel. Die sog. Reflexion von Kurzwellen aus der Schicht der Ionosphäre, welche als Echo auf der Erde registriert wird, hängt mit der Vertikalbewegung der Kleinstwirbel zusammen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass nur die zusätzliche Verstärkung des Erdfeldes, welche sich in einer zusätzlichen Aufladung der Kleinstteilchenwirbel und deren Abstandsvergrösserung äussert, induziert werden kann.

Da sich, wie aus dem vierten Teil über das Wesen und die Fortpflanzung des Lichtes hervorgehen wird, durch die Einstrahlung der Sonne die gegenseitigen Abstände der Kleinstteilchenwirbel vergrössern, so kommen am Tage pro Quadratcentimeter Fläche weniger Kleinstwirbel zur Beaufschlagung als bei Nacht. Da sich die Teilchen horizontal, infolge der Endlichkeit des Erdumfanges, nicht so ausdehnen können wie vertikal, so erhält die Dichteverteilung der Kleinstteilchenwirbel um die Erde nach Abb. 23 ein ovales Aussehen. Da auch, wie das folgende Kapitel zeigt, die Temperatur auf die Abstandsvergrößerung der Kleinstwirbel einen nicht zu unterschätzenden Einfluss hat, so ist die Induktion auch ferner noch von den Schwankungen der Temperatur abhängig. Die tiefere Begründung dieses Einflusses soll indessen dem nachfolgenden Kapitel vorbehalten sein.