

Zeitschrift: Gesnerus : Swiss Journal of the history of medicine and sciences
Herausgeber: Swiss Society of the History of Medicine and Sciences
Band: 47 (1990)
Heft: 2

Artikel: Oersteds "Ansicht der chemischen Naturgesetze" (1812) und seine naturphilosophischen Betrachtungen über Elektrizität und Magnetismus
Autor: Wiederkehr, Karl Heinrich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-521349>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Oersteds «Ansicht der chemischen Naturgesetze» (1812) und seine naturphilosophischen Betrachtungen über Elektrizität und Magnetismus

von Karl Heinrich Wiederkehr

«Durch die Winke der Natur wird der Geist doch nur veranlasst, aus sich zu entwickeln, was in ihm liegt»

(Oersted, Ansicht etc., S.266)

ZUSAMMENFASSUNG

Oersteds Naturschau wurde ganz von der romantischen Naturphilosophie geprägt. Sein Büchlein «Ansicht» (1812) will eine neue Sicht vom Aufbau der Materie und von der Verwandtschaft der Substanzen geben. Angelpunkt sind ihm dabei zwei entgegengesetzte Grundkräfte, die er mit der positiven und negativen Elektrizität gleichsetzt. Alle damals bekannten chemischen und elektrischen Erscheinungen versuchte Oersted mit den verschiedenen Wirkungsformen und Tätigkeiten einer Urkraft zu deuten und alles chemisch-physikalische Geschehen mit Spannungs- und Gleichgewichtszuständen und mit Begriffen wie Dualität und Polarisation (Übergang vom Homogenen zum Heterogenen) zu erfassen. Oersteds Vorstellungen über Elektrizität und ihre Wirkungen stehen im Brennpunkt unserer Betrachtungen; die elektrische «Verteilung» (Dipolbildung) und «Mitteilung» (Ladungsübergang) spielen dabei eine Schlüsselrolle. Auch die Wirkungsformen Wärme und Licht sind in den Augen Oersteds das Ergebnis eines Kampfes der entgegengesetzten Kräfte (Konflikt). Die Wirkungsform Magnetismus kann er zu jenem Zeitpunkt noch nicht mit der Wirkungsform Elektrizität in Zusammenhang bringen; aber er gibt die Hoffnung nicht auf. Von wesentlich historischer Bedeutung wird von dem Autor Oersteds Konzept über die Kräfte eingestuft, die jeden Raum erfüllen. Die Vorstellung der polarisierenden Wirkung auf benachbarte Raumelemente ist gleichbedeutend mit der einer Nahwirkung. Auf Ähnliches stösst man bei Faradays Entwicklung des Feldkonzepts.

1. Materie als Ergebnis der Tätigkeit zweier entgegengesetzter Grundkräfte

Aufgrund der Fortschritte, die in Chemie und Physik um die Wende vom achtzehnten zum neunzehnten Jahrhundert gemacht wurden – man denke dabei an die Chemie Lavoisiers, die die Phlogistontheorie ablöste, an die Entdeckung der galvanischen Elektrizität und an die Arbeiten eines Johann Wilhelm Ritter (1776–1810) und Humphry Davy (1778–1829), von denen ein neuer Zweig der Wissenschaft, die Elektrochemie geschaffen wurde – hielt es Hans Christian Oersted (1777–1851) für notwendig, der Chemie eine neue Ordnung und der chemischen Verwandtschaftslehre ein neues Fundament zu geben. Den Anstoss zur Abfassung der «Ansicht der chemischen Naturgesetze»¹ hatte Barthold Georg Niebuhr gegeben, ein damals bekannter Historiker, der in jenen Jahren Vorlesungen an der Berliner Universität hielt. Oersted war überzeugt, dass die zukünftige Chemie ebenso exakt wie die Mechanik mit mathematischen Hilfsmitteln einmal bearbeitet würde, und die chemische Verwandtschaftslehre war ihm nichts anderes als die Lehre besonderer physikalischer Kräfte. Seine Sicht der chemischen Naturgesetze ist vorgeprägt durch die deutsche romantische Naturphilosophie, insbesondere durch Novalis, Schelling, Ritter und Winterl. Am stärksten war der Einfluss J. W. Ritters (1776–1810), der sich allerdings zuletzt zu sehr von einer empirischen Wissenschaft entfernt und sich mit seinen Spekulationen und Visionen in das Reich des Spiritistisch-Mystischen begeben hatte². Durch den dänischen Dichter A. G. Oehlenschläger (1779–1850) war Oersted schon früh mit der deutschen Romantik in Berührung gekommen. Die Naturerscheinungen deuten die Romantiker nicht mechanisch, sondern dynamisch; an die Stelle der Weltuhr setzen sie die Allbeseelung des Kosmos, die Weltseele. Die Materie baut sich nach ihnen nicht atomistisch auf aus festen gegebenen Teilchen und Formen, sie ist vielmehr das Ergebnis von Naturkräften und Tätigkeiten in einem Kontinuum, die spezielle Körper und Formen zustande bringen. Aber alles ist einem steten Wandel und einer Umwandlung unterworfen.

Oersted bewahrte sich bei all dem doch den Sinn für die Realität und eine empirisch begründete Naturwissenschaft. Und doch fließen auch bei ihm – was für die Romantik so typisch ist – Philosophie, Naturwissenschaft, Kunst und Poesie ineinander. Ein Leitmotiv der Romantiker ist die Dualität oder Polarität. Durch irgendwelche Anstösse entzweit sich das Homogene und wird zum Heterogenen und hat dabei einen Spannungs- und Gleichgewichtszustand angenommen³. Chemische Bindung, das Zustandekommen

einer chemischen Verbindung, erfolgt nach Oersted in Analogie zu dem Paarungsverhalten bei Lebewesen, mehr noch, er sieht darin ein durchgängiges Prinzip in der ganzen Natur, sowohl in der anorganischen als auch in der organischen. Diese Auffassung setzt einerseits entgegengesetzte Eigenschaften wie die Zweigeschlechtlichkeit, andererseits aber auch eine Verwandtschaft voraus.

Oersted schreibt dazu:⁴

«Es liegt in dem Wesen der Dinge, dass sich über die ganze Natur die entgegengesetzten Kräfte suchen müssen. Eine jede Kraft bedarf ihrer entgegengesetzten um ein Daseyn zu begründen, und, so lange kein Gleichgewicht erreicht worden, noch immer um sich diesem zu nähern, und so viel möglich ein in sich beruhigtes Ganzes auszumachen. Die verschiedenen Formen aber, worin sich diese Trennung, mit ihrem geforderten Zurückstreben zur Einheit, ausbildet, ist es die grosse Aufgabe des Naturforschers wo möglich zu ergründen.»

Das Auseinandertreten, die Trennung, eine Bildung von Heterogenem, sagen wir ruhig eine Polarisierung, kann nach Oersted in verschiedener Weise erfolgen. Es sind dies die verschiedenen Tätigkeiten oder Wirkungsformen, wie z. B. die chemische, elektrische oder magnetische Wirkungsform, und es war ein Hauptanliegen der Naturphilosophie, die in der spekulativen Physik eines Schelling ihre Übersteigerung fand, die Umwandlungen der verschiedenen Wirkungsformen der Kräfte ineinander aufzufinden und die dabei zugrunde liegenden Gesetzmässigkeiten erfassen und deuten zu können. Die speziellen Wirkungsformen sind nach Oersted nur Äusserungen der «allgemeinen Naturkräfte» oder der «Urkraft».⁵ Viele Physikhistoriker sehen in diesen Ideen der romantischen Naturphilosophen eine Vorwegnahme oder zumindest eine gedankliche Vorarbeit zum Prinzip von der Erhaltung der Energie.⁶ Oersted war sehr viel mehr zu einer empirisch begründeten Naturwissenschaft hin orientiert als Schelling in seiner «spekulativen Physik», und er will auch nicht in die Fehler seines Freundes Ritter verfallen, der sich zu weit vorgewagt hatte und in den Abgrund stürzte, wenn er schreibt:⁷

«Es ist nicht zu leugnen, dass der grosse Geist dieser Männer sie oft zu weit in das Gebiet der blossen Ahnungen führte. Wir wollen, dem klareren und bestimmteren Wissen nachstrebend, dieses zu vermeiden suchen, müssen uns aber daher auch bequemen, nur ein weit beschränkteres Lehrgebäude zu errichten, als jenes, welches sie vor Augen hatten.»

Mit rein empirischen Betrachtungen begnügt sich Oersted allerdings nicht. Auch er will dem letzten Prinzip nachspüren, in dem die Naturgesetzmässigkeiten wie in einem «Brennpunkt» zusammentreffen, und er glaubt, mit seinem

«grossen Gesetz des Gegensatzes» den Schlüssel zu einer einheitlichen Deutung gefunden zu haben.⁸

In seinem Büchlein beginnt Oersted damit, alle ihm bekannten chemischen Substanzen nach seinen Gesichtspunkten neu zu ordnen und in Reihen zusammenzustellen. Wir können hier nur auf einen Teil seiner Darlegungen eingehen, nämlich auf den Teil, der mit den Grundtendenzen der Oersted'schen Natursicht zusammenhängt. Oersted gibt drei Reihen an: die «*Metallreihe*» oder Reihe der unverbrannten Stoffe, zu der auch der Wasserstoff und Sauerstoff zählen, dann die *Alkalien-Säure-Reihe*, der die verbrannten Stoffe zugrunde liegen, und zuletzt die Reihe der *Salze*. Jede Reihe stellt auch eine «Affinitätsreihe» dar, weil die Stoffe miteinander und am stärksten mit ihrem Nachbarn verwandt sind. Und jede Reihe wird durch eine «Wurzeleigenschaft» charakterisiert, die durch die ganze Reihe mit Abstufungen hindurchgeht. Die «Metallreihe» beginnt mit dem Wasserstoff, läuft über die Metalle und endet mit dem Sauerstoff. Die sie kennzeichnende «verbrennungshervorbringende Thätigkeit» beginnt mit der «Brennbarkeit» des Wasserstoffs, die in den Folgegliedern graduell abnimmt, zu Null wird, in das Entgegengesetzte, in die «feuernährende» oder «zündungsfördernde» Kraft umschlägt, die beim Sauerstoff am stärksten ausgeprägt ist. Waren die Stoffe der ersten Affinitätsreihe einfach, nicht mehr weiter zerlegbar, so besteht die zweite Reihe aus zusammengesetzten Stoffen, und in der dritten Reihe, bei den Salzen, ist die Zusammensetzung noch komplexer. Die Wurzeleigenschaft der zweiten Reihe ist die «neutralisirende Thätigkeit durch Alkalität und Acidität»; auch hier ist also der Übergang in das Entgegengesetzte zu finden. Bei der dritten Reihe hat man bis jetzt, so bemerkt Oersted, noch «keinen recht charakteristischen Gegensatz» gefunden.⁹

Es wurde schon angedeutet, dass Oersted zwischen unorganischer und organischer Natur keinen prinzipiellen, nur einen graduellen Unterschied macht; lediglich die Potenz der wenigen Grundkräfte ist bei Lebewesen sehr viel höher. Das folgende Zitat, das seine romantisch-philosophische Geisteshaltung par excellence ausweist, möge dies noch einmal belegen:¹⁰

«Jedes ihrer Werke fängt [die Natur] von einer nach aussen einfachen Grundlage an, und entwickelt aus den darin schlummernden Kräften allmählich ein Geschöpf, das endlich in einer grenzenlosen Mannichfaltigkeit und zugleich beschaulicher Einheit dasteht. Von diesem Punkte aus aber fängt sie an es wieder zu vernichten, um in neuen Geschöpfen die ewige Thätigkeit und das ewige Gesetz darzustellen. Auf diesem Wege nun, von Verwandlung zu Verwandlung, bringt sie ihre Kräfte unter die verschiedensten Wirkungsformen,

und den Raum, welcher mit einer solchen eigenthümlichen Thätigkeit, die unseren Sinnen aber als Ruhe erscheint, erfüllt ist, nennen wir einen Körper. Ein jeder Organismus zeigt uns dieses Verfahren der Natur.»

Die unorganischen Stoffe auf dem Erdkörper und alle lebenden Geschöpfe sind bei Oersted das Ergebnis einer langen zeitlichen Entwicklung aus einer einfachen Grundlage heraus. Die Stoffe machen «eine Darstellung des Gesetzes jener Entwicklung» aus, und weiter heisst es:¹¹

«Es ist [...] klar, dass die naturgemässe Anordnung der Stoffe eine nach Gesetzen sich entwickelnde Reihe ist.»

Man ist überrascht, hier schon genetische Gesichtspunkte bei der Ordnung oder Anordnung der chemischen Stoffe und der Lebewesen anzutreffen – ein halbes Jahrhundert vor Aufstellung des Periodensystems der chemischen Elemente und Jahrzehnte vor Darwins Evolutionstheorie.

Die erste Reihe, die «Metallreihe», hat grosse Ähnlichkeit mit Voltas Spannungsreihe. Auch Ritter beschäftigte sich intensiv mit dem Problem, eine Theorie des galvanischen Elements und der Voltaschen Säule zu finden, wenn er auch dabei im Schatten Voltas stand und man ihn nicht gebührend beachtete. Doch Oersted war mit Ritters Ergebnissen der elektrochemischen Untersuchungen bestens vertraut.¹²

Mit seinen Begriffen der «Brennkraft», die brennbaren Stoffen eigen ist und die der Wasserstoff in stärkster Masse besitzt, und der «Zündkraft» oder «feuernährenden Kraft», die im Sauerstoff am stärksten ist, will Oersted generell das Wesen der chemischen Bindung enträtseln. Die sensationellen Erfolge des Galvanismus und der Elektrochemie veranlassen ihn, *chemische Kräfte und elektrische Kräfte als identisch zu betrachten*. Dies ist die zentrale Aussage seiner Abhandlung, und deshalb trägt die französische Übersetzung auch den Titel «Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques».

In der Einleitung heisst es:¹³

«[Wir werden] zeigen, dass alle bisher untersuchten chemischen Veränderungen sich auf zwei überall verbreitete Naturkräfte zurückführen lassen; wir werden zugleich darthun, dass diese Kräfte nicht nur bei unmittelbarer, sondern auch bei mittelbarer Berührung zu wirken vermögen, dass sie folglich geleitet werden können. Dieses wird uns auf jene chemische Kettenwirkung führen, welche uns in dem Galvanismus schon eine zeitlang bekannt war. Und endlich soll uns dieses dahin bringen, die chemischen Kräfte in ihrer freieren Thätigkeit dazustellen, und hiemit zugleich ihre Identität mit den elektrischen augenscheinlich zu machen.»

Die elektrische Wirkung, die Tätigkeit der elektrischen Kraft, hat in der chemischen Bindung nur die Form der «Insichgekehrtheit» angenommen.¹⁴ In einer galvanischen Kette, in einem elektrischen Leitungskreis mit Volta-Batterie und Zersetzungszelle finden wechselseitige Umwandlungen elektrischer Kräfte von gebundener und freierer Form statt, und an den geöffneten Enden eines galvanischen Kreises macht sich nach Oersted die freieste Form der Elektrizität durch Anziehung und Abstossung – modern ausgedrückt: durch ein elektrisches Feld – bemerkbar. Andererseits können durch starke Funken einer grossen Reibungselektrisiermaschine, wie sie z. B. M. van Marum im Teylorschen Museum in Haarlem besass, chemische Wirkungen hervorgebracht werden.¹⁵ Für Oersted bestand also kein Unterschied zwischen Reibungselektrizität und galvanischer Elektrizität.

Über die beiden Elektrizitätsarten sagt Oersted folgendes:¹⁶

«Es ist bekannt, dass in den electricischen Wirkungen zwei verschiedene Eigenschaften sich thätig zeigen, die so beschaffen sind, dass sie einander wechselseitig in ihren Erscheinungen aufheben. Als thätige Eigenschaften nennen wir sie auch Kräfte, ohne ihre Natur damit weiter bestimmen zu wollen, und wegen der gegenseitigen Aufhebung nennen wir *diese Kräfte entgegengesetzt*. In dieser mathematischen Bedeutung werden wir, den gewöhnlichen Sprachgebrauch annehmend, die, welche Glas mit Seide gerieben giebt, die *positive* nennen, die aber, welche die Seide hiedurch erhält, die *negative*. Wir nehmen ferner an, als durch bekannte Erfahrungen bewiesen, dass jede der electricischen Kräfte auf sich selbst zurückstossend wirkt, auf die entgegengesetzte Art aber anziehend. Es können sich daher diese beiden Kräfte gegenseitig so binden, dass keine sich durch irgendein äusseres Zeichen kennbar machen kann; und ein Körper könnte also eine unermessliche Menge davon lange unentdeckt enthalten.»

Plus- und Minus-Elektrizität sind bei Oersted gleichwertig; er folgt hier also nicht der Auffassung B. Franklins, sondern steht mehr der von R. Symmer nahe. Die Existenz elektrischer Materien lehnt Oersted allerdings ab. Zugleich bemerkt er aber, dass es nicht schwer sein würde, seine Ansichten in die Sprache der Anhänger einer substanziellen Auffassung der Elektrizität zu übersetzen, und dass sich jene Anhänger sogar alle Stoffe aus den zwei elektrischen Materien aufgebaut vorstellen könnten.¹⁷ Die beiden elektrischen Grundkräfte bringen nach Oersted nicht nur die chemischen Bindungen zustande, durch die Tätigkeit dieser Kräfte entsteht auch die Materie selbst, und jene Tätigkeit ist in ihren verschiedensten Modifikationen überall im Raume vorhanden. Der elektrischen Wirkungsform wird bei Oersted offenbar eine Art Schlüsselrolle eingeräumt; Grund dafür mögen die immensen Fortschritte gewesen sein, die die Elektrizitätslehre um die Jahrhundertwende erfahren hatte. Einen leeren Raum, wie ihn die Atomistik fordert,

erkennt Oersted nicht an, höchstens einen, den die Materie nur in einem äusserst verdünnten Zustand erfüllt. Aber auch in ihm sind die elektrischen Grundkräfte überall vorhanden.

Am deutlichsten kommt die Identität chemischer und elektrischer Tätigkeiten nach Oersted in einem galvanischen Kreis, im «chemischen Kreis» oder in der «chemischen Kette» zum Vorschein.¹⁸ Die «chemische Kette» besteht aus einem galvanischen Element, aus Leitungsdrähten und einer Zersetzungszone. Motor für den Kreislauf der elektrischen Kraft ist das galvanische Element, in dem die chemische Tätigkeit in die elektrische Tätigkeit umgewandelt wird und wo sich der Gegensatz immer wieder erneuert, oder anders ausgedrückt, sich die beiden entgegengesetzten elektrischen Kräfte immer wieder von neuem bilden. In der Zersetzungszone verläuft die Umwandlung von elektrischer und chemischer Tätigkeit in umgekehrter Richtung. Dem «Kreislauf», kurz auch Kreis genannt, wird von Oersted eine besondere Bedeutung beigemessen. Wir werden auf diese von Oersted favorisierte Vorstellung bei der Deutung der Ablenkung einer Magnetnadel durch den galvanischen Strom (Elektromagnetismus 1820) wieder stossen, aber auch später bei seiner Diskussion über Atomistik und Dynamik mit Christian Samuel Weiss (1828).¹⁹ Ähnliche Vorstellungen findet man auch bei dem romantischen Physiker Thomas Johann Seebeck (1770–1831), nach dem sich bewegende elektrische und magnetische Kräfte kreisförmig umschlingen.²⁰

Nebenbei mag für uns noch interessant sein, dass Oersted die «elektrische Wirkungsgrösse» aus einem «zusammengesetzten Verhältnis von Stärke und Menge» der Elektrizität ansieht; dabei ist eine direkte Proportionalität gemeint. Unter Stärke versteht Oersted den «Grad» (oder die «Spannung»), der durch das Elektrometer angezeigt wird, und die Menge drückt sich in der «Oberfläche» eines Kondensators aus.²¹ Betrachtet man «Wirkungsgrösse» als verwandt mit dem späteren Begriff Energie $W = U \cdot I \cdot t$ und $Q = I \cdot t$ proportional der Kondensatorfläche, werden hier schon wichtige Zusammenhänge erkannt.

Die Identität von elektrischer und chemischer Kraft kommt nach Oersted auch in den oben angedeuteten Versuchen von Marums zum Ausdruck. Der elektrische Funke ist imstande, Kalkspat zu zersetzen, Metalle zu oxidieren und Metallkalke zu reduzieren.²²

Oersteds Vorstellungen vom Aufbau der Materie – man könnte auch von seiner Konstruktion der Materie sprechen – sind von ganz individueller Art. Die Stoffe bauen sich nach ihm nicht wie bei den Atomistikern aus fertigen

kleinsten Teilchen auf, die sich in Grösse, Form und eventuell auch in ihrer Bewegung unterscheiden; für Oersted ist Materie das Produkt von Tätigkeiten. Vereinfacht ausgedrückt: die Substanz wird einer Wirkungsform der Urkraft gleichgesetzt. In der Grundtendenz geht Oersted hier auf Kant (Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, 1786) zurück, für den die Materie nichts anderes als eine Raumerfüllung durch bewegende Kraft ist. Aber mit Kants Dynamik, die nur mit zwei Grundkräften besonderer Art, der Repulsivkraft und der Attraktivkraft arbeitet, gibt sich Oersted nicht zufrieden. Sie kann in seinen Augen nicht die Mannigfaltigkeit der Stoffe erklären und auch nicht die Tatsache, dass sich Substanzen in bestimmten Proportionen miteinander verbinden. In seinem Kapitel «Allgemeine Betrachtungen über die beiden Grundkräfte» schreibt Oersted: ²³

«Wir haben ... durch unsere Überschauung der Erfahrung zwar auch zwei Kräfte gefunden, aber wir haben zugleich gefunden, dass jede für sich erweiternd und zurückstossend ist, beide aber in Bezug auf einander anziehend sind.»

Jede der beiden Grundkräfte kann aus sich herausstreben, sich ausdehnen; eine rein anziehende Kraft im Sinne Kants gibt es bei Oersted nicht. In jedem Punkt des Raumes äussern sich beide Kräfte:

«Man stelle sich den ganzen Raum von einer Urkraft durchdrungen vor, wovon unsre beiden Kräfte nur verschiedene Wirkungsformen seyn sollen.»

Wenn Oersted sich als «Dynamiker» (oder «Dynamist») sieht, so erkennt er doch die Schwäche und Unfähigkeit einer solchen Naturansicht für eine Deutung und Erklärung der chemischen Verbindungsgesetze und der Vielfältigkeit und Individualität der Stoffe. Als Romantiker beruhigt er sich mit dem Hinweis auf die vielfältigen Formen im Pflanzen- und Tierreich: ²⁴

«Man muss sich dieses innere Verschiedenmachen der Stoffe als ein Organisieren derselben denken. Und so wie wir den inneren Bau einer Pflanze nur sehr ärmlich angegeben hätten, wenn wir sagten, sie bestehe aus Gefässen, die wieder andre feinere enthalten, und so weiter, so weit die künstliche Zerlegung reicht; so haben wir auch durch jene Hinweisung auf die inneren Gegensätze nur noch in der allerdürftigsten Allgemeinheit von der dynamischen Organisation der Körper gesprochen.»

Oersted fühlt, dass er hier nicht mehr ganz auf der Linie der reinen Dynamiker liegt und am Schluss seines Kapitels schreibt er: ²⁵

«Man wird finden, dass sich unsre Ansicht in gewisser Rücksicht der atomistischen nähert; wir werden aber dieses nicht als einen Vorwurf nehmen, da ja auch jene dazu gedient hat, tiefblickenden Männern die Naturverhältnisse darzustellen, von einer Seite betrachtet also wohl etwas Wahres enthalten muss.»

Und er ist überzeugt, dass sich mit einer «dynamischen Atomistik» die Erscheinungen besser deuten und Naturgesetzmäßigkeiten leichter aufstellen lassen.

Schellings Name taucht in dem oben genannten Kapitel (Allgemeine Betrachtungen etc.) nicht auf; dennoch hat darin Oersted mit Schellings Konstruktion der Materie viel Gemeinsames. Dualismus, Polarität und das Absolute, das Eine, das sich entzweit, sind bei Schelling tragende Begriffe, und die Materie kann verschiedene Stufen und Arten dynamischer Prozesse durchlaufen.²⁶ Auch Oersteds Ausdruck «dynamische Atomistik» und den damit verknüpften Kompromiss findet man in Schellings «Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie» (1799).²⁷ Es heisst dort:

«Die Naturphilosophie nimmt [...] 1) mit der *Atomistik* an, dass es eine ursprüngliche Mannichfaltigkeit individueller Principien in der Natur gebe – sie bringt eben damit Mannichfaltigkeit und Individualität in die Natur. – Jede Qualität in der Natur ist ihr ein fester Punkt, ein Kern, um welchen dann die Natur anfangen kann sich zu bilden. Aber sie nimmt diese Principien nicht als wirklich materielle Theile an, sondern als ursprüngliche und einfache Aktivitäten. 2) Mit der *dynamischen* Physik ist sie *einig* darin, dass der Grund der Qualitäten nicht selbst wieder in materiellen Theilchen [liegt] – jede Aktion ist reine Aktivität, nicht selbst wieder Materie –, *uneinig* darin, dass sie nicht alle Verschiedenheit der Materie bloss in einem verschiedenen Verhältniss der Attraktiv- und Repulsivkraft (wodurch blosse Verschiedenheit der Dichtigkeit entsteht) bestehen lässt. – Die Naturphilosophie ist also weder dynamisch in der bisherigen Bedeutung des Worts, noch atomistisch, sondern *dynamische Atomistik*.»

Den oben angeführten Gedanken einer «dynamischen Organisation» der kleinsten Grundstofftheilchen griff Oersted in seinem «Briefwechsel über Atomistik und Dynamik» mit Chr. S. Weiss (1829) wieder auf. Sein «entostrophadisches System» der Materie will er aber hier nur mit rein physikalischen Gesetzmässigkeiten, ohne Zuhilfenahme ursprünglicher individueller Qualitäten begründen. Materieklumpen, Raumelemente konzentrierter Tätigkeiten, sollen sich nach der Schöpfung unserer Welt im Laufe der Zeit gebildet haben, jeweils nach den gegebenen Umständen von besonderer Art. Und die Materieklumpen, die Materieverdichtungen, bestehen nach Oersted aus nichts anderem als ortsgebundenen, in sich zurücklaufenden Bewegungen wie Schwingungen und Rotationen. Sie sollen durch Wärme- und Lichteinwirkungen entstanden sein, abhängig von dem zeitlichen Zustand eines sich entwickelnden Kosmos.²⁸

Die entgegengesetzten Grundkräfte, die eine chemische Bindung bewirken, sind nach Oersted nicht die letzten in der Natur vorhandenen Gegensätze. Das Zustandekommen einer chemischen Verbindung, z. B. zwischen

Wasserstoff und Sauerstoff, dem Anfangs- und Endglied der ersten Reihe, ist selbst schon kein einfacher Vorgang. In jedem der beiden Stoffe ist schon eine doppelte Tätigkeit vorhanden, und nur die ein Übergewicht besitzende und damit hervorstechende Tätigkeit, die den Platz in der Reihe bestimmt, ist bei dem Verbindungsprozess wirksam.²⁹ Das Spiel der Gegensätze kann aber noch weitergehen:³⁰

«[...] in jedem Gegensatz [können] neue Gegensätze, in diesem abermals neue und so weiter gedacht werden.»

Oersted hält es für möglich, dass sogar die Metalle, die zu der ersten und einfachsten Reihe gehören, in Bestandteile zerlegt werden könnten.³¹ Die Eisenzeit der Menschheit sieht Oersted schon von einem anderen Zeitalter abgelöst, wenn er schreibt:³²

«Unserm Zeitalter war es vorbehalten, die Metalle darzustellen, welche es unter allen am schwierigsten war aus ihrer Asche wieder hervorzurufen. Zu mechanischen Zwecken werden sie [nämlich die Alkali- und Erdalkalimetalle] gewiss nie benutzt werden, zu dynamischen aber um so viel mehr. In unseren Untersuchungen über die Zusammensetzung der Körper haben sie schon angefangen ein neues Zeitalter zu bilden.

[...]

Das nächste Zeitalter wird die Metalle selbst zerlegen, und uns dadurch von vielen Banden lösen, womit uns die Natur an die äusseren Bedingungen geknüpft hatte, und uns überhaupt eine vorher unbekannte Herrschaft über die Natur erwerben.»

Eine technische Nutzung von Magnesium und anderen Leichtmetallen konnte sich Oersted noch nicht vorstellen, um so mehr die Verwendung der frisch entdeckten Alkali- und Erdalkalimetalle bei Experimenten und Gewinnungsprozessen irgendwelcher Art. Und wenn Oersted einem zukünftigen Zeitalter zuschreibt, dass in ihm die Metalle (chemische Elemente) in Bestandteile zerlegt werden können, hat er damit visionär ein Charakteristikum unserer heutigen Zeit, des Atomzeitalters, getroffen.

2. Die Deutung elektrischer Erscheinungen mit Hilfe zweier elektrischer Grundkräfte

Sowohl die elektrostatischen Erscheinungen als auch die galvanischen und die mit dem Fliessen eines elektrischen Stromes verbundenen Wirkungen will Oersted mit Hilfe der beiden elektrischen Grundkräfte in möglichst einheitlicher Weise deuten. In der Einleitung schreibt er dazu:³³

«Diese electricischen Kräfte wollen wir nun Anfangs in ihrer freiesten Thätigkeit betrachten; darauf aber wollen wir sehen, wie sie in den Condensatorwirkungen, der Ladung, und in den electrophorischen Verhältnissen nach und nach durch wechselseitige Anziehung mehr und mehr eingeschränkt [und] gebunden ... werden, ... [und wir wollen], auf eine Untersuchung über die Natur der Leitung gestützt, zu zeigen streben, unter welchen Bedingungen die beiden Kräfte Wärme, und unter welchen sie Licht hervorbringen.»

Angelpunkt seiner Deutung ist die elektrische Influenz, die J. C. Wilke bei der Übersetzung der Franklinschen «Briefe von der Elektrizität» und in daran anschliessenden Arbeiten 1758 herausgeschält hatte.³⁴ Influenz oder Polarisation kann sowohl bei einer leitenden Metallplatte als auch bei einer sehr schlecht leitenden Glasplatte stattfinden. Wird ein unelektrisch erscheinender Körper (Leiter oder Isolator) einem anderen Körper, bei dem eine der beiden elektrischen Kräfte das Übergewicht hat, genähert, so sammelt sich auf der dem geladenen Körper zugewandten Seite die entgegengesetzt elektrische Kraft an und auf der abgewandten Seite die elektrische Kraft mit dem Vorzeichen des geladenen Körpers. Entfernt man den geladenen Körper, stellt sich das Gleichgewicht wieder ein, und der Körper wirkt wieder unelektrisch. Die Physiker nannten diesen Vorgang «*elektrische Verteilung*» (Influenz). Verringert sich der Abstand zwischen elektrischem und ursprünglich unelektrischem Körper, geschieht nach Oersted folgendes:³⁵

«In einer gewissen Nähe endlich, die für einen jeden Leiter verschieden ist, wird ein Theil der Electricität in dem ersten Körper die entgegengesetzte, von ihm selbst hervorgerufene, in dem zweiten Leiter aufheben, und nur die der seinigen gleiche in dem entfernteren Theil zurücklassen. Diese aber wird auch stark genug seyn, um mit der in dem ersten Körper zurückgebliebenen das Gleichgewicht zu halten; denn ehe es dahin gekommen ist, wird immer der zuerst electricisirte Körper noch mehr von der entgegengesetzten Electricität anziehen und so das Gleichgewicht wieder aufheben. Es hat daher ganz das Ansehen, als ströme die Electricität aus dem einen Körper in den anderen ohne weiteres über. Nach diesem Anscheine hat man bekanntlich diese Übergangsweise die durch *Mittheilung* genannt ...».

Mit diesem Grundmodell, das zuerst mit der «Verteilung» arbeitet – sie entspricht unserer heutigen Influenz – und dann noch die «Elektrisierung durch Ausgleich» – auch «Mittheilung» genannt –, eine Fortpflanzung der elektrischen Kraft eines Vorzeichens, hinzunimmt, beschreibt Oersted die Ausbreitung der elektrischen Kraft im Raume und mit gewissen Modifikationen auch das Fliessen von Elektrizität in einem metallischen Leiter. Es sei jedoch bemerkt, dass Oersted gelegentlich «Verteilung» (Influenz) und «Mittheilung» (Übergang von Elektrizität) nicht scharf genug trennte. Bei Isolatoren sind die Vorgänge auch sehr viel komplizierter als bei guten Leitern

und Verteilung und Mitteilung miteinander kombiniert, wie aus einem von P. Riess beschriebenen Experiment hervorgeht.

Lassen wir zu diesem wichtigen Punkte Oersted noch einmal selbst zu Worte kommen:³⁶

«Wenn also eine der electricischen Kräfte sich durch den Raum verbreitet, so geschieht dieses so, dass sie gleich in der nächsten Zone die entgegengesetzte Kraft anzieht, diese bindet, und selbst davon wiederum eine Verminderung erleidet, wodurch nun also die nächste Zone wirklich das Übergewicht derselben Kraft, die sich verbreitet, erhalten hat, selbst aber eine neue Zone im entgegengesetzten erregt, um sie doch auch wieder aufzuheben, u. s. w. Man könnte dieses dadurch ausdrücken, dass man sagte: *Die Electricität verbreitet sich undulatorisch*. In den guten Leitern heben sich diese Gegensätze so geschwinde auf, dass keine Wahrnehmung davon möglich ist; in den schlechten Leitern aber kann man sie mit dem Electrometer entdecken und viele durch einander erregte Abwechslungen von $+E$ und $-E$ darin entdecken.»

Bei den guten Leitern glaubt Oersted mit den kleinen Perlen oder Kügelchen, in die ein Draht z. T. beim Durchschmelzen zerfällt, Hinweise auf die Existenz solcher «Zonen» zu haben. Die Dipole, mit deren Bildung sich die elektrische Kraft fortpflanzt (in guten Leitern wie den Metallen mit ausserordentlich grosser Geschwindigkeit), sind wohl klein, aber doch endlich gross. Mit der «undulatorischen Verbreitung» ist hier wohl die Ausbreitung eines Zustandes gemeint, der ähnlich wie ein Wellenberg durch ein Medium hindurchläuft, dabei aber auch Wellentäler und Wellenberge hinter sich herzieht. Auf der nächsten Seite heisst es dann weiter:³⁷

«Es folgt also aus der Natur der Sache, und der Augenschein giebt es, dass *die Verbreitung der electricischen Kräfte nur in einer abwechselnden Störung und Wiederherstellung des inneren Gleichgewichts der Kräfte besteht*. Hieraus ergiebt sich zugleich, dass *die electricischen Kräfte nur durch sich selbst (nämlich durch andre electricische Kräfte) geleitet werden*. Wer aber die Überzeugung mit uns theilt, dass es eben diese Kräfte sind, vermittelt welcher der Raum körperlich wird, *muss* diesen Ausdruck mit dem gewöhnlichen, dass *die Körper die Kräfte leiten*, doch gleichgeltend finden.»

Es sei daran erinnert, dass bei Oersted die Materie selbst durch das innere Wechselspiel der beiden elektrischen Kräfte erzeugt wird. Aber auch das Vakuum der Atomisten ist bei ihm wie bei allen «Dynamisten» (oder «Dynamikern») überall von Kräften erfüllt und so in gewissem Sinne auch «körperlich». In ihm findet nach Oersted eine «freie Verbreitung» der elektrischen Kräfte statt. Offenbar will er damit etwas erfassen, was wir heute als elektrostatisches Feld bezeichnen. Den Übergang zu solchen Vorgängen, bei

denen elektrische Ladungen überspringen oder ein Strom fliesst, schafft sich Oersted mit dem Begriff der «gezwungenen Verbreitung oder Leitung».

Er schreibt dazu:³⁸

«Wir müssen überhaupt die *freie* Verbreitung der Electricität von der *gezwungenen* wohl unterscheiden. Die freie Verbreitung geschieht durch die selbständige Thätigkeit einer der Kräfte sowohl durch ihre Ausdehnungskraft, als durch die Anziehung der entgegengesetzten, insoweit diese sich im Gleichgewicht befindet, und über den ganzen umgebenden Raum gleichförmig verbreitet ist [...]

Beispiele der gezwungenen Leitung finden wir sowohl in der electrischen Ladung und Entladung, wie auch in den Condensatorwirkungen.»

Von unserem heutigen Wissensstand aus fällt es nicht leicht, hier den Oerstedschen Gedankengängen zu folgen. Betrachten wir zunächst einmal genauer ein Beispiel der «erzwungenen Verbreitung», nämlich die Leitung durch innere Veränderung in einem Teil der umgebenden Luft beim Überschlag eines elektrischen Funkens. Normalerweise ist nach Oersted Luft ein schlechter Leiter; ab einer gewissen «Stärke der Elektrizität oder Spannung» werden Teile der Umgebung für eine kurze Zeit in eine besondere innere Tätigkeit versetzt, und die Elektrizität kann sich besser verbreiten (Funkenüberschlag). Bei guten Leitern, wie z. B. den Metallen, erfolgt die Anregung zu dieser besonderen inneren Tätigkeit schon bei sehr niedrigen Spannungen und auch für eine sehr viel längere Zeit, wobei dann die «Menge» der sich verbreitenden Elektrizität auch sehr viel grösser ist. Der Schliessungsdraht eines galvanischen Elements ist in diesen besonderen Zustand («einen inneren Thätigkeitszustand») versetzt, den er von sich aus nicht beenden kann.

Bei einer «erzwungenen Leitung» können unter bestimmten Umständen auch eine Wärmeentwicklung und Lichtausstrahlung eintreten. Auch diese Wirkung der fliessenden Elektrizität will Oersted in seine Betrachtungen miteinbeziehen und deuten. Wärme, so meint er, tritt dann im Leiter auf, wenn die Kraftmenge, die ihn durchläuft, so gross ist, dass das «innerlich gestörte Gleichgewicht durch die eigenen Kräfte ... nicht wiederhergestellt werden [kann].»³⁹ Wärme, die eine Grundkraft oder Wirkungsform wie die elektrische ist, wird sozusagen in einem gewaltsamen Akt, in der Befreiung von einem Überschuss erzeugt, aber auch sie (die Wärme) betrachtet Oersted als «einen inneren Wechselkampf der entgegengesetzten Kräfte». Auf ähnliche Weise wird das Glühen eines Drahtes, das Aussenden von Licht erklärt. Die Spannung der Gegensätze in den inneren Kräften muss aller-

dings ihr Maximum erreicht haben, damit bei dem Ausgleichsvorgang Licht ausgestrahlt werden kann.⁴⁰

Seine Vorstellung über die Natur und Ausbreitung des Lichts skizziert Oersted so:

«Die Fortpflanzung des Lichts geschieht [...] durch dynamische Undulationen: so nennen wir die ununterbrochene Abwechslung der entgegengesetzten Kräfte.»

Er glaubt, so zwischen den rivalisierenden Theorien von Huygens und Euler (Wellennatur) einerseits und der von Newton (Emanationstheorie, korpuskulare Natur) andererseits zu stehen, und sieht sich dabei nicht allein, wenn er schreibt:⁴¹

«Die Möglichkeit einer solchen Ansicht hat schon Schelling in seiner Weltseele anerkannt.»

Gemeint ist hier Schellings Abhandlung «Von der Weltseele, eine Hypothese der höheren Physik» (1798). Das Licht betrachtete Schelling darin als Materie, die sich noch in einer Vorstufe, in einer «ursprünglichen Bewegung» befindet. Diese Materie in Entwicklung soll von einem Zentrum nach allen Seiten ausstrahlen, und auf Grund der Schnelligkeit der Ausbreitung glauben viele Physiker, dem Licht jegliche Trägheit und Materialität absprechen zu müssen. Schelling meint dagegen, dass Trägheit und Schwere des Lichts «zwar als *verschwindend*, niemals aber als völlig *verneint*» betrachtet werden dürfe. Vergessen wir aber dabei nicht, dass bei Schelling Materie etwas ganz anderes bedeutet als bei den Atomistikern; bei ihm ist Materie gleich Kraft zu setzen. Die Stelle, auf die sich Oersted bezieht, lautet:⁴²

«Wenn ich [Schelling] die *Materialität* des Lichts behaupte, so schliesse ich damit die entgegengesetzte Meinung nicht aus, diese nämlich, dass das Licht das Phänomen eines bewegten Mediums sey. Ich habe in den *Ideen zu einer Philosophie der Natur* die Frage aufgeworfen: Sollte sich das Licht von der Sonne bis zu uns nicht durch Zersetzung fort pflanzen? Ich meinte, ob man die Newtonsche und Eulersche Theorie vom Licht nicht vereinigen könnte.»

Die Fortpflanzung des Lichts soll also nicht durch reine «mechanische Erschütterungen», sagen wir ruhig: Schwingungen, eines Mediums erfolgen, sondern durch eine sich fortplanzende Dekomposition, durch einen Übergang vom Homogenen zum Heterogenen. Und so kann man auch die von Oersted zugrunde gelegte elektrische Polarisierung verstehen, die zugleich auch mit einer Art Transport von Elektrizität verbunden ist.

Hinsichtlich seiner Modellvorstellungen vom Fortpflanzungsmechanismus des Lichts spricht Oersted die Befürchtung aus, dass man die unvor-

stellbar grosse Geschwindigkeit des Lichts dagegen ins Feld führen könnte. Als Antwort darauf macht er auf eine bekannte Tatsache beim Aufladen eines Kondensators aufmerksam,

«dass nemlich die eine Seite einer geladenen Glasscheibe gleich ihre electriche Thätigkeit verändert, sobald die andere eine Veränderung leidet, und dies obgleich der schlechte Leiter dazwischen liegt. Auch geht die Vertheilung durch mehrere Abwechslungen guter und schlechter Leiter sehr schnell, wiewohl die übrige Leitung darin fast gar nicht möglich ist.»⁴³

Die entgegengesetzten Kräfte (sagen wir ruhig die Polarisation), die nach den Vorstellungen Oersteds das Wesen des Lichts ausmachen, können sich mit ähnlich grosser Geschwindigkeit und in ähnlicher Art ausbreiten wie die elektrischen Kräfte.

Wenn Oersted eine von Raumelement zu Raumelement sich fortpflanzende Tätigkeit vor Augen hat, vertritt er eine gegensätzliche Ansicht wie die Fernwirkungstheoretiker, nämlich die einer Nahwirkung. Alle Grundkräfte, alle Wirkungsformen der Urkraft tun dies und sind so Nahwirkungen. Über die «Entzweiung der Kräfte», den Übergang vom Homogenen zum Heterogenen, und über die Unterschiede der beiden Kräfte, macht sich Oersted an andrer Stelle noch Gedanken und will dabei den Gesetzmässigkeiten der Wirkung benachbarter Raumelemente auf die Spur kommen. Er unterscheidet dabei zwischen einer «positiven Tätigkeit», die von einem Punkt strahlenförmig ausgeht, und einer «negativen Tätigkeit», nämlich der Rückwirkung benachbarter Punkte; die Stärke der Einwirkungen soll mit dem Abstand sich verringern. Zu einem Resultat kann er aber nicht kommen, seine Überlegungen will er eher als Frage verstanden wissen.⁴⁴

3. Über die magnetischen Grundkräfte und ihren Zusammenhang mit anderen

Erst am Schluss seines Bändchens geht Oersted auf den Magnetismus ein. Der Grund dafür liegt offenbar darin, dass er noch keine Verknüpfung der Elektrizität, ähnlich wie mit chemischen Wirkungen, Wärme und Licht beim Magnetismus erkennen kann. Elektrostatische und magnetostatische Vorgänge und Wirkungen verlaufen völlig unabhängig voneinander und ohne irgendeine gegenseitige Beeinflussung. Oersted sieht hierin noch ein ungelöstes Problem, wenn er schreibt:⁴⁵

«Eine grosse Schwierigkeit scheint der Umstand darzustellen, dass electricisirte und magnetisirte Körper, vermittelst ihres Zustandes, nicht auf einander anziehend und abstossend wirken. Es würde von dem höchsten Interesse seyn, diese Schwierigkeit vollkommen zu heben.»

Er muss sich damit begnügen, auf Parallelitäten bei Magnetismus und Elektrizität hinzuweisen. Die sogenannte «Mittheilung» fehlt, doch es existiert eine der «elektrischen Verteilung» vollständig analoge Erscheinung, wenn Oersted die Bruchstücke eines Magneten mit den Lamellen vergleicht, aus denen sich ein Isolator zwischen den beiden Kondensatorplatten zusammensetzen kann und die auf Grund der Rückstandswirkung ihren Zustand beim Heraus- und Auseinandernehmen beibehalten.

Weiter heisst es bei Oersted:⁴⁶

«Die übrigen Ähnlichkeiten des Magnetismus mit der Electricität sind so gross, dass wir nur die scheinbaren Widersprüche wegzuräumen brauchten, um Gleichheit der Kräfte in beiden anzunehmen [...]

Die Veränderung der Magnetnadel bei Gewittern ist noch ein Beispiel mehr für die Verwandtschaft beider. *Ritter* hat auch gefunden, dass magnetisirter Eisendrath an seinem Nordende weniger, an seinem Südende mehr oxydabel sey als Eisen, nur muss dazu das Eisen oder weicher Stahl gebraucht werden ...

Mit gleichen Bedingungen bewirkt man auch Zuckungen in einem präparirten Frosch, wenn man zwei entgegengesetzte Pole eines magnetisirten Eisendraths damit in Verbindung setzt, so dass eine Kreiswirkung gebildet werden kann. Die Dräthe müssen vermittelst starker Magnete magnetisirt seyn. Diese Versuche sind unter den Physikern noch einigermaßen streitig. [...] Schon vor zehn Jahren äusserte *Ritter* die Vermuthung, dass die Nordlichter magnetischen Ursprungs wären. Jetzt hat ein dänischer Mathematiker, *Hansteen*, mit sehr wichtigen Gründen bewiesen, dass die Erde, so wie es *Halley* schon behauptete, vier Magnetpole habe. Er hat ihre Lage für verschiedene Zeiten bestimmt, und gefunden, dass die Polarlichter [...] ganz mit diesen magnetischen Polen zusammenhängen. Man kann demnach alle die Funktionen, welche man in der Electricität aufzuweisen vermag, auch in dem Magnetismus darstellen: Anziehungen und Zurückstossungen, chemische Differenz, Wirkung auf den lebendigen thierischen Körper, Lichthervorbringung.»

Berichte von Seeleuten über Veränderungen von Magnetnadeln gehen in das 17. Jahrhundert zurück.⁴⁷ In Briefen von *Ritter* an Oersted, die uns erhalten geblieben sind, erwähnte *Ritter* mehrmals die sogenannte chemische Differenz an den Polen eines magnetisierten Eisendrahts, und auch das «Froschzucken», das er mit einer «magnetischen Batterie» (hintereinandergeschaltete «Magneteisenbügel» in Uhrgläschen eingetaucht, die mit Brunnenwasser gefüllt sind) zustande gebracht haben will.⁴⁸ Eine Arbeit «Über den Zusammenhang des Nordlichts mit dem Magnetismus» veröffentlichte *Ritter* schon 1803, und Christopher Hansteen (1784–1873), Direktor der Sternwarte in Christiana, dem heutigen Oslo, und berühmter Geomagnetiker

seiner Zeit, versuchte nachzuweisen, dass die Nordlichtzonen direkt mit der Lage der magnetischen Pole (Haupt- und Nebenpol) zusammenhängen.

Oersted schliesst sein Kapitel über den Magnetismus so:⁴⁹

«Die Entdeckung der neuern Zeiten, dass eigentlich alle Körper einigen Magnetismus anzunehmen fähig sind, dass also die magnetische Wirkungsform in allen Körpern vorkommen kann, nur in höchst verschiedenen Graden, verdiente noch weiter verfolgt zu werden. Zugleich sollte man versuchen, ob man nicht in einem von den Zuständen, worin die Electricität sehr gebunden vorkommt, einige Wirkung auf den Magnet als Magnet hervorbringen könne. Die Sache würde nicht ohne Schwierigkeiten seyn, weil die Electricität auch auf den magnetischen Körper wie auf unmagnetische wirken würde; vielleicht wäre es aber doch möglich, durch Vergleichung magnetischer und unmagnetischer Nadeln einige Auskunft hierüber zu bekommen.»

Den Gedanken, dass alle Körper magnetische Eigenschaften besitzen, wenn auch in unterschiedlichem Grade und oft noch verborgen, äusserte schon Schelling 1797, – mögen es auch nur philosophische Spekulationen gewesen sein.⁵⁰ Experimentell setzte sich mit diesem Problem um die Jahrhundertwende Ch. A. Coulomb auseinander, indem er Nadeln aus Gold, Silber, Glas, Schellack und anderen Stoffen vor einem starken Magnetpol Drehschwingungen ausführen liess. In mehreren Fällen stellte er eine erhöhte Schwingungsfrequenz fest und glaubte zunächst, darin Hinweise für schwachen Magnetismus gefunden zu haben. Doch war er sich später nicht ganz sicher, ob vielleicht Spuren von Eisen in den Stoffen hier mitwirkten.⁵¹

Die Schwierigkeit, die sich der Entdeckung einer magnetischen Wirkung der Elektrizität entgegenstellt, liegt Oersteds Meinung nach also in dem wohl schwer zu trennenden Anteil einer elektrischen Influenz auf eine Magnetnadel als Metall und der Einwirkung auf die Magnetpole der Nadel selbst. Er gibt deswegen einem Experimentieren mit «gebundener Elektrizität» die grösste Chance. Kurz zuvor aber sagt er, dass die Kräfte in der «galvanischen Wirkungsform» stärker gebunden sind als in der «rein-elektrischen» Wirkungsform. Mit der letzteren meint er die Wirkungsform, die bei der «freien Verbreitung der Electricität», also im elektrostatischen Feld vorliegt. Man muss sich wundern, dass Oersted seine epochemachende Entdeckung erst 1820 machte.

4. Schlussbetrachtung und eine Frage: Hat Oersted Faraday beeinflusst?

Als «Dynamist», in der Tradition eines Kant, Schelling und Ritter stehend, entwarf Oersted in seinem Büchlein «Ansicht der chemischen Naturgesetze»

(1812) eine ganz eigene Sicht von der Verwandtschaft chemischer Stoffe und den Eigenschaften der Materie. Angelpunkt für ihn sind dabei zwei entgegengesetzte Grundkräfte, die er mit der positiven und negativen elektrischen Kraft gleichsetzt. Um die «Individualität der Materie», d.h. die charakteristischen Eigenschaften der chemischen Elemente und ihrer Verbindungen erklären zu können, bleibt er aber kein «reiner Dynamist», sondern wird wie Schelling zum «dynamischen Atomistiker». Chemische Bindung, elektrochemische Vorgänge und alle damals bekannten elektrischen Erscheinungen versucht Oersted in einheitlicher Weise mit Gleichgewichts- und Spannungszuständen, Dualität und Polarisierung, zu deuten. Elektrostatische Wirkungen und Felder bezeichnet er als «freie Verbreitung» der elektrischen Kräfte, die auch das Vakuum der Atomisten ausfüllen. «Gezwungene Verbreitung oder Leitung» findet bei einem Funkenüberschlag oder in einem Leitungsdraht statt. Der «Spannungszustand» und sein Wechselspiel hat sich hier gewissermassen konzentriert und die Leitungsbahnen in einen besonderen Zustand der Tätigkeit versetzt. Mit Hilfe der «Verteilung» (elektrische Dipolbildung) und «Mitteilung» (Ladungsübergang) deutet Oersted die elektrische Leitung, den elektrischen Strom. Wenn der Spannungszustand der beiden entgegengesetzten Kräfte ein bestimmtes Mass überschreitet und der Leiter nicht von selbst wieder in ein Gleichgewicht sich versetzen kann, finden nach Oersted, wie in einem Befreiungsakt, Wärme und Lichtentwicklung statt. Die elektrische Wirkungsform der Urkraft hat sich dabei in die Formen Wärme und Licht umgewandelt. Die Wirkungsform Magnetismus kann Oersted zu jenem Zeitpunkt noch in keinen Zusammenhang mit den anderen Erscheinungsformen der Kraft (wir würden von Erscheinungsformen der Energie sprechen) bringen. Aber er ist fest davon überzeugt, dass ein solcher besteht, und er gibt hier auch schon Fingerzeige, die ihn 1820 zur Entdeckung des Elektromagnetismus führen.

Das Überraschende ist, dass in Oersteds Büchlein nicht nur Vorarbeit zu dem drei Jahrzehnte später entdeckten Energieprinzip geleistet wird, sondern auch Vorstellungen entwickelt werden, wie man sie später in ähnlicher Weise bei Faraday wieder antrifft. Zur Identität chemischer und elektrischer Kräfte heisst es in Faradays «Experimental Researches in Electricity»: ⁵²

«Alle diese Tatsachen zeigen uns, dass die gewöhnlich als chemische Verwandtschaft bezeichnete Kraft mittelst der Metalle und gewisser Kohlearten in die Ferne übertragen werden kann, dass der elektrische Strom bloss eine andere Form der chemischen Verwandtschaftskräfte ist, dass seine Kraft den ihn erzeugenden chemischen Affinitäten proportional

ist, ... dass mit anderen Worten, *die als chemische Affinität und Elektrizität bezeichneten Kräfte ein und dasselbe ist.*»

Und zur Influenz oder Polarisation – bei Oersted auch Übergang vom Homogenen zum Heterogenen oder Verteilung genannt – und dem elektrischen Leitungsvorgang schreibt Faraday:⁵³

«[...] so stelle ich mir vor, dass die erste Wirkung eines elektrisirten Körpers auf benachbarte Körper in der Hervorrufung eines Polarisationszustandes ihrer Theilchen besteht, und das ist die *Induction*. [...] Bleibt die Induction ungeschwächt, so bedeutet dies vollkommene Isolation, und je höher der Polarisationszustand ist, welchen die Theilchen annehmen oder unterhalten können, desto höher ist die Intensität, welche den wirkenden Kräften gegeben werden kann. Wenn dagegen die an einander grenzenden Theilchen nach Annahme des Polarisationszustandes die Fähigkeit haben, ihre Kräfte mitzutheilen, so findet Leitung statt, und die Spannung ist vermindert, denn Leitung ist ein besonderer Entladungsvorgang zwischen benachbarten Theilchen.»

Oersteds Konzept der raumerfüllenden Kräfte bei elektrostatischen Erscheinungen und Leitungsvorgängen ist aber gleichbedeutend mit der Annahme einer Nahwirkung von Kräften und hängt auf das engste mit einem Feldkonzept zusammen. Nur von wenigen Physikhistorikern wird allerdings bis heute Oersted ein Einfluss auf Faraday und seine Entwicklung von Feldvorstellungen eingeräumt.⁵⁴

Anmerkungen und Literatur

- 1 Oersted, H. Chr., Ansicht der chemischen Naturgesetze, durch die neueren Entdeckungen gewonnen, Berlin 1812; im Nachfolgenden abgekürzt mit: Ansicht. Ins Französische übersetzt und mit einer Einleitung versehen von Marcel de Serres, *Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques*, Paris 1813. – Harding verwechselt in seiner Namentafel am Ende des 2. Bds. B. G. Niebuhr (1776–1831) mit seinem Vater Carsten Niebuhr (1733–1815), der in dänischen Diensten stand: M. C. Harding, *Correspondance de H. C. Oersted avec divers savants*, 2 Teile, Kopenhagen 1920.
- 2 Mit einer Reihe kritischer Artikel zur «Campettiade» (nach dem Italiener Campetti, einem Wünschelrutengänger und Medium für Séancen, den Ritter 1807 nach München holte) von Gilbert und Pfaff in den *Annalen der Physik* von 1807 und 1808 begann die wissenschaftliche und menschliche Katastrophe Ritters. Walter D. Wetzels sieht in seiner Abhandlung: J. W. Ritter, *Physik im Wirkungsfeld der deutschen Romantik in der Hinwendung Ritters zum Okkultismus und Somnambulismus* die konsequente Fortsetzung seiner bis dahin teils verborgenen Ziele bei der Erforschung des Galvanismus.
- 3 Schelling, F. W. J., *Einleitung zu dem Entwurf eines Systems der Naturphilosophie*, Jena 1799. Auch in Schellings Werke. Nach der Originalausgabe in neuer Anordnung hrsg. von Manfred Schröter, 6 Bde., München 1927–1928, 2. Aufl. u. 6 Erg.-Bde., 1954–1959. Hier 2. Hptbd. S. 277. Siehe hierzu auch K. H. Wiederkehr, Christian Samuel Weiss (1780–1856)

- unter dem Einfluss der romantischen Naturphilosophie und sein Briefwechsel mit H. Chr. Oersted über Atomistik und Dynamik, *Centaurus* 31 (1988), 63–85.
- 4 Oersted, Ansicht S. 75. Die Originalschreibweise und Interpunktion ist übernommen und nur gelegentlich wird zum besseren Verständnis in eckigen Klammern eine Ergänzung eingefügt.
 - 5 Oersted, Ansicht S. 10 u. 258.
 - 6 Hermann, A., z. B., Der Dynamismus – ein Paradigma Anfang des 19. Jahrh., *Physikalische Blätter* 37 (1981) 322, und Gower, Barry, Speculation in Physics: The history and practice of Naturphilosophie, *Studies in History and Philosophy of Science* 3 (1973), 301–356. Gower geht in einem besonderen Kapitel auch auf Oersteds «Ansicht» ein, insbesondere auf den chemischen Teil. Die Vorstellungen von der Elektrizität und ihren Wirkungen werden nur am Rande behandelt; aber gerade diese stehen im Mittelpunkt unserer Betrachtungen.
 - 7 Ansicht, S. 11 u. 12.
 - 8 Ansicht, S. 276 u. 278.
 - 9 Ansicht, S. 72 u. 73.
 - 10 Ansicht, S. 65 u. 66. Als Ergänzung dazu S. 236: «... [zu] behaupten, dass in der organischen Natur ganz neue Kräfte, nicht neue Wirkungsformen der bekannten vorkommen, ist etwas ganz Unerwiesenes aufstellen. Man glaubt dadurch fälschlich die Würde der organischen Natur zu behaupten...» Siehe hierzu auch K. H. Wiederkehr, Christian Samuel Weiss etc., S. 66, Schellings Naturphilosophie.
 - 11 Ansicht, S. 67 u. 68.
 - 12 Ritter, J. W., Die Begründung der Elektrochemie etc., hrsg. von A. Hermann, Ostwalds Klassiker, Neue Folge, Bd. 2, Frankfurt 1968.
 - 13 Ansicht, S. 7.
 - 14 Ansicht, S. 133 u. 132.
 - 15 Siehe hierzu F. Rosenberger, Geschichte der Physik, 3. Teil, Braunschweig 1887–1890, S. 87. Ebenso Ansicht, S. 147.
 - 16 Ansicht, S. 133 u. 134.
 - 17 Ansicht, S. 288.
 - 18 Ansicht, S. 117, 122, 128, 146.
 - 19 Wiederkehr, Chr. S. Weiss etc. (vgl. Anm. 3), S. 76.
 - 20 Seebeck, Th. J., Über den Magnetismus der Galv. Kette. Ostwalds Klassiker Nr. 63, hrsg. von A. Oettingen, Leipz. 1895. Siehe dazu auch K. H. Wiederkehr, Zur Deutung magnetischer Phänomene im 19. Jahrh., *Physikalische Blätter* 44 (1988), 129–134, bes. 131.
 - 21 Ansicht, S. 143.
 - 22 Ansicht, S. 148.
 - 23 Ansicht, Kapitel Allg. Betracht. über die beiden Grundkräfte, S. 252–271, bes. S. 256, 258. Zu Beginn des Kapitels bemerkte Oersted, dass seine Vorstellungen vom Aufbau der Materie den Ansichten von Knight Gowin (An attempt to demonstrate that all the phaenomena in Nature may be explained by two simple active principles, attraction and repulsion, London 1748) recht nahe kommen.

Zur Geschichte dualistischer Naturauffassungen siehe A. Rüger, Dualistische Entwürfe zur Einheit der Naturphänomene und die Anfänge der Romantischen Naturphilosophie, in *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, hrsg. von F. Krafft, Bd. 8 (1985) S. 219–229.

- 24 Ansicht, S. 264.
- 25 Ansicht, S. 267, 268 u. 270.
- 26 Weiss Chr. S. etc., S. 66 ff.
- 27 Ansicht, S. 268 u. 270. – Schellings Werke, 2. Hptbd., S. 23 Fussnote 1.
- 28 Harding I (vgl. Anm. 1), S. 280–309, Briefwechsel über Atomistik und Dynamik, bes. S. 282, 286. Siehe auch Wiederkehr, Chr. S. Weiss etc., (vgl. Anm. 3), S. 78.
- 29 Ansicht, S. 109.
- 30 Ansicht, S. 263.
- 31 Ansicht, S. 265 u. 266.
- 32 Ansicht, S. 297.
- 33 Ansicht, S. 8 u. 9.
- 34 Franklin, Benjamin, Briefe von der Elektrizität, aus dem Englischen übersetzt nebst Anmerkungen von J. C. Wilke, Leipzig 1758. – J. C. Wilke, Electricische Versuche und Untersuchungen, in: Abhandlungen aus der Naturlehre, Haushaltungskunst und Mechanik der Königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften, ins Deutsche übersetzt von Abraham Gotthelf Kästner, 1758, 20. Bd., Hamburg und Leipzig 1759. – Ders., De electricitatibus contrariis, Rostock 1757. – Ders., Fernere Untersuchung von den entgegengesetzten Elektrizitäten bey der Ladung und den dazugehörigen Theilen, in: Abh. aus der Naturlehre etc., 1762, 24. Bd., übers. von Kästner, Hamburg und Leipzig 1765. – Siehe auch K. H. Wiederkehr, Die Vorstellungen vom molekularen Aufbau der Dielektrica in historischer Sicht, *Sudhoffs Archiv* Bd. 52, H. 1 (1968), S. 67–78. – Ähnliche Ideen entwickelte auch F. U. Th. Aepinus, der mit Wilke zeitweilig eng zusammenarbeitete, in seiner Schrift: Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, Petersburg 1759. Wilke und Aepinus neigten zuletzt der Symmerschen Theorie von zwei Elektrizitätsarten zu. Siehe auch F. Rosenberger, Geschichte der Physik, (vgl. Anmerk. 15), hier T. 2, S. 326–329, und auch D. Hoffmann, Franz Ulrich Theodosius Aepinus: Eine neue Etappe der Elektrizitätslehre. *Wissenschaft und Fortschritt* 30 (1980) S. 476–479.
- 35 Ansicht, S. 136.
- 36 Ansicht, S. 138, 139.
- 37 Ansicht, S. 140.
- 38 Ansicht, S. 142, 146.
- 39 Ansicht, S. 165.
- 40 Ansicht, S. 222.
- 41 Ansicht, S. 223.
- 42 Schelling, F. W. J., Von der Weltseele, eine Hypothese der höheren Physik zur Erklärung des allgemeinen Organismus, nebst einer Abhandlung über das Verhältniss des Realen und Idealen in der Natur oder Entwicklung der ersten Grundsätze der Naturphilosophie an den Principien der Schwere und des Lichts, Hamburg 1798; 2. Aufl. 1806, 3. Aufl. 1809. – Auch in Schellings Werke, hrsg. von M. Schröter, 1. Hptbd., S. 414–651, bes. S. 450–455, Zitat S. 454. – Ideen zu einer Philosophie der Natur als Einleitung in das Studium dieser Wissenschaft, Leipz. 1797. 2. Aufl. 1803; Werke 1. Hptbd., S. 653–723, bes. S. 657.
- 43 Ansicht, S. 225.
- 44 Ansicht, S. 256–260.
- 45 Ansicht, S. 247.
- 46 Ansicht, S. 249, 250, 251.

- 47 Zur Magnetisierung durch den Blitz siehe P. Th. Riess, Die Lehre von der Reibungselectricität, 2 Bde., Berlin 1853, 2. Bd., S. 548; Ebenso G. Wiedemann, Die Lehre von der Electricität, 4 Bde., Braunschweig 1881–1885, 3. Bd. S. 98. – Ritter J. W., Einiges über Nordlichter und deren Periode, und über den Zusammenhang des Nordlichts mit dem Magnetismus etc., in: *Ann.d.Phys.*, hrsg. von L. W. Gilbert, 15 (1803), 206. Ferner Chr. Hansteen, Über die vier magnetischen Pole der Erde, Perioden ihrer Bewegung, Magnetismus der Himmelskörper und Nordlichter (Auszug eines vom Hrn. Prof. Oersted mitgetheilten Briefes des Hrn. Dr. Hansten zu Friedrichsburg in Dänemark an denselben), in: *Journal für Chemie und Physik*, hrsg. von J. S. Chr. Schweigger, 7. Bd. Nürnberg 1813, S. 79–94.
- 48 Harding (vgl. Anm. 1) II, S. 84, 135 u. 136.
- 49 Ansicht, S. 251.
- 50 Schelling, F. W. J., Ideen zu einer Philosophie der Natur (1797), Werke 1. Erg. Bd. S. 172.
- 51 Französische Annalen für die allgemeine Naturgeschichte, Physik, Chemie, Physiologie und ihre gemeinnützigen Anwendungen, hrsg. von C. H. Pfaff und Friedländer, Hamburg 1802, S. 246. Siehe auch den Brief Ritters vom 22.5.1803 an Oersted, worin Ritter genauere Auskunft über die «Coulombsche Entdeckung des Magnetismus aller Körper» erbittet. Harding II, S. 38.
- 52 Faraday, M., Experimental Researches in Electricity, Nr. 918: "All the facts show us that power commonly called chemical affinity, can be communicated to a distance through the metals and certain forms of carbon; that the electric current is only another form of the forces of chemical affinity; that its power is in proportion to the chemical affinities... that, in other words, *the forces termed chemical affinity and electricity are one and the same.*"
Deutsche Übersetzung von S. Kalischer, Experimental-Untersuchungen über Electricität, 3 Bde., Berlin 1889–1891, Bd. 1, S. 247.
- 53 Exp. Res. in Electr., Nr. 1338: "I look upon the first effect of an excited body upon neighbouring matters to be the production of a polarized state of their particles, which constitutes *induction*;... If the induction remain undiminished, then perfect insulation is the consequence; and the higher the polarized condition which the particles can acquire or maintain, the higher is the intensity which may be given to the acting forces. If, on the contrary, the contiguous particles, upon acquiring the polarized state, have the power to communicate their forces, then conduction occurs, and the tension is lowered, conduction being a distinct act of discharge between neighbouring particles." Kalischer, Bd. 1, S. 383.
- 54 Einen derartigen Einfluss hält L. Pearce Williams, The Origins of Field Theory, Boston Univ. Press of America 1967, Neuaufl. 1980, bes. S. 32–63, für möglich und wahrscheinlich.

Summary

Oersted's «Ansicht der chemischen Naturgesetze» (1812) and his philosophical ideas on electricity and magnetism

As a "dynamist" Oersted was in the tradition of Kant, Schelling and Ritter. In his short treatise "Ansicht", "Viewpoint" or "Look at the Laws of Nature in Chemistry" (1812), Oersted put forward a view entirely his own concerning the affinity of substance and the properties of

matter. Central to his idea is the existence of two opposing basic forces, which he equalizes with positive and negative electrical charges. Oersted tried to give a single, unified explanation of chemical bonding, electrochemical processes, and indeed of all electrical phenomena known in his time, by describing various forms of activity and reaction exhibited by a primordial force with a state of tension and equilibrium, duality and polarization. Oersted's conceptions about electricity and its properties are the crucial part of our considerations. Electrical "distribution" (dipolar formation) and "communication" (charge transmission) are of key importance to Oersted. Those forms of activity, moreover, that we call warmth and light are the consequence of an interaction or "conflict" of forces. At this stage in his work, Oersted cannot show a relationship between the two forms of activity, electricity and magnetism, but he does not give up hope of achieving this. In our opinion his concept of the forces that pervade all space ranks as of considerable historical importance in relation to proximity effect and polarization. Faraday used similar ideas later on, when developing his concept of the electromagnetic field.

Résumé

Le livre d'Oersted «Ansicht der chemischen Naturgesetze» (1812) et ses idées philosophiques sur l'électricité et le magnétisme

Les idées qu'Oersted se faisait de la nature étaient déterminées par la *Naturphilosophie* romantique. Dans son livre de 1812, il explique d'une manière nouvelle la structure de la matière et la parenté chimique des différentes substances. Il part de l'hypothèse qu'il existe, dans la nature, deux forces fondamentales et opposées, qu'il identifie à l'électricité positive et négative. De ces deux forces primaires, qui essentiellement ne sont qu'une seule, Oersted fait découler tous les phénomènes chimiques connus. Il essaye de décrire les processus physico-chimiques en termes de tension et d'équilibre, de dualité et de polarisation (c. à d. transition de l'homogène vers l'hétérogène).

L'auteur met en relief surtout les idées d'Oersted sur l'électricité et ses effets. Un rôle-clé y revient à la «distribution» et la «communication» (formation de dipôles; transition de charges). Le conflit des deux forces primaires produirait aussi la chaleur et la lumière. D'autre part, Oersted ne réussit pas encore à mettre en rapport l'électricité et le magnétisme.

La conception, présentée par Oersted, de forces qui remplissent l'espace tout entier revêt une grande importance historique. Son idée que ces forces exercent des effets polarisateurs sur des corps voisins dans l'espace évoque déjà la théorie du champ de Faraday.

Dr. rer. nat. habil. Karl Heinrich Wiederkehr
Studiendirektor i. R. und Privatdozent für Geschichte der Naturwissenschaften
D-2000 Hamburg 76
Birkenau 24

