

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

Die höhere Schule

# Die höhere Schule

Verantwortlich: Oberreg.-Rat Prof. Dr. Ernst Fehrle, Karlsruhe, Schloßplatz 14/18  
Sachbearbeiter: Lehramtsassessor Dr. K. Friedrich Probst, Karlsruhe, Westendstr. 55

## Der biologische Unterricht in den höheren Schulen.

Von Adolf Leiber.

### A. Aufgabe des biologischen Unterrichts.

Die Biologie hat als Lehrfach an Höheren Schulen lange die Rolle eines Nebenfaches gespielt. Ihr Inhalt schien neben wichtigen Bildungsfächern unbedeutend, mehr zum Ornament am Bau des Wissens geeignet als zu einem unentbehrlichen Baustein; ihr Bildungswert mehr auf das Gemüt bezogen als auf die Gesinnung. Diese Auffassung stammt aus einer Zeit, in der die Naturgeschichte der Schule ihr Genügen in einer Beschreibung der Naturdinge fand. Als aber in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts der Kampf um die Abstammungslehre und ihr endlicher Sieg Tier- und Pflanzenkunde nicht nur volkstümlicher machte als zuvor, sondern auch in der biologischen Bildung ein Kampfmittel im Streit der Meinungen erkannt wurde, dessen Handhabung umso notwendiger erschien, je mehr die Lehren der Abstammungsforscher, vor allem Darwins und seiner Schüler, aus den Grenzen der Naturlehre hinaus in Weltanschauung und Leben griffen, da erkannte man den unumgänglichen Bildungswert der Biologie immer mehr. So kamen die Meraner Beschlüsse zustande, unter deren Eindruck der badische Lehrplan von 1912 unmittelbar steht. Allein noch immer blieb die Biologie, die Lebenslehre, dem Leben fern und erschien in ihrem theoretischen Teil als abstrakte Wissenschaft, deren unmittelbare, durch nichts anderes ersetzbare Wichtigkeit der Fernerstehende nicht einsehen wollte. Daher stammt eine gewisse Verachtung, selbst von Seiten „effakter“ Naturwissenschaftler. Daß aber der Mensch selber, nicht nur in seinem Bau, sondern in allen seinen Äußerungen, in Sprache, Geschichte, Volkstum, ja Ethik biologisches Objekt ist, und alle diese Beziehungen der Menschen untereinander und zur Umwelt nur biologisch begriffen werden können, das zeigt sich in jenem Lehrplan noch kaum. Erst der gegenwärtigen Staatsführung danken wir die Einsicht von der Notwendigkeit, das ganze Volk biologisch denken zu lehren, es zu der Überzeugung zu führen, daß die Biologie diejenige Wissenschaft ist, welche das Wesen des Menschen am nächsten angeht, weil der Mensch in seinem ganzen Sein biologischer Gegenstand ist. Diese neue Stellung nimmt der Staat der Biologie gegen-

über deshalb ein, weil er in dem biologisch geschulten Volksgenossen einen wissenden und bewußten Kämpfer um die Pflege der Volksgesundheit erkennt. Nur wenn das Volk über Rassenkunde, Rassen- und Erbpflege unterrichtet ist, vermag es mit innerer Überzeugung an seinem Wohl zu arbeiten. Allein die Einsicht von der biologischen Bedingtheit des Menschen und des Volkes reicht noch weiter. Nicht nur die unmittelbaren Lebensfunktionen des Menschen sind biologisch, also aus den Lebensgesetzen der Organismenwelt heraus zu verstehen, sondern sein gesamtes Verhältnis zu Außen-, Mit- und Umwelt. Seine Beziehungen zu Grund und Boden sind biologisch, seine Geschichte ist biologisch, sein Handel, sein Geist und seine Religion. Fern von jedem beschränkten Materialismus kämpfen wir uns zu dieser Überzeugung durch, indem wir das Leben selbst als etwas Transzendentes, nicht durch menschliche Logik Auflösbares erkennen. Wenn dies begriffen ist, so gibt es keine Kluft zwischen Religion und Wissenschaft, und gerade die Biologie kann die beste Freundin und Stütze religiöser Gesinnung sein.

So tut sich für den biologischen Unterricht ein weites Feld der Tätigkeit auf. Bei allem aber ist höchstes Ziel die Herausarbeitung der Stellung des Menschen im Naturganzen, wobei die Beziehungen der Menschen untereinander als Völker, Familien und Sippen nicht vergessen werden dürfen. Dies alles, das endlich das Eigengesetzliche des Menschen begreifen läßt, kann aber nur durch Erforschung des Allgemeingesezlichen der Lebenserscheinungen erfaßt werden. So greifen alle Teile der Lebenskunde, ausgegangen von den rein morphologischen, zum Aufbau eines Weltbildes ineinander, in dem der Mensch je nach der Blickrichtung den Mittelpunkt, oder nur einen geringen Teil bildet.

Die Eigenart des Schulunterrichts bedingt durch das allmähliche Heranreifen des Schülers von einem sehr kindlichen Zustand an bis zu Fähigkeit und Trieb zu selbständigem Urteil und persönlicher Stellungnahme zu den Fragen des Daseins eine wesentlich andere Anordnung des Stoffes, als wenn man, etwa auf der Hochschule, mit reifen Menschen auf dasselbe Ziel lossteuern wollte. Auch ist der Zweck des Unterrichts

gerade auf der Höheren Schule nicht nur Belehrung, sondern auch Erziehung. Die schöne Aufgabe des Lehrers ist dabei, daß ihn bei jeder Altersstufe über den jeweils besonderen Aufgaben der endlich werdende Abschluß zu leiten hat, der, von den Schülern nicht empfunden, sie doch mehr und mehr in die Stimmung versetzt, am Ende des Schullehrgangs am eigenen Werden zu spüren, wie sich die früher getrennt emporgewachsenen Pfeiler zu einem einheitlichen Gewölbe schließen. Dieses Ideal wird sich wohl nur unter ganz besonders günstigen Umständen, z. B. an kleinen Schulen erreichen lassen; in den meisten Fällen wird es durch vielerlei Ursachen gestört sein. Vor allem liegen die Störungen in der Zerissenheit unseres Unterrichts. In den 9 Jahren, in denen der Schüler zum Manne wird, wechseln Lehrer, Lehrabsichten und Lehrverfahren. Auch wechselt die Zusammensetzung der Klasse; oft ist nach Abschluß der Untersekunda die nächste Klasse in ihrem Gesamtbild nicht wiederzuerkennen. Viele haben die Schule verlassen, neue Schüler mit anderer Vorbildung sind eingetreten. Der Lehrer steht dann gerade in Biologie vor dem Zwang, notdürftig einen neuen Unterbau zu schaffen. Dieser Mangel wird sich wohl niemals ganz beseitigen lassen, allein eine Besserung der Lage wäre möglich, wenn der biologische Unterricht von Anfang an grundsätzlich von Biologen erteilt würde, denen die eben auseinandergesetzten Gedankengänge zur Selbstverständlichkeit geworden sind. Es müssen auch in den unteren Klassen Lehrer wirken, die die Hauptprobleme von innen heraus kennen und sie in pädagogisch vernünftiger Weise als Leitstern vor sich sehen; die sich darüber klar sind, daß der Unterricht nicht auf eine unregelmäßige Anhäufung von Sachwissen hinausläuft, sondern daß alles, was zu lernen ist, als notwendiger Baustein zu werten ist; die die Bildung nicht in einer Summe von Einzelkenntnissen sehen, sondern als die Fähigkeit erkennen, aus den Erscheinungen das allgemeine Gesetz abzuleiten. Wenn auf diese Weise ein einheitliches Lehrziel (der Mensch als biologischer Gegenstand) angestrebt wird, dann wird auch ein Lehrerwechsel, selbst zu Beginn der abschließenden Oberklassen, nicht so unglückliche Folgen haben als bisher meistens. Ein zweiter wesentlicher Mangel ist die geringe Zahl der Lehrstunden von Untersekunda ab. Vielleicht noch mehr die zeitlich weite Trennung der Stunden. Das größte Unglück der einen Wochenstunde ist die dadurch bedingte Zerhackung des Lehrgangs. Schon aus diesem Grunde müssen in den Oberklassen wie in den jüngeren Jahrgängen mindestens zwei Wochenstunden für Biologie gefordert werden.

### B. Querverbindungen.

Infolge der dargelegten Vielseitigkeit und durch ihr Hineinragen in alle menschlichen Dinge erweist sich die Biologie als ein vorzügliches Kristallisationszentrum für die Konzentration des Unterrichts. Nach allen Richtungen des Gesamtunterrichts strahlen ihre Zusammenhänge aus. Abgesehen von den nie umstrittenen Beziehungen zu den übrigen naturwissenschaftlichen Fächern, insbesondere Physik und Chemie, liegen auch deutlich erkennbare Verbindungen mit der philosophischen Seite zu Tage.

In den biologischen Unterricht ragen herein:

1. Heimatkunde,
2. Geographie,
3. Deutschkunde (und fremde Sprachen),
4. Weltgeschichte und Menschenkunde (im weitesten Umfang), nämlich:
  - a) Gesellschaftslehre (Volk, Staat, Sozialismus),
  - b) Wirtschaftslehre,
  - c) Siedelungslehre,
5. Philosophie und Religion:
  - a) Logik,
  - b) Erkenntnislehre,
  - c) Ethik,
6. Ästhetik und Kunstlehre.

### 1. Biologie und Heimatkunde.

Es ist eine längst anerkannte Forderung an den biologischen Unterricht, in die Kenntnis der Heimat einzuführen und auf inneres Begreifen der heimatlichen Eigenart gegründete Liebe zur Heimat zu wecken und zu pflegen. Es liegt im Lehrstoff und dem Reifezustand der Schüler, daß dies gerade in den untersten Klassen geschehen soll; allein auch in jeder anderen Altersstufe lassen sich die Beziehungen zur engeren und weiteren Heimat, auch jener, die sich der Deutsche als Kulturträger irgend welcher Art in fremden Ländern sucht, aufdecken und einprägen. Tiere und Pflanzen der Heimat werden die ersten Gegenstände der Belehrung sein, und ihr Anteil am Heimatbild wird so behandelt werden, daß das Eigentümliche unseres Landes nicht nur in seinem gegenwärtigen Zustand, sondern auch in seiner Vorgeschichte deutlich zum Ausdruck kommt. Pflanzen- und Tierkunde, insbesondere die Behandlung der für das Leben des Menschen wichtigen Dinge, eröffnen weiteste Verbindungen. Waldbäume und Waldtiere; Kulturpflanzen und Haustiere; Tiere, die sich an das Leben in der Nähe des Menschen angepaßt haben, wie Schwalben, Störche, Hausmarder, Hausmaus; die Singvögel; die Fische unserer Süßgewässer und unserer Meere; die Geschöpfe der Gebirgswelt lassen sich in unmittelbarem Bezug zur heimatlichen Landschaft behandeln; ihre Vermehrung und ihr Verschwinden mit den Wandlungen der Kulturformen des heimatlichen Bodens in Zusammenhang bringen und verstehen. So bleibt Tier- und Pflanzenkunde nicht eine nüchterne Formensammlung, sondern wird zu einem wesentlichen Bestandteil unseres Gesamtdaseins als eines geschichtlich gewordenen Zustands. Bis in die obersten Klassen reichen die Aufgaben, die sich aus einer so betrachteten Lebenskunde ergeben; sie werden umso tiefer und ergiebiger, je mehr mit voranschreitendem Alter die Heimatliebe aus einem kindlichen Gefühl der Gewöhnung zur ethisch begriffenen Verpflichtung gegenüber Land und Volksgenossen heranreift.

### 2. Biologie und Geographie.

Aus der Heimatkunde entfaltet sich die Kenntnis des Antlitzes der Erde. Die Biologie hat wesentlichen Anteil an dessen Darstellung. Auch hier beginnt ihre Aufgabe schon in den untersten Klassen. Denn es wäre eine törichte Beschränkung, wollte man im Anfangs-

unterrichtet seine Aufmerksamkeit nur auf die Gegenstände der Heimat richten. Die von uns von Anfang an geforderte Vergleichung der Formen verlangt Hinweis auf fremde Tiere und Pflanzen. Man wird in Sexta die Katze nicht behandeln, ohne hernach Löwe, Tiger, Puma zu erwähnen und dabei ein Bild von deren landschaftlicher Umgebung zu entwickeln. Strauße und Beuteltiere geben Gelegenheit, auf Probleme der Beziehungen zwischen Australien, Südafrika und Südamerika hinzuweisen. Der Elefant erscheint in seinem Vorfahren Mammut als Bestandteil unserer Urheimat und als Gegner und Genosse der Urbewölkerung unseres Landes. Das im Bodeneis unverwest aufgefundene Mammut wieder läßt uns in die gegenwärtige Eigenart Nordasiens blicken und ein Bild des Aussehens unserer eigenen Heimat zur Zeit des Urmenschen entfalten. In den Mittel- und Oberklassen ergeben sich die vielseitigsten Beziehungen zu Geographie, nicht nur, weil die wirbellosen Tiere aus allen Weltgegenden, insbesondere Meeren, behandelt werden, sondern vor allem, weil Tier- und Pflanzengeographie einen wesentlichen Bestandteil des Unterrichts bilden sollen. So drängen sich unumgängliche Hinweise auf Klimakunde, Meereskunde, Erdgeschichte, insbesondere Geschichte der Diluvialzeit auf, worin die vorgeschichtlichen Tiere und Pflanzen wertvolle Belege liefern. Die Tier- und Pflanzenregionen der Erde und Europas geben Anlaß zu gründlicher Auffrischung der im Geographieunterricht behandelten Morphographie der Erde. Die Formationen geleiten uns zu einem Verständnis der Physiographie der Erdoberfläche. Die Polargebiete sind gerade vom biologischen Standpunkt aus eingehend zu behandeln. Die Beziehungen zwischen Biologie und Geographie sind so eng, daß beide Wissensgebiete kaum von einander zu trennen sind.

### 3. Biologie und Deutschkunde.

Die Verbindungen der Biologie mit der Sprachkunde sind eng und zahlreich. Schon die Namen von Tieren und Pflanzen führen uns auf sprachliche, sprachgeschichtliche und mundartliche Zusammenhänge. Prüft man die Namen, insbesondere Pflanzennamen, auf ihre Herkunft, so findet man, daß nur die Pflanzen einen wirklich volkstümlichen Namen haben, die im Leben des Volkes entweder eine Rolle als Nahrung, Heil-, Gift- oder Zauberpflanzen spielen, oder zu Tieren, die im Volksleben eine Rolle spielen, irgendeine Beziehung haben. Bei weitem der Mehrzahl der Pflanzen fehlt ein volkstümlicher Name, weil sich das Volk nicht um sie kümmert. Die deutschen Namen in Büchern sind Kunstnamen, meist Übersetzungen des lateinischen Gelehrtennamens, wie Windröschen für Anemone, Löwenzahn für Leontodon. Der lateinische Name ist oft eine Verlegenheitsbildung und entspringt unergründlichen Gedankenverbindungen des Beschreibers. (Sehr launig hat sich einmal Löss über den lateinischen Namen der Wegschnecke *Arion empiricorum* ausgesprochen.) Auch Namen wie Wiesenschäumkraut scheinen willkürliche Erfindungen der Schulmeister zu sein, veranlaßt durch den Wunsch, der Pflanze einen deutschen Namen zu geben, der sie von anderen Arten unterscheiden läßt. Dazu aber sind die wissenschaftlichen lateinischen Namen da. Im Volk heißt

die Pflanze Kuckucksblume und teilt diesen Namen mit einem halben Duzend anderer Frühlingspflanzen; denn das Volk hat nicht das Bedürfnis nach systematischer Sonderung, sondern wünscht im Gegenteil die Zusammenhänge der Naturerscheinungen auszudrücken. Es ist eine dankbare Aufgabe, die volkstümlichen Namen ausfindig zu machen; oft stößt man dabei auf recht derbe, die in keinen Büchern stehen. Wenige Pflanzen haben uralte Namen deutschen Ursprungs, vor allem Bäume. Viele andere Namen, wie Rose, Veilchen, Lilie, Spelz, Ulme, und die Namen vieler Würzkräuter sind Lehnwörter; andere sind später eingeführte Kunstnamen, wie Lavendel, Anemone. Manchmal aber tritt das Umgekehrte ein: um einen lateinischen Namen zu bilden, wird aus dem urdeutschen Wort ein lateinisches Kunstwort gebildet: *aquilegia* aus Akelei (abd. *agaleia*) mit Anlehnung an *aqui-lex*. Eine große Zahl von deutschen Namen, die in der Schule gelehrt werden, stammen erst aus der Zeit der botanischen Systematik und verdrängen, sofern solche vorhanden sind, die alten Volksnamen.

Tier und Pflanze verknüpfen in Märchen, Sagen, Sprichwörtern die Naturkunde mit der Volkskunde; für die unteren Klassen findet sich hier reichlich Gelegenheit zur Verbindung mit dem Deutschunterricht. Auch läßt sich das neuere deutsche Schrifttum, vor allem die naturverbundenen kleinen Erzählungen von Hermann Löss, zur Verzahnung mit dem Deutschunterricht verwenden.

Die Geschichte der Siedelungen, auch Kulturzustände früherer Jahrhunderte lassen sich oft durch Orts- und Gewann-Namen verfolgen, in denen Tier- und Pflanzennamen vorkommen oder zu Siedelungszwecken vorgenommene Änderungen der Bestockung zum Ausdruck kommen. Die frühere Ausbreitung jetzt ganz oder nahezu ausgestorbener Tiere und Pflanzen (Biber, Eibe) kann oft aus Ortsnamen ermittelt werden. Freilich ist bei solchen Auslegungen Vorsicht geboten: Bär kann sowohl mit Beere als mit brennen (Bernstein als Bergname) verwechselt werden; Tiernamen auf Familiennamen zurückgehen (Wolfsberg).

Auch mit fremden Sprachen ergeben sich Zusammenhänge. In Gymnasien und Realgymnasien möge die antike Tierwelt oder im besonderen die Tierwelt Homers gelegentlich einmal Beachtung finden.

Eine Querverbindung anderer Art tut sich für die obersten Klassen auf, wenn wir unsere großen Dichter als Naturfreunde oder Naturforscher kennen lernen. Dichtergabe und Naturliebe reichen sich oft die Hand: sie haben einen Ursprung. In den höheren Schulen darf die Naturkunde nicht abgeschlossen werden, ohne daß die Bedeutung Goethes als Naturforscher gewürdigt ist.

So finden sich in allen Altersstufen fruchtbare Verbindungen, die dem Schüler zeigen, wie eng die Naturkunde mit deutschem Volk und deutschem Wesen verknüpft ist.

### 4. Biologie und Menschenkunde.

#### a) Gesellschaftslehre.

Die menschliche Gesellschaft ist eine biologische Gemeinschaft. Die Scharung der Einzelmenschen zu Familie und Volk, die Bildung von Staaten, die gegen-

seitige Beziehung der Staaten sind in ihrem Ursprung biologische Erscheinungen. Sie werden verstanden, wenn entsprechende Erscheinungen in Pflanzen- und Tierwelt begriffen sind. Die Behandlung der sozialen Bildungen in der organischen Natur gestattet uns wertvolle Ausblicke in die Soziologie des Menschen und läßt diese als Ausdruck eines allgemeinen Naturgesetzes erkennen. Die Brutpflege und Sorge für die Nachkommenschaft führt bei fast allen Tierarten zu Familienverbänden, deren Zusammenhalt von verschiedener, bisweilen periodisch wechselnder Festigkeit ist. Familien scharen sich zu Herden, Völkern, die gewissermaßen zu Personen höherer Ordnung werden, deren Wohl sich das Einzelwesen als wertvoller, aber nicht unerlässlicher Bestandteil unterordnet. Bei hochentwickelten Tiervölkern wie den Bienen und Ameisen, ist der Selbsterhaltungstrieb des Einzelwesens

von der Sorge, man möchte fast sagen dem Pflichtgefühl, für das Gesamtvolk überdeckt. Hier wurzelt der Begriff der Wehrverpflichtung. Das Einzelwesen wird vom Staat für den Staat unterhalten. Der Begriff der Arbeitsteilung ist durch und durch biologisch. Man kann auch noch eine Ebene tiefer steigen und die Arbeitsteilung der Zellen im Zellenstaat des Einzelwesens zum Vergleich beziehen. Durch die ganze organische Natur gilt das Gesetz, daß in sozial niederen, lockeren Verbänden das Einzelwesen alle lebensnotwendigen Verrichtungen selbst ausführt, dagegen, je enger die Bindung zu sozialer Einheit ist, um so mehr die Sonderausbildung des Einzelwesens sich zeigt, damit die Gebundenheit ans Ganze und das Bedürfnis gegenseitiger Hilfe. Die Analogie mit dem menschlichen Staat ist auffallend und begreiflich, weil auch dort der Ursprung biologisch ist.

(Schluß folgt.)

## Das elektromagnetische Feld.

Von f. Peter.

Der Unterricht der Elektrizitätslehre an Höheren Schulen ist im Augenblick in einer grundlegenden Umgestaltung begriffen. Wie immer in solchen Fällen werden dabei so mannigfaltige Verbesserungen sachlicher, methodischer oder experimenteller Art vorgeschlagen, daß es selbst für den Fachmann nicht immer einfach ist, festzustellen, worin sich sachlich die alte Auffassung von der neuen unterscheidet. Und doch handelt es sich hier um Fragen, welche auch für den Nichtphysiker von Interesse sein können. Ich will hier versuchen, die zwei Auffassungen vom Wesen der elektrischen Erscheinungen klarzulegen, ohne Formeln zu benutzen. Ich gehe nicht ein auf Neuerungen methodischer Art, wie etwa auf die Einführung des internationalen Maßsystems, so wichtig sie auch für den Unterricht sein mögen.

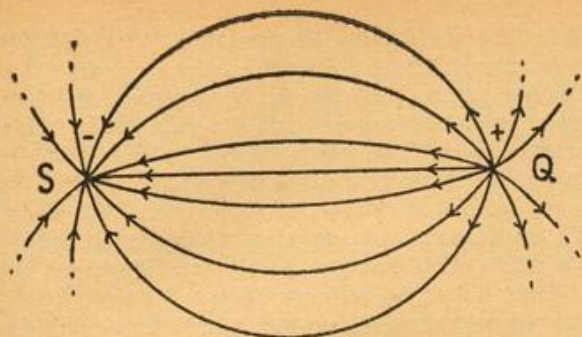
Als man die elektrischen und die magnetischen Erscheinungen entdeckte, waren sie durchaus rätselhaft. Man hat versucht, sie verständlich zu machen, indem man gut bekannte Vorgänge zum Vergleich heranzog. So wählte man als Vorbild der älteren Theorie der Elektrizität die klassische Mechanik. Diese Mechanik lehrte, wie sich alle Bewegungsvorgänge zurückführen lassen auf den Zusammenstoß und auf Anziehungskräfte einzelner Masseteilchen. Für sie existiert nur die Materie. Materiefreier Raum ist leer, eigenschaftslos. So lassen sich beispielsweise die Bewegungen der Planeten und Kometen um die Sonne aufs genaueste voraussagen, wenn man die Kräfte berechnet, mit denen diese Himmelskörper einander anziehen. Die Kräfte wirken unvermittelt über große Entfernungen, auch wenn sich nur leerer Raum zwischen den Gestirnen befindet. Man suchte nun nach ähnlichen Gesetzen zwischen elektrisch geladenen Teilchen und fand eine merkwürdig gute Übereinstimmung mit der Mechanik. Man mußte annehmen, daß es außer der neutralen

Materie andere unzerstörbare „Substanzen“ gibt, die positive und die negative elektrische Ladung. Wie man die Materie nicht endlos teilen kann, sondern schließlich zu den Molekülen und Atomen kommt, so gelangte man auch bei diesen Ladungen zu kleinsten Teilchen, von denen allerdings fast nur die negativen, die Elektronen, frei von Materie beobachtet werden konnten. Elektrisch geladene Körper ziehen sich an oder stoßen sich ab, je nachdem ihre Ladungen gleich oder entgegengesetzt gerichtet sind. Bewegt man die Ladungen, so redet man von einem elektrischen Strom. Genau so nennt man die Bewegung von Materie, etwa von Wasser, eine Strömung. Ein elektrischer Strom lenkt eine Magnetnadel ab, bei Bewegung elektrischer Ladungen treten also zu den elektrischen Kräften magnetische hinzu. Man empfand zuerst als störend, daß die Mechanik dazu keine Analogie liefert. Bewegte materielle Körper üben keine anderen Kräfte aus als unbewegte. Aber schließlich soll die Mechanik ja nur Gleichnis sein; wir können nicht erwarten, daß die Gesetze der Mechanik völlig ungeändert auf das Gebiet der Elektrizität übertragen werden können.

So ist es geglückt, fast alle Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus befriedigend zu erklären. Man nennt diese Theorie „Fernwirkungstheorie“; sie nimmt Anziehungskräfte an, die unvermittelt durch den leeren Raum wirksam sind.

Aber das ist nicht die einzige Möglichkeit, elektrische Erscheinungen durch mechanische Bilder zu veranschaulichen. Einen zweiten Weg will ich an folgendem Beispiel zeigen.

Denken wir uns eine mit Wasser gefüllte Wanne, welche bei Q einen Zufluß (Quelle) und bei S einen Abfluß (Senke) besitzt. Die Strömung erfolgt so langsam, daß Reibung und Wirbelbildung vernachlässigt werden können. Das Wasser fließt entlang den ge-

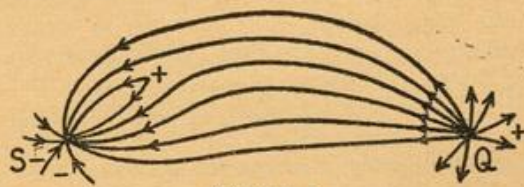


Figur 1.

zeichneten Linien, den Stromlinien, von Q nach S. Ein im Wasser schwimmender Körper wird sich von Q nach S bewegen, genau so wie ein elektrischer Körper, der von Q abgestoßen, von S angezogen wird. Wie in der Elektrizität gilt das „Coulombsche Gesetz“: die Geschwindigkeit nimmt mit der Entfernung von Q oder S ab. Und doch wird hier niemand von einer Anziehungskraft reden, die von Q oder S in die ferne wirken könnte. Die Wasserteilchen werden eben einfach von Q nach allen Seiten weggedrängt und gelangen allmählich nach S. Sind die Vorgänge der elektrischen Anziehung vielleicht von ähnlicher Art? Geht auch dort etwas von Q, vom positiven Pol, aus und drängt eine positive elektrische Ladung nach dem negativen Pol, nach S? Zwar fehlt hier offenbar ein Fluidum, das analog dem Wasser die geladenen Teile durch den leeren Raum von Q nach S trägt. Wohl aber lassen sich die Linien beobachten, auf denen sich die Ladung bewegen muß, und die den Stromlinien des Wassers entsprechen. Wir nennen sie Feldlinien. Auf die Frage, was diese Feldlinien eigentlich sind, kann ich nur mit einem Vergleich antworten. Wir können sie uns wohl veranschaulichen durch Stromlinien des Wassers, ihrer Natur nach sind sie aber nicht zurückzuführen auf das Fließen einer hypothetischen Flüssigkeit. Auch hier finden wir, daß die von der Mechanik gelieferten Bilder nicht völlig zur Beschreibung elektrischer Vorgänge ausreichen.

Die elektrischen Erscheinungen lassen sich also auch beschreiben, ohne daß Fernkräfte zur Hilfe genommen werden. Wir denken uns den Raum zwischen den Ladungen, auch wenn er von Materie frei ist, nicht als „leer“, als eigenschaftslos, sondern erfüllt von elektrischen Feldlinien. Diese Feldlinien können nie frei im Raum enden, können einander auch nie schneiden; ihr Anfang und ihr Ende liegt immer auf einer Ladung. Die Gesamtheit aller Feldlinien heißt Feld. Das Feld ist ein Begriff, der gleichberechtigt neben die Ladung tritt. Im Feld wird eine positive Ladung von Q nach S wandern, nach unserer Auffassung nicht, weil sie angezogen oder abgestoßen wird, sondern weil auch von ihr Feldlinien ausgehen. Diese Feldlinien können wohl in S, dem negativen Pol, nicht aber in Q enden; sie werden von Q weggedrängt. Genau so würde eine schwimmende Quelle sich von Q entfernen, weil ihr Wasser von dem aus Q fließenden weggedrängt wird. Die Annahme einer Anziehungskraft ist vollkommen überflüssig. Abstößung und Anziehung wird vorgetäuscht dadurch, daß die Feldlinien einander gegenseitig verdrängen und dabei die Ladungen mit-

nehmen. Wie die Stromlinien, so sind natürlich auch die Feldlinien an sich nicht zu bemerken. Erst wenn sich auf ihnen ein Körper bewegt, kann man ihren Verlauf feststellen. Betrachten wir nicht nur ruhende, sondern auch bewegte Ladungen, also elektrische Ströme, so treten zu den elektrischen die magnetischen Feldlinien hinzu. Auch sie können als Stromlinien anschaulich gemacht werden, sind also von ähnlicher Art wie die elektrischen. Stets wirken elektrische Feldlinien nur auf elektrische, magnetische auf magnetische ein. Wohl aber können unter Umständen elektrische Feldlinien durch magnetische erzeugt werden und umgekehrt. Diese Feldlinien sind dann immer geschlossene Kurven, sie entsprechen in unserm Modell Wirbeln, in denen sich das Wasser ja auch auf geschlossenen Bahnen (Reisen) bewegt.



Figur 2.

Welcher von den beiden Theorien ist nun der Vorzug zu geben? Beide führen in der Lehre von der ruhenden Elektrizität, in der Elektrostatik, zu genau denselben Ergebnissen, ebenso in der Lehre von den Gleichströmen und den technischen Wechselströmen. Lange Zeit war die Feldtheorie komplizierter als die Fernwirkungslehre. Mit folgenden Mitteln konnte sie vereinfacht werden und Eingang an den Schulen finden.

1. Man konnte die mathematisch schwierig zu behandelnden Feldgleichungen als Wechselwirkungen von Feldlinien deuten.
2. Durch Einführung der Atome und Elektronen, von denen die ursprüngliche Theorie nichts wußte, ließ sich die Anzahl der Feldlinienarten von vier auf zwei (die elektrischen und die magnetischen) verringern. (Allerdings geschah dabei eine Vertauschung der Namen; was wir heute unter elektrischen und magnetischen Feldlinien verstehen, hieß früher Verschiebungs- und Induktionslinien.)
3. Man hat gelernt, den Verlauf der Feldlinien durch geeignete Apparate im Unterricht sichtbar zu machen.

Trotzdem erhebt sich die Frage: Warum bleiben wir nicht bei der alten Theorie, die doch alle diese Schwierigkeiten nicht kennt? Helmholtz hat als erster erkannt, daß beide Theorien nicht immer zu denselben Ergebnissen führen, sondern daß eine Entscheidung zwischen ihnen Beobachtungen bei hochfrequenten Strömen bringen müssen. Nach der Feldtheorie treten dabei elektromagnetische Wellen auf, während die Fernwirkungstheorie keine Wellen kennt. Mit der Entdeckung dieser Wellen durch H. Hertz hatte die Feldtheorie gesiegt. Außerdem war bewiesen, daß das Licht elektromagnetischen Ursprungs ist.

Für die Schule spielte das lange Zeit keine besondere Rolle. Man hatte unabhängig von der Elektrizitätslehre längst eine Nahwirkungstheorie für die Licht-

wellen entwickelt. Ich will darauf etwas näher eingehen und zum besseren Verständnis wieder mit einem Beispiel aus dem täglichen Leben beginnen. Werfen wir einen Stein ins Wasser, so breiten sich kreisförmig nach allen Seiten Wellen aus. Der Stein hat die benachbarten Wasserteilchen nach unten gerissen, diese haben es mit ihren Nachbarn ebenso gemacht und so geht der Vorgang immer weiter; die Abwärts- und gleich darauf die Aufwärtsbewegung breitet sich immer weiter aus. Der Stein hat wohl den Anstoß gegeben, aber mit dem weiteren Verlauf hat er nichts mehr zu tun. Er kann längst auf dem Grund liegen, während die Kreise noch immer weiter wachsen. Jedes aus der Ruhe gerissene Teilchen wird zum Ausgangspunkt einer neuen Störung. Ein Wellenberg oder ein Tal wandert schrittweise von einem Teilchen zum benachbarten. Sätze der leeren Raum keine physikalischen Eigenschaften, so könnte es in ihm keine Wellenbewegung geben. Eine Wellenbewegung im leeren Raum stellt aber das Licht dar. Man hat sich geholfen, indem man den Raum als überall erfüllt mit einem hypothetischen Stoff, dem Äther, ansah. Ein etwa auf der Sonne schwingendes Teilchen bringt nach dieser Auffassung ein benachbartes Ätherteilchen aus der Ruhelage; dieses macht es mit seinem Nachbarn ebenso und so weiter, und schließlich kommt die Störung als Licht auf die Erde. Eine unmittelbare Wirkung der Lichtquelle auf uns ohne Zwischentreten des Äthers ist unmöglich, so wenig wie der ins Wasser geworfene Stein Wellen ans Ufer werfen kann ohne Vermittlung der zwischenliegenden Teilchen.

Wenn man die Fernwirkungstheorie für die Elektrizität beibehält, müssen die Erscheinungen des Lichtes und der Elektrizität beziehungslos nebeneinander stehen. Die Feldtheorie erst kann das Licht als elektromagnetische Erscheinung erklären und uns zeigen, welcher Natur das Licht eigentlich ist. Ich kann das hier allerdings nicht näher ausführen, ohne ausführlicher auf die Wechselwirkung zwischen elektrischen und magnetischen Feldlinien einzugehen. Aber ich will wenigstens in den Grundzügen zu veranschaulichen suchen, wie man sich die Wellenausbreitung vorzustellen hat.

Werden elektrische Ladungen etwa in einer Antenne in Schwingung versetzt, so verändert sich in der Umgebung periodisch Richtung und Zahl der elektrischen Feldlinien. In der Nachbarschaft dieser Feldlinien entstehen magnetische Feldlinien, die ihrerseits wieder elektrische erzeugen, und so wiederholt sich der Vorgang andauernd. In immer größerer Entfernung vom „Sender“ entstehen elektrische und magnetische Feldlinien, die sich in gleicher Weise ändern wie der Strom in der Antenne. Treffen sie auf ihrem Weg einen geeigneten Leiter, so müssen die in ihm enthaltenen Ladungen (Elektronen) im Takt mit den Feldlinien laufen, es entsteht im „Empfänger“ ein Strom gleicher Wechselzahl wie im Sender. Dasselbe geht vor sich, wenn wir einen Körper zur Glut erhitzen. Wir bringen die Elektronen in ihm in rasche Schwingung, und der Wechsel des von ihnen erregten Feldes erscheint uns als Licht. Ob man den Äther beibehält und die Feldlinien als Eigenschaften des Äthers erklärt, oder ob man dem leeren Raum die Fähigkeit zubilligt, Feldlinien hervorbringen zu können, ist ganz

gleichgültig; beobachten können wir ja nur die Wirkungen der Feldlinien, nie diese selbst.

Ich habe gezeigt, daß die Erscheinungen der elektromagnetischen Wellen nur durch die Feldtheorie erklärt werden können. Elektrische Vorgänge sind also nur verständlich, wenn wir neben dem Verhalten der Ladungen auch das Verhalten des Feldes betrachten. Wie die Lichtausbreitung zeigt, gibt es sogar elektromagnetische Erscheinungen im leeren Raum, wo sich gar keine Ladungen befinden können.

Was ist mit dem Sieg der Feldtheorie erreicht? Wohl scheint die Elektrizitätslehre komplizierter geworden zu sein, bis man sich mit dem Begriff des elektromagnetischen Feldes vertraut gemacht hat. Aber die Physik als Ganzes ist wesentlich einheitlicher und übersichtlicher geworden. Sie gliedert sich nur noch in zwei Teile, in die Physik der Materie (Mechanik) und die Physik des Feldes (Elektrizitätslehre). Ja, auch diese Zweiteilung ist nicht endgültig. Da die Forschung gezeigt hat, daß in den Bausteinen der Materie, in den Atomen, elektrische Ladungen enthalten sind, ist das Feld zum Bestandteil der Materie geworden, ja es ist möglich, daß die wahren Gesetze der Materie Feldgesetze sind, und daß wir durch Zurückgehen auf den Feldbegriff schließlich zu der Einheit gelangen, die hinter jedem physikalischen Geschehen steht. Trotz vieler Ansätze konnte dieses Ziel noch nicht erreicht werden. Aber es hat sich gezeigt, daß die Gesetze der Mechanik abgeändert werden müssen, um nicht in Widerspruch zu den Feldgesetzen zu stehen. Die Erfahrung hat diese Änderungen bestätigt. Und doch hat man gerade die Gesetze der Mechanik für so anschaulich und sicher gehalten, daß man die Elektrizitätslehre am liebsten auf sie zurückgeführt hätte. Hier wird wieder das Ziel sichtbar, das hinter jeder Naturwissenschaft steckt. Wichtiger als unmittelbare Anschaulichkeit eines Einzelgebietes ist die logische Einheit, die Harmonie des Ganzen. Sie erst gibt uns eine Gewähr dafür, daß unsere Gesetze der Wirklichkeit nahekommen.

Zum Schluß sei mir gestattet, in einem vielleicht etwas gewagten Vergleich noch einmal den grundsätzlichen Unterschied zwischen der Fernwirkungs- und der Feldtheorie klarzulegen. Entsprechende Gegensätze, wie sie hier in der Physik vorkommen, scheinen auch in den Geisteswissenschaften eine Rolle zu spielen. Wie die Physik zuerst versucht hat, als wirksam nur materielle Teilchen oder Ladungen anzuerkennen, so war auch die Geschichtsschreibung bemüht, alle Ereignisse zurückzuführen ausschließlich auf die Menschen und ihre „Wechselwirkung“, ihre Taten und Handlungen, ihre Gedanken und Absichten. In beiden Fällen ist man zu einem unvollständigen Bild der wirklichen Verhältnisse gelangt. Wie die Geschichtsschreibung lernen mußte, welche überpersönlichen Einflüsse am Schicksal der Völker mitgewirkt haben, seien es nun die Gesetze der Umwelt, des Klimas, der Tradition, oder die Naturgesetze, die im Menschen selbst liegen, und durch die er selbst zur Natur gehört, also die Gesetze der Rasse, des Volkstums, so erhalten wir in der Elektrizitätslehre nur dann eine vollständige Beschreibung, wenn wir neben den Ladungen auch das Feld betrachten, unter dessen Einfluß sie stehen.