

**Atlas
zur Spurenkunde
der Elektrizität**

Von

Stefan Jellinek

ATLAS ZUR SPURENKUNDE DER ELEKTRIZITÄT

VON

STEFAN JELLINEK

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT UND AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE WIEN

LAURÉAT DE L'INSTITUT DE FRANCE · MEMBRE CORRESPONDENT

DE L'INSTITUT NATIONAL GENEVOIS · LATE RESEARCH STUDENT AT QUEEN'S COLLEGE OXFORD

MIT 199 TEILS MEHRFARBIGEN ABBILDUNGEN
AUF 94 TAFELN



WIEN
SPRINGER-VERLAG
1955

Vorwort

Die auf elektrischen Stromdurchgang zurückzuführenden Veränderungen der Materie und deren Relation zum elektrischen Prinzip, die durch ihre Übereinstimmung mit den FARADAYSchen Symbolen und nunmehr ebenso durch den morphologischen Charakter der poldifferenzierten Stromeffekte kenntlich sind, bilden den Kern der vorliegenden Betrachtungsweise.

Arzt und Techniker finden in den von Unfällen, Blitzschlägen und Experimenten herrührenden Spuren nicht nur Richtlinien dafür, welche Entscheidungen sie in dringlichen Fällen zu treffen haben, sondern auch Hinweise zur Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Elektroschutzes.

Dem Naturforscher und Lehrer, nicht zuletzt auch dem Gerichtsmediziner, verschaffen die naturgetreuen Abbildungen Einblick in bisher fremdgebliebenes Naturgeschehen; die konkreten Stromeffekte sind ein anschauliches Requisite, um auch die Jugend mit einer neuen Erscheinungswelt vertraut zu machen.

Die hier zur Diskussion gelangenden Phänomene verdienen von seiten jener wissenschaftlichen Kreise, denen eine Prüfung der empirischen Funde und der experimentellen Ergebnisse überantwortet ist, besondere Beachtung. Ein solcher Appell ist um so gerechtfertigter, als eine Begutachtung durch Physiker und Chemiker für die Klärung des Konnexes einer frischen Traumatisierung mit einem frappanten Wundverlauf, durch dessen Charakter das seit HIPPOKRATES geltende Naturgesetz von den konstanten Heilungsvorgängen durchstoßen erscheint, wichtig wäre; dieser Wundverlauf gelangt in einer höheren Blüte bisher unvorstellbarer Heilungsprodukte zur Reife.

Ein derartiges oder auch nur ähnliches Buch liegt bisher nicht vor, wenn auch schon FARADAY auf die wichtige Wechselwirkung von Strom und Materie hingewiesen hat und auch nachher Forscher wie O. LODGE, N. BOHR, E. SCHRÖDINGER, J. J. THOMSON und in jüngster Zeit L. v. KNEISSLER dafür eintraten, daß dieses Brachland bebaut werde. Es verdient dem Vergessen entrückt zu werden, daß GOETHE aus dem Funde kleinster Holzkügelchen in einer blitzgetroffenen Windmühle eine „gestaltende Tätigkeit der negativen Elektrizität“ abzuleiten suchte und seine Betrachtung ausklingen läßt: „Hier wäre Gelegenheit, wo eine Akademie der Wissenschaften fruchtbar eintreten könnte...“ („Naturwissenschaftliche Einzelheiten“, 1823).

Schon die ins Unendliche gehende Zahl der Spuren und deren außerordentliche Mannigfaltigkeit — „alle Gestalten sind ähnlich einander, doch keine gleicht der andern“ (GOETHE, „Zur Metamorphose der Pflanzen“) — könnten sich als Ansporn und Hemmung zugleich geltend

machen, wenn versucht wird, irgendeinen Anhaltspunkt zu gewinnen. So erschien es mir geraten, zunächst beachtliche Spuren herauszuheben, mit anderen ähnlichen auf besonderen Prüfständen zur Schau zu stellen und jeden Prüfstand als ein in sich geschlossenes Arbeitsfeld zu betrachten, wenn auch alle Prüfstände und die ihnen adäquaten Kapitel (I bis VII) eine thematische Einheit bilden.

Für die Betrachtung der Kapitel I bis III erweisen sich die Kriterien der FARADAYSchen Kraftlinien als naturgegebene Leitmotive. So manifestieren sich manche Spuren schon rein äußerlich als Versinnbildlichungen des Grundproblems „Strom und Materie“, wobei sich der Strom wohl nur deshalb als Bildner und Gestalter — inmitten von Traumatisierung — auszuwirken vermochte, weil vermutlich auch die Materie aktiv mit im Spiele war.

Einen Einblick in die inneren Vorgänge vermitteln mikroskopische Schnitte, wo Zellen (Ekto- und Mesoderm) einer blitzgetroffenen Hautpartie Verformungen unterschiedlichen Charakters — gerade und krummlinige Polarisation — erkennen lassen.

Kapitel IV gilt der Verfolgung der Wirkungen der „chemischen Kraft“. Hier findet das Studium eine Vertiefung durch das experimentell gewonnene Ergebnis gewebspezifischer Farbenteste.

Die in Kapitel V zur Erörterung gelangenden poldifferenzierten Stromeffekte — zumal in ihrer Juxtaposition — sind unter allen Spuren vielleicht die bisher lehrreichsten Phänomene. Sie sind der Beachtung bisher entgangen, vielleicht deshalb, weil ihnen die Übereinstimmung mit den FARADAYSchen Prinzipien mangelt: wenn aber diesen Spuren auch keine besondere Beschreibung und keine Behandlung durch FARADAY zuteil wurde, so wurden sie doch von ihm erahnt und in ihrer Bedeutung für die Elektrizitätslehre in folgender Weise präludiviert: „Die Untersuchung der besonderen und großen Mannigfaltigkeiten . . . statt der Beständigkeit im Charakter des Stromes . . . verspricht den zugänglichsten und vorteilhaftesten Weg zum wahren und tiefen Verständnis der Natur der elektrischen Kräfte zu eröffnen.“

“ Diese Voraussage scheint in den Experimentaluntersuchungen ihre Realisierung zu finden: speziell das Experiment über die poldifferenzierten Stromeffekte erweist sich als Schlüssel zu fremdgebliebenen Spuren. Dieses Experiment und die mit ihm in voller Harmonie stehenden empirischen Spuren lassen einen neuen Wirkungsmechanismus des elektrischen Stroms erkennen. Es erweist sich aber nicht nur als Schlüssel zum Verständnis der Natur der elektrischen Kräfte, sondern auch als Schlüssel zum Verständnis des Geheimnisses der Struktur der Materie, nämlich der elastischen Substanz.

Der praktische Wert dieser in Kapitel VI erörterten Untersuchungsmethode besteht in der Enthüllung eines Gesetzes der *Elastica*. Dies betrifft nicht nur eine Vertiefung der direkten Relation zwischen Strom und Materie, sondern auch den frappanten Vorgang, daß bei einer gewissen Dosierung des Stromes die *Elastica* immediat einen transienten Funktionswandel eingeht und sich bildsam, formbar wie Ton und Wachs, präsen-

tiert; Elastizität wandelt sich in Plastizität, die sich manchmal wieder in Elastizität zurückverwandelt.

Zum Abschluß wird in Kapitel VII auf das Wesen der thermischen und komplexen Spuren eingegangen.

Es ist mir eine Ehre, meinen ergebensten Dank an die Österreichische Bundesregierung zu richten, namentlich an die Bundesministerien für Unterricht (Minister Dr. H. DRIMMEL), für Handel und Wiederaufbau (Minister DDDr. U. ILLIG und Ministerialrat Dipl.-Ing. P. POPPOVIC), für Soziale Verwaltung (Minister K. MAISEL, Sektionschef Dr. A. KHAUM), für Verkehr und Elektrizitätswirtschaft (Minister K. WALDBRUNNER und Sektionschef Dipl.-Ing. R. FÜRST), für die Gewährung von Mitteln zur Beschaffung der Bilder, der Mikrophotographien, Graphiken usw., ferner für Veranlassung von Subskriptionen des „Atlas“ als Beitrag zur Deckung der Druckkosten.

Dank gebührt dem Professorenkollegium der Wiener Medizinischen Fakultät und deren Dekan, Prof. Dr. F. BRÜCKE, und den Professoren H. CHIARI, C. CORONINI, W. DENK, B. KARLIK, E. LAUDA, F. REUTER und W. SCHWARZACHER, ebenso dem Rektorat der Technischen Hochschule in Wien (Rektor: Prof. Dr. E. KRUPPA) für das dem Zustandekommen der Drucklegung gewidmete Interesse. Verpflichtet fühle ich mich auch der Direktion des Allgemeinen Krankenhauses in Wien (Direktor: Professor Dr. L. SCHÖNBAUER) und dessen stets hilfsbereitem Stab von Beamten und Angestellten.

Ein wesentlicher Beitrag zur Deckung der Druckkosten wurde erzielt durch großzügige Subskription von seiten des Verbandes der Österreichischen Elektrizitätswerke (Präsident: Generaldirektor Dipl.-Ing. F. HOLZINGER, Geschäftsführer: Dr.-Ing. K. SELDEN), des Fachverbandes der Elektroindustrie, der Österreichischen Verbundgesellschaft, des Hauptverbandes der Sozialversicherungsträger und auch meines Freundes Kommerzialrat O. REICHERT (Chef der Optischen Werke C. Reichert); nicht zuletzt auch von seiten der Gewerkschaft der Arbeiter und Angestellten der Gemeinde Wien (Generalsekretär Nationalrat H. PÖLZER).

Als Förderer wären zu bedanken Miss DOROTHY BARNARD, FARADAYS Urnichte, für Schenkung eines Bildnisses und eines Handschreibens ihres großen Vorfahren, und Dr. D. ROBERTSON, Kardiologe des Queen Victoria Hospital, East Grinstead, Sussex, auch Mr. ALEXANDER und der Stab der Radcliffe Science Library, Oxford, für Hilfe beim Studium der FARADAYschen Schriften.

Die Originale zu den farbigen Reproduktionen stammen von der Meisterhand des akademischen Malers Prof. W. DIETZ, von den Malern und Bildhauern J. HEU, A. CANCIANI, C. KRENEK, F. DANILOWATZ, F. WACIK; Mikrophotographien, Graphiken und Photoaufnahmen wurden von Ing. F. MARESCH, Dr. H. WATZL, Univ.-Graphikerin MARIA WIMMER, Fa. Bors und Müller (Herrn SCHWERTNER), H. ZAPLETAL in Wien und Mr. MARSLAND in Oxford ausgeführt. Dr. phil. W. DAUM bewährte sich als unermüdlicher Mitarbeiter bei der Zusammenstellung des Sachverzeichnisses.

Dank gebührt dem rühmlich bekannten Springer-Verlag, Wien, insbesondere Herrn O. LANGE, Ehrenbürger der Technischen Hochschule in Wien, und dessen Stab, für die außerordentliche Sorgfalt und Mühewaltung, die sie der Herstellung und Ausstattung des Werkes angedeihen ließen.

Das heutige Zustandekommen des Werkes ist letzten Endes der sprichwörtlichen Gastfreundschaft Englands zu danken, dem von allem Anfang an zugewendeten Interesse und der generösen Hilfeleistung durch das Queen's College in Oxford und dessen verstorbenen Provost R. H. HODGKIN.

Ganz besonders fühle ich mich der „Society for the Protection of Science and Learning“ in London und deren Chairman, Professor A. V. HILL, C. H., F. R. S., verpflichtet. Nur dieser Hilfe ist es zu danken, daß es möglich war, die Arbeiten ohne Unterbrechung fortzusetzen und für den Wert des Atlas wichtige Experimentaluntersuchungen — bei denen ich in Mr. E. H. LEACH vom Physiologischen und in Dr. A. VON ENGEL vom Physikalischen Institut der Universität Oxford hilfsbereite Berater fand — auszuführen.

Dank auch an meinen Sohn E. H. JELLINEK, M. A., B. M., Oxford, den treuen Weggefährten und Mitarbeiter.

Oxford - Wien. Ostern 1955.

Stefan Jellinek

ALLE RECHTE,
INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN

OHNE AUSDRÜCKLICHE GENEHMIGUNG DES VERLAGES
IST ES AUCH NICHT GESTATTET, DIESES BUCH ODER TEILE DARAUS
AUF PHOTOMECHANISCHEM WEGE (PHOTOKOPIE, MIKROKOPIE)
ZU VERVIELFÄLTIGEN

COPYRIGHT 1955 BY SPRINGER-VERLAG IN VIENNA

PRINTED IN AUSTRIA

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einführung	1
Manifestationen der Wechselwirkung von Strom und Materie	7
Polarisation der Zelle	8
Wechselwirkung von Strom und Materie in quantitativer und qualitativer Richtung	9
Wechselwirkung mit Präponderanz von Strom oder aber von Materie	9
Varietäten der mechanischen Kraft. Gradationen im immediaten Wandlungsvermögen der Materie	11
„Mechanische Kraft“ höherer Relation	11
Auf subtile Assoziation von Strom und Materie deutende Spuren	12
Mechanistische, auf magnetische Kraft deutende Spuren konstruktiven Charakters	13
„Mechanische Kraft“ seltsamen, dissoziativen und destruktiven Charakters	13
Durch chemische Aktion des Stroms verursachte farbige Veränderungen und Phänomene im Stile der Faradayschen Symbole	15
Stoffliche Veränderungen	16
Aus konkreten Versinnbildlichungen elektrischen Stromdurchganges herauslesbare thematische Stützpunkte	17
Paradigmen und Experimentalergebnisse	20
I. <i>Betrachtung und Prüfung von Spuren im Lichte der Faradayschen Axiome</i> — <i>Wertung der Experimentalergebnisse</i>	24
A. Blitzfiguren	25
B. Farbige Blitzfiguren	27
C. Blitzfurchen, Blitzrinne	27
D. Blitzröhre	28
E. Experimentelles zur Blitzrinne und Blitzröhre	29
F. Gerade, gekrümmte und Ringlinien	30
G. Zwei Beispiele mit Ausdruck dominierender elektrischer Aktion frappanten Charakters	31
II. <i>Regulär geometrische Formen</i>	32
III. <i>„Mechanische Kraft“</i>	35
A. „Mechanische Kraft“ regulärer Art	37
B. „Mechanische Kraft“ höherer Relation	39
C. „Mechanische Kraft“ unvorstellbaren Stils	41
D. Anschauliche, mechanistische, auf Auswirkungen des elektromagnetischen Feldes deutende Effekte	42
E. „Mechanische Kraft“, die sich nicht in subtiler Assoziation, sondern in Dissoziation und Desintegration auswirkt	45
IV. <i>Chemische Aktion</i>	46
A. Rote Verfärbungen auf belebter und unbelebter Materie	46
B. Durch Metalloxyde (Kupfer usw.) verursachte Überzüge mit Rot- und Grünfärbung	47
C. Immediate chemische Ausscheidung von Kalksalzen	47

	Seite
D. Immediate Ausfällung von Myelin (Nervus radialis eines tödlichen Unfalles durch Gleichstrom 220 V)	48
E. Durch Schmelzelektrolyse (im elektrischen Lichtbogen) abgedordnete Silikate und andere mineralische Substanzen	48
V. Poldifferenzierte Stromeffekte	49
„Direkte Relation“ der elastischen Substanz	53
A. Empirische Beispiele regulärer Stromspuren im Faradayschen Stile (Typische polare Unterschiede der Entladungslinien)	55
B. Experimentelle, poldifferenzierte Stromeffekte (ohne Faradayschen Stil)	56
1. Experiment I: Grundversuch über den Unterschied der unter Plus und Minus auftretenden Veränderungen	56
2. Unfallverletzte mit poldifferenzierten Strommarken	57
3. Experiment II: Variation des Grundversuchs	57
C. Von Unfällen und Blitzschäden herrührende, sich in Juxtaposition manifestierende poldifferenzierte Stromeffekte	58
VI. Innerstrukturelle Umbauvorgänge — Wandlungen in der stofflichen Beschaffenheit	60
A. Rolle der Membrantätigkeit und der Gewebsflüssigkeit	61
B. Verfärbte elektrische Strommarken	61
C. Stoffliche Veränderungen unbelebter Materie	62
D. Stoffliche Verhaltensweise lebender Substanz in klinisch-therapeutischer Betrachtung	62
E. Der elektrische Strom und die elastische Substanz	64
Experiment III: Experimentalergebnisse an elastischer Substanz	66
VII. Thermische und komplexe Spuren	67
VIII. Innenaufnahmen des Museums	70
Abbildungen zu I bis VIII auf Tafeln	
Sachverzeichnis	71

Einführung

Das Buch bringt eine für die Fachwelt bestimmte Darstellung bisher fremd gebliebener Phänomene, für deren Beurteilung kein Gleichnis, kein Analogon in der naturwissenschaftlichen Literatur vorhanden ist.

Es geht um Bilder, um anschauliche Veränderungen einer von elektrischem Strom oder vom Blitzschlag ergriffenen Materie belebter und unbelebter Natur, um eigenartige Aspekte, die mit einem ebenso eigenartigen Tiefgang einhergehen und dem Leser Gelegenheit bieten, von einem neuen Gesichtspunkt aus in fundamentales Naturgeschehen Einblick zu gewinnen, Einblick in Charakter und Natur der elektrischen Aktion und ihrer Relation zur Materie, zumal der lebenden Substanz.

Die eigenartigen — makroskopischen und mikroskopischen —, auf formativen und textoriellen Umbauvorgängen beruhenden Phänomene, das ist Spuren eines elektrischen Stromdurchganges, manifestieren sich als Ergebnis einer Wechselwirkung von Strom und Materie.

Es sind sehr oft nur einzelne Linien oder Figuren, regulär geometrische Konfigurationen, die den Veränderungen eine besondere Marke verleihen, Deformationen und Liniensysteme, wie solche in Symbolen der FARADAYSCHEN Elektrizitätslehre ihre Vorbilder haben und auf verschiedene Wirkungssysteme des elektrischen Stroms deuten.

Manche Bilder präsentieren sich als Ausdruck des fließenden Stroms, andere wieder erwecken die Vorstellung von isolierten Entladungen und Einschlägen, kurz Bilder, deren Konfiguration und Beschaffenheit außerordentlich mannigfaltig ist.

Der morphologische Charakter dieser unterschiedlichen Zeichen oder Veränderungen läßt in vielen Fällen mehr oder minder deutliche Zusammenhänge mit einem gemeinsamen energetischen Prinzip erraten. Liegt schon in dieser sehr beachtenswerten Feststellung der Wert eines Leitmotivs, so scheint in der Wiederkehr und Wiederholung gewisser dechiffrierbarer Kennzeichen — Kriterien — auch ein Moment von Stetigkeit im Charakter der Spuren zu liegen.

Eine sorgfältige Betrachtung der durch Stromeinwirkung verursachten Veränderungen der Materie erweckt die Vorstellung, daß diese und jene Veränderung doch nur auf ein mechanisches Agens zurückgeführt werden könne und daß hier auch die Materie mit im Spiele gewesen sein müsse.

Die Rolle der Materie in dieser Wechselwirkung von Strom und Materie ist manchmal derart überraschend, daß der Materie geradezu eine Präponderanz im Effekt zugesprochen werden muß; es scheint dies z. B. der Fall in der in Abb. III/30 dargestellten Tätowierung der Haut nach Blitzschlag, wo sich die Glieder einer goldenen Halskette in ihrer unverän-

derten Gestalt und Reihung in der Tiefe der Haut deponiert finden: der Blitzstrom hat sich in diesem Falle nicht als ein absolutes Agens erwiesen.

Das strikte Gegenteil — Präponderanz des Stromes — manifestiert sich in Abb. II/18, wo durch Blitzschlag aus dem spröden, stahlharten Porzellan ein regulär geometrisch gestaltetes, hufeisenförmiges Tor glatt herausgeschnitten erscheint, wo die Materie nicht das geringste Zeichen von Gegenkräften zu erkennen gibt.

Das Wechselspiel von Strom und Materie, das in anderen Spuren instruktive Gradationen dieser oder jener Präponderanz aufweist, macht sich nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ geltend, z. B. darin, daß organische Gewebszellen gemäß ihrer entwicklungsgeschichtlichen Herkunft verschiedene Art von Polarisation erfahren: so bringt z. B. Abb. I/2 zur Enthüllung, daß Epithelzellen (Ektoderm) in geraden Linien, dagegen Zellen der glatten Muskulatur (Mesoderm) in gekrümmten Linien polarisieren.

Man darf diese frappierenden Veränderungen dieser beiden Zellarten als gewebsspezifische Polarisationen betrachten und für deren Genese die Materie als solche verantwortlich machen. Diese Auffassung erscheint um so mehr begründet, als der gewebsspezifische Einfluß auf Stromeffekte auch durch folgendes Experimentalergebnis (Abb. IV/7) gestützt erscheint:

Die Arterienwand eines lebensfrischen Präparates (Kalb) verfärbt sich unter der positiven Elektrode (Lichtstrom 110 V Gleichstrom) grün, dagegen unter der negativen Elektrode rot, der Nervenstrang (N. vagus) dieses lebensfrischen Präparates verfärbt sich unter der positiven Elektrode ebenfalls grün, unter der negativen Elektrode aber bleibt jegliche Reaktion aus!

Die beiden genannten, mechanischen (histologischen) und chemischen (koloristischen) Untersuchungsergebnisse bedeuten nicht nur ein Argument und ein Substrat für die Wertung der Materie im Charakter des Stromeffektes, diese *gewebsspezifischen Teste* bilden Handhaben zu neuen Erprobungen der Gewebe.

Die Bedeutung der Rolle der Materie im Wechselspiel von Strom und Materie vermag nicht eindrucksvoller dargelegt zu werden als durch das anschauliche Experimentalergebnis, daß zwischen dem *elektrischen Strom* und der *elastischen Substanz* eine einzigartige und überraschende Relation besteht, daß nämlich die elastische Substanz auf Einwirkung des Plus- oder des Minuspoles mit kontrastierenden Effekten reagiert, und zwar mit Kontraktion oder aber mit Erschlaffung.

Diese experimentelle Feststellung, die nicht nur für die biotische Wertung der elastischen Substanz in bezug auf ihren Grundstoff und ihre funktionelle Kapazität von besonderer Wichtigkeit ist und auch für die Erkundung des Unterschiedes von Plus und Minus eine Rolle spielt, ist wie keine zweite Tatsache geeignet, in medias res der Spurenkunde zu führen.

Wohl ist schon aus dieser unterschiedlichen Wirkung des Plus und Minus, die weder mit Zeichen von Hitze noch mit chemischen Veränderungen einhergeht und außerdem noch reversibel ist, zu vermuten, daß der

Wirkung des Stroms primär wohl nur die mechanische Kraft zugrunde liegen dürfte.

Doch die Untersuchung vieler Spuren läßt erkennen, daß der Charakter dieser mechanischen Kraft sich nicht immer als ein einheitliches Phänomen manifestiert. Ja manchmal ist der Aspekt mancher Spuren, z. B. Abb. III/1 und Abb. III/2 mit ihren kraterförmigen Einrissen, so, daß man in Verlegenheit käme, Kennzeichen zu nennen, die gestatten würden, zwischen den beiden hier grundverschiedenen Mechanismen zu unterscheiden: einmal Durchschuß einer Weißblechplatte durch eine Gewehr-kugel, das andere Mal Durchschlag des Eisenbleches durch Blitzschlag.

Es muß ferner hinzugefügt werden, daß es auf mechanische Kraft zurückzuführende Stromeffekte gibt, deren Mechanik weder in der klassischen Mechanik noch in der alltäglichen Praxis eine Parallele oder ein Analogon finden läßt: ein Blick auf Abb. II/3, wo sphärische Zellen der Haut in geradliniger und gleicher Richtung orientiert erscheinen, und ein Blick auf die in Abb. I/16 dargestellte Blitzröhre, die sich als ein geschlossener Leitungskanal mit einem Filigran von rhythmischen Rippen und sonstigen Wandelementen präsentiert, läßt den Strom wohl als Bildner und Gestalter erscheinen, allerdings mit einem bisher unvorstellbaren Mechanismus!

Es gibt auch simplere Beispiele, deren Entstehungsvorgang mit dem Begriff „mechanistisch“ aus der klassischen Mechanik unvereinbar ist und auf eine „höhere Klasse von Mechanik“ deutet, wie dies z. B. mit dem in Abb. III/24 durch Blitzschlag halbseitig geplätteten (Halbzylinder) Leitungsdraht (110 V Gleichstrom) der Fall ist, ein frappierender Effekt, der ohne Zeichen von Hitze und Gegenkräften einherging.

Betrachtet man mikroskopische Spuren, z. B. eine nur mit Immersionslinse feststellbare, wohl nur auf rein mechanische Einwirkung zurückführbare Verformung von winzigen Zellteilchen, wie sich die Füßchen von Basalzellen (Haut) in Abb. III/27 präsentieren, und nimmt man wahr, daß diese winzigen, normalerweise nur mit Immersion eben feststellbaren Zellpartikelchen in auffällig lange Fäden transformiert, in die Länge gezogen und außerdem parallel geordnet erscheinen und daß sie trotz dieser intensiven und momentanen Einwirkung von Desintegration verschont und in ihrem organischen Zusammenhang sowohl mit der Zelle einerseits als auch mit der Lederhaut andererseits ungestört geblieben sind, dann erscheint es nur plausibel, anzunehmen, daß bei diesem rätselhaften Vorgang nicht nur die obengenannte, unvorstellbare mechanische Kraft im Spiele gewesen sein konnte, sondern daß diese „Causa movens“ ihr Werk in Form von intimer Assoziation zwischen Strom und Materie ausgeführt hat.

Es gibt noch andere mikroskopische Zellverformungen — oder winzigste Zerteilungen auch anorganischer Stoffe —, z. B. Abb. III/33 a mit büschelförmig zerlegten Kernen von Muskelzellen in der Gefäßmedia, die ohne Desintegration einhergehen und Einheit und Konstanz im Charakter des Stroms erkennen lassen.

Es gibt aber auch Spuren, wo keine Assoziation zwischen der mechanischen Kraft und der Substanz, sondern Dissoziation, ja Destruktion in

Erscheinung tritt. Beispiele von solcher mechanischer Kraft *nichtkonstruktiver* Art gelangen im III. und V. Abschnitt unter den Titeln „Vortexfeld“ und „Juxtaposition poldifferenzierter Effekte“ zur Sprache.

Die Kenntnis *poldifferenzierter Stromeffekte* ist ein Ergebnis des den Spuren gewidmeten Studiums. Seitdem es Unfälle durch technische Elektrizität gab, war man bestrebt, nicht nur zwischen elektrischer Verbrennung und rein elektrischer Verletzung zu unterscheiden, sondern auch ausfindig zu machen, ob die Gewebsveränderungen unter dem Plus- bzw. unter dem Minuspol einen diagnostisch zuverlässigen Unterschied ergeben. Die Verzögerung der Erkenntnis war dadurch bedingt, daß das pathologisch-anatomische Verhalten von Gleichstrom- und Wechselstromverletzungen das gleiche, das ist nicht unterscheidbare Bild sehen ließ.

Erst ein an einem Präparat von Leichenhaut, sowohl mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom, ausgeführter Versuch ergab das gesuchte Ergebnis, das in Abb. V/11 zur Darstellung gelangt: das sich an der Oberfläche präsentierende Phänomen eines *Kontinuums unter dem Pluspol*, eines *Diskontinuums unter dem Minuspol* entsprach im Hautquerschnitt dieser Präparate einem Phänomen der *Verdichtung* bzw. der *Auflockerung*.

Das obengenannte, am Leichenpräparat gefundene Experimentalergebnis zeigt Veränderungen, wie sie in ihrem Charakter von FARADAY als Ursache des Unterschiedes der polaren Entladungsformen erahnt und mit Vorgängen im Dielektrikum in Zusammenhang gebracht und formuliert wurden:

unter dem Minuspol „more compressed“,

unter dem Pluspol „more diffuse“

und ergänzt durch „or vice versa“ (§ 1503).

Das obengenannte und in den Abb. V/12 und V/13 illustrierte Experimentalergebnis besagt, daß FARADAYS Voraussage im Prinzip zutreffend ist, allerdings — soweit die hier illustrierten poldifferenzierten Effekte in Frage kommen — mit der Geltung „vice versa“.

Die Kenntnis der genannten Experimentalergebnisse lieferte das zuverlässige Substrat und Leitmotiv, die Spuren von einem neuen Gesichtspunkt aus zu betrachten und zu prüfen. Es fanden sich auch Unfallsbilder, deren poldifferenzierte Stromeffekte volle Übereinstimmung mit den experimentellen Phänomenen zu erkennen gaben, so z. B. die in den Abb. V/19 und V/20 auf der Stirne befindliche Strommarke als ein Kontinuum, die auf der linken Halsseite befindliche Strommarke als ein Diskontinuum.

So wie bei dem genannten Unfall ist heute bei vielen anderen durch Gleichstrom verursachten Strommarken und Wunden eine genaue Unterscheidung der Polarität durchführbar.

Nur bei denjenigen Stromunfällen, wo poldifferenzierte Stromeffekte nicht voneinander getrennt vorhanden waren, wie es eben den Berührungstellen bei Unfällen entspricht, gab es Widersprüche und Hindernisse der Agnoszierung.

Erst die *Variation des erstgenannten Grundversuches* bot ein frappierendes Phänomen, das in Abb. V/21 dargestellt ist: Plus- und Minus-

phänomen wohl getrennt, aber trotzdem unmittelbar nebeneinander, genau so wie es bei der Juxtaposition der Unfallspraxis — der Juxtaposition, die auch in den Abb. V/19 und V/20 dargestellt ist — der Fall ist.

Trotz der Übereinstimmung der Morphologie poldifferenzierter Stromeffekte im Experiment und in der Unfallspraxis ist diese Feststellung doch nicht hinreichend, um die Klärung der Juxtaposition zu erleichtern, und zwar deshalb nicht, weil es schwer vorstellbar ist, auf welche Weise der elektrische Strom in seiner Einheit und Unteilbarkeit — „the current is a indivisible thing“ (FARADAY, § 1642) — dem traumatisierten Herd die Signatur von beiden Polen, und zwar in unmittelbarster Nachbarschaft zu vermitteln imstande ist.

Trotzdem darf diesem durch seine streng determinierte Morphologie charakterisierten Phänomen besondere Bedeutung vindiziert werden, nicht zuletzt auch deshalb, weil es, wie die genannte Variation des den Kontrastphänomenen *der Polarität geltenden Grundversuchs* zeigt, einer experimentellen Prüfung zugänglich erscheint.

Unter den verschiedenen Typen und Erscheinungsformen von Gewebsveränderungen, deren Entstehungsvorgang strikt auf mechanische Kraft als *Causa movens* hinweist, gebührt noch einem Phänomen besondere Aufmerksamkeit wegen seiner streng einheitlichen und determinierten Morphologie, die die Konstanz ihres Charakters, die Konstanz ihres Stiles wahrt, gleichviel, ob sie auf belebter oder unbelebter Materie, auf Leitern oder Isolatoren in Erscheinung tritt. Diese Type mechanischer Kraft scheint allerdings in keinerlei Relation mit der Materie zu stehen, wie sich eine solche aus den anderen genannten dechiffrieren läßt. Diese Type mechanischer Kraft scheint der Materie nur ihre Signatur zu versetzen, so wie die Stanze dem Metall die Punze.

Mehrere weiter unten (Abschnitt III D) reproduzierte Spuren dieser besonderen Type mechanischer Kraft geben die Einheitlichkeit des Charakters entweder in konzentrischen Ringlinien oder in geraden parallelen, äquidistanten Linien in einer bestimmten Anordnung zu den FARADAYschen Kraftlinien zu erkennen; alle diese Spuren sind vollkommen frei von Zeichen einer Hitzewirkung.

Die Reinheit der Form aller dieser Spuren, ihr Vorhandensein auf Leitern und Nichtleitern, ihre Ähnlichkeit mit den Darstellungen wohlbekannter Experimentalbilder (mit Benützung von Eisenfeilicht) gestatten die Fragestellung, ob man nicht in den genannten Spuren Versinnbildlichungen des elektromagnetischen Feldes erblicken dürfte. Den bisherigen experimentellen Untersuchungen sind einwandfreie Ergebnisse bisher versagt geblieben.

Es ist die kausal-analytische Betrachtung der Spuren, die Erkundung der *mechanischen Kraft* als *Causa movens*, die zu neuen anschaulichen Ergebnissen und zu bisher unbekanntem Experimentalfakten Anlaß gegeben und dabei nicht zuletzt, wie aus den folgenden Ausführungen zu ersehen ist, auch das Problem der elektrischen Verletzung auf ihren richtigen Grund zurückgeführt hat.

Daß aber auch das Problem der *chemischen Aktion* des Stroms und das der *stofflichen Veränderung* der Materie zum Knotenpunkt der Betrachtung gemacht wurden, hat sich nicht minder fruchtbringend ausgewirkt.

Die stofflichen (metamorphotischen) Vorgänge der belebten und un- belebten Materie vermögen vielleicht am überzeugendsten die Uner schöp flichkeit der Spuren in ihren Elementen und Wendungen darzutun: guß- eiserne Gasrohre werden durch wiederholte Einwirkung vagabundieren- der Erdströme graphitirt, in ein brüchiges, mit der Messerklinge (Abb. VI/15) leicht schabbares Material umgewandelt, homogenes Glas wird durch Blitzschlag immediat kristallinisch — wiewohl auch Bruch- figuren zu erwägen wären —, Porzellan durch Funkendurchschlag struk- turirt (Abb. VI/18), organische Gewebe durch Strom (Unfall) immediat homogenisiert, hyalinisiert (Abb. VI/3), wodurch diese Gewebe gewisser- maßen einen Rückschlag in primordialen Zustand erfahren; oder frische Holzfasern einer blitzgetroffenen Fichte werden durch Blitzschlag im- mediat in einen an Zellulose gemahnenden Zustand (Abb. VI/5) versetzt, von Leitungsstrom (Unfall) getroffene Hautstellen manifestieren sich im- mediat auffällig verdünnt und transparent (Abb. VI/1) usw. usw.

Die organischen Gewebe bieten vermöge ihrer physiologischen Be- schaffenheit besonders geeignete Bedingungen für Entstehung *chemischer* und *thermischer* Veränderungen; trotzdem gibt es nicht nur an der Körperoberfläche, sondern auch im Körperinnern Spuren, deren Ent- stehungsvorgang nur rein mechanische Kraft anzunehmen gestattet; in- struktive Beispiele sind der in Abb. II/3 dargestellte histologische Befund einer elektrischen Strommarke und der in Abb. I/2 dargestellte histolo- gische Schnitt der von Blitzfiguren eingenommenen Hautpartie.

Es verdient besondere Beachtung, daß mit dieser bisher unbekanntem Morphologie der Zellen und der Gewebe auch das bisher unbekanntem kli- nische Verhalten der elektrischen Verletzung volle Übereinstimmung auf- weist: die elektrische Wunde bleibt nicht nur frei von Schmerzen, sie geht auch ohne Fieber, ohne Eiterung und ohne septische Prozesse einher, sie läßt das Allgemeinbefinden unbeeinflußt, auch wenn große Gelenke, Körperhöhlen und Schädelkapsel vom elektrischen Trauma ergriffen werden.

Die in charakteristischen Verformungen der Blutgefäßwand und ihrer Wandlemente — Gefäßwandzellen zeigen Verformungen streng im Stile der FARADAYSchen Linien (Abb. II/8) — bestehenden Veränderungen haben ihre eigene Klinik und bedeuten ein neues Kapitel der Gefäß- pathologie.

Auch die auf mechanische Kraft deutenden Knochenveränderungen (Abb. III/23) ressortieren zufolge ihrer Morphologie nicht in den Rahmen der allgemeinen Pathologie, sondern bilden eine Klasse für sich; sie be- kunden ihre Elektrogenese schon dadurch, daß elektrische Knochen- trennungen im Heilungsprozeß überraschenderweise im Röntgenbild keinen Knochenkallus sehen lassen (Abb. III/22), trotzdem aber ist der funktionelle Heilungserfolg solcher Knochenläsionen einwandfrei.

Zu den wichtigsten Ergebnissen dieser den organischen Gebilden gewidmeten Untersuchungen gehört die klinische Feststellung, daß die *Heilungsprodukte* eine in der Medizin bisher *unvorstellbare Vollkommenheit* aufweisen. Diese höhergradige Ausbildung der stofflichen Spezifität der lebenden Substanz ist wohl auf Instigation durch elektrischen Strom zurückzuführen; dafür spricht auch die Feststellung, daß diese Prärogative der elektrischen Verletzung ausbleibt, wenn sogenannte Wundtoilette, Exzision des Wundsaumes, in dem polarisierte Zellen und neue Plasmaktivitäten (z. B. seltsame Beschaffenheit des Wundsekrets, Resistenz gegen hochvirulente Keime usw.) schaffen und wirken, zur Anwendung gelangt.

Ein nicht minder wichtiges Ergebnis dieser spurenkundlichen Studien, wie die bisher unvorstellbaren Heilungsprodukte elektrischer Traumen, ist das eingangs erwähnte Novum eines bisher *unikalen Stils* „direkter Relation“ (FARADAY, § 1423) von elektrischem Strom und *elastischer Substanz*.

Manifestationen der Wechselwirkung von Strom und Materie

Die dem Thema zugrundeliegende große Zahl von Spuren elektrischen Stromdurchganges, die ungewöhnliche Mannigfaltigkeit dieser Phänomene, die sich für manche dieser empirischen Bilder ergebende Übereinstimmung mit den experimentellen Untersuchungsergebnissen machen es möglich, von verschiedenen Gesichtspunkten aus in die „Natur der elektrischen und der molekularen Aktion“ Einblick zu gewinnen (§ 1327 und 1252), ganz konform dem Grundprinzip der FARADAYSchen Elektrizitätslehre.

Und da der Ausgangspunkt des Themas darauf gerichtet war, aus den traumatisierten Veränderungen belebter und auch unbelebter Materie zunächst Kennzeichen — *Kriterien* — herauszulesen, durch die es möglich wäre, eine Unterscheidung zwischen einem rein mechanischen und einem thermischen Stromeffekt zu treffen — in Parallele mit der alten Bauernregel vom „kalten und heißen Blitzschlag“ —; so erschien es praktisch, das Augenmerk vorerst auf Veränderungen rein mechanischen Charakters zu lenken, nicht zuletzt auch deshalb, weil Brandwunden und auch die durch die thermische Aktion des Stromes zerstörten Materialien für eingehende Untersuchungen kein sehr geeignetes Objekt darstellen.

Die Methode hat sich bewährt und Einblick nicht nur ins *Innere strom-ergriffener Zellen* der lebenden Substanz und in mannigfaltige Materialien verschafft, sondern auch in bisher fremd gebliebene Bilder von Wechselwirkung des Stroms und der Materie.

Man gewinnt eine anschauliche Vorstellung von der Wechselwirkung zwischen Strom und Materie, wenn man z. B. die in Abb. I/2 dargestellten, durch Blitzschlag transformierten Zellen der Haut betrachtet und sie mit den unverändert gebliebenen Nachbarzellen vergleicht: die vormals sphärischen, vom Blitzstrom ergriffenen Zellen erscheinen in geradlinige,

nadelförmige Gebilde verformt, sind aber in ihrem Färbungsvermögen nicht beeinträchtigt und auch sonst nicht desintegriert, sie würden eben nur in Zwangszustand, das ist in Polarisation, die reversibel ist, versetzt, während die Zellen der unmittelbaren Nachbarschaft völlig unverändert geblieben sind und vielleicht in die Wechselwirkung überhaupt nicht einbezogen wurden.

Polarisation der Zelle

Die Polarisation der Zelle ist ein zuverlässiges Kriterium des stattgehabten Stromdurchganges; sie manifestiert sich nicht nur in geraden, sondern auch in gekrümmten Linien, wie dies z. B. bei den Zellen der glatten Muskulatur in demselben Präparat der obengenannten Abbildung der Fall ist.

Diese *verschiedene Art der Polarisation* scheint mit der verschiedenen Art (entwicklungsgeschichtlich betrachtet) der Gewebe zusammenzuhängen. Die auf Erscheinungen der Polarisation bei verschiedentlichen Spuren gerichteten Beobachtungen lassen es als wahrscheinlich erscheinen, daß auch noch andere Eigentümlichkeiten der Materie im Wechselspiel von Strom und Materie eine Rolle spielen, so z. B. in Abb. IV/7 unterschiedliche Reaktionsteste (Farbenteste) des Gewebes einer Blutgefäßwand einerseits und eines Nervenstrangs andererseits bei Einwirkung von Gleichstrom und weiters auch die in den Abb. VI/29 und VI/30 zur Anschauung gebrachten *kontrastierenden Relationen der elastischen Fasern unter dem Plus- bzw. Minuspol, das ist Umsetzung poldifferenzierter Exzitationen in adäquate Kontrastreaktionen.*

Eine sorgfältige Betrachtung der Spuren, zumal der auf Wechselwirkung von Strom und Materie deutenden Phänomene, läßt erkennen: daß in dieser von FARADAY bezeichneten „direkten Relation der elektrischen Kräfte zu den Teilchen des in der Wirkung begriffenen Körpers“ in der überwiegenden Mehrzahl der Spuren — von seltenen Zeichen chemischer Aktion abgesehen — Veränderungen dominieren, deren Genese „die mechanische Kraft“ des Stroms zugrunde zu liegen scheint.

Die Feststellung dieses Ausgangspunktes ist nicht nur wegen der rein wissenschaftlichen Wertung dieser neuen Erscheinungswelt von Belang, sondern auch für *praktische Aufgaben*, die die *Medizin* betreffen, wo *elektrische Verletzungen* nur zu oft als nichts anderes als Verbrennungen angesehen und einer aktiven statt einer — naturgewiesenen — *Konservativen Therapie* zugewiesen werden.

So sind es die in der Einführung genannten zwei Beispiele von kraterförmigen, einander auffällig ähnlichen Einrissen in Eisenblechen — durch Blitzschlag bzw. Gewehrsgeschoß —, deren mechanischer Aspekt keinen Zweifel über die rein mechanische Kraft des Blitzschlages aufkommen läßt, und ebenso die durch elektrischen Strom verursachten mikroskopischen Zellveränderungen, für deren Entstehungsvorgang und für deren bisher unbekannte, regulär geometrische Morphologie nichts anderes als nur „mechanische Kraft“ als das Principium fiendi zu gelten vermag.