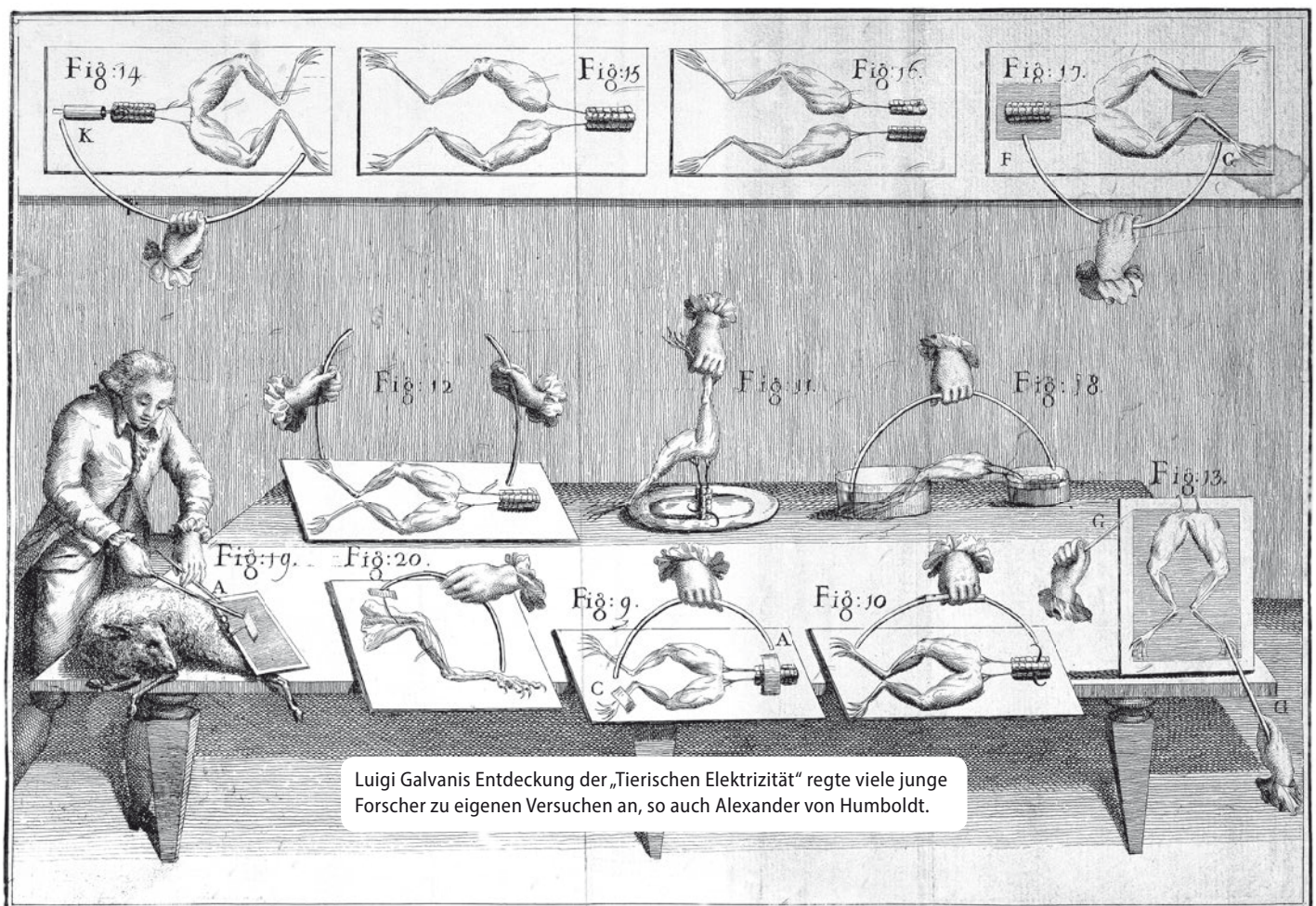




Vom Versuch zum Kosmos

Alexander von Humboldt und die Experimentalwissenschaften

Alexander Stöger

Liest man über Alexander von Humboldt, so liest man über ihn als Forschungsreisenden oder „Universalgelehrten“, aber nur selten als Experimentalwissenschaftler. Dabei bestimmten seine physikalischen, chemischen und physiologischen Studien maßgeblich seinen Werdegang – und das in einer Zeit, in der sich diese Forschungsgebiete gerade erst an Universitäten etablierten. Humboldt begleitete diesen Prozess über sieben Jahrzehnte.

Ende des 18. Jahrhunderts erschütterten die Französische Revolution und ihre Begleitumstände das Verständnis feudaler Ständeordnung des aus mehreren hundert Kleinstaaten bestehenden Deutschen Reichs. Nicht nur die politischen und sozialen Strukturen sollten sich in Europa nachhaltig wandeln, sondern auch Kunst, Kultur und Wissenschaften. Der Mensch und seine Rolle

in der Natur wurden infrage gestellt, jüngst entdeckte Phänomene ließen sich nicht mehr in traditionelle Denkmuster einfassen, und technologische Entwicklungen erlaubten neue Perspektiven auf bereits Bekanntes.

Die meisten experimentalwissenschaftlichen Fachdisziplinen, sofern sie überhaupt schon existierten, galten bis ins 18. Jahrhundert eher als anspruchsvolle Unterhaltung der gehobenen Stände oder als Hilfswissenschaften klassischer Universitätsfächer. So diente die Chemie als „Magd der Medizin“ und arbeitete, so die Meinung vieler, dieser lediglich zu. Auch die der Philosophischen Fakultät zugeordnete Experimentalphysik war zwar an einigen Universitäten vertreten, aber ebenfalls nur als Ergänzung traditioneller Felder wie der Philosophie oder Medizin. Dieses Schattendasein endete mit dem Erstarken empirischer Forschungsmethoden als Basis naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und der Forderung nach einer Revisi-

on alter Grundsätze. Traditionelle Theorien und Methoden, die teilweise bis in die Antike zurückreichten, konnten Erscheinungen wie die gerade erst entdeckte statische Elektrizität nur unzureichend erklären. Neue experimentelle Forschungsansätze eigneten sich weitaus besser und wurden daher von vielen einflussreichen Gelehrten wie dem Physiker Georg Christoph Lichtenberg oder dem Mediziner Johann Friedrich Blumenbach in Göttingen als einzig adäquate Erkenntnismethode betrachtet. Die Gelehrten betonten ihre Wichtigkeit nicht nur in ihren eigenen Arbeiten, sondern förderten auch junge Experimentatoren, darunter den ehrgeizigen Studenten Alexander von Humboldt.

Humboldts ehrgeizige Pläne

Humboldt wurde 1769 als zweiter Sohn eines preußischen Adligen in Berlin geboren. Zusammen mit seinem Bruder Wilhelm genoss er eine hervorragende und selbst für seinen Stand außergewöhnlich umfangreiche Bildung, zu der auch naturwissenschaftliche Themen gehörten. Im Salon der Eheleute Marcus und Henriette Herz lernte er schon früh Geistesgrößen der Berliner Aufklärung kennen, die ihn zu ersten botanischen Studien und kleineren Experimenten anleiteten. Beide Brüder hörten lieber in Göttingen bei Blumenbach Medizin und bei Lichtenberg Experimentalphysik, statt sich dem Wunsch der Mutter entsprechend auf den Staatsdienst vorzubereiten. Für Alexander stand früh fest, dass sein Ziel nicht das preußische Beamtentum sein konnte, das ihn nur von „den Wissenschaften, die ich nun einmal als Beruf ansehe“ abhielt, wie er in einem Brief an Marcus Herz 1795 beklagt.¹⁾

Seine finanzielle Situation erlaubte es Humboldt nicht nur, in teuren Privatseminaren seinen naturwissenschaftlichen Interessen nachzukommen, sondern auch, Reisen zu unternehmen und Gelehrte in ganz Europa zu besuchen. Zu diesen gehörte Georg Forster, der James Cook auf seiner zweiten Weltumsegelung begleitet hatte. Forsters Naturkonzept prägte nachhaltig Humboldts Verständnis von der Natur und ihrer Erforschung. Diese könnten nur gelingen, wenn man die Natur als ein komplexes System verstehe, dessen einzelne Elemente einander gegenseitig beeinflussen. Sie können nur durch Beobachtung und Experiment erschlossen, müssen letztlich aber wieder im Kontext des Systems analysiert werden, um ihre Ursache und Wirkung adäquat zu erfassen. Humboldt folgte diesem Ansatz schon in seinen frühen botanischen und geologischen Studien, die er auf Reisen Anfang der 1790er-Jahre durchführte und schließlich in Abhandlungen und Aufsätzen in naturwissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlichte.

1791 fand er einen Kompromiss zwischen Staatsdienst und Forschung. Er schrieb sich an der Bergakademie in Freiberg ein und wurde innerhalb kurzer Zeit zum Oberberggrat ernannt. Die Arbeit erlaubte es ihm, seine geologischen und chemischen Studien zu vertiefen, wovon auch seine Arbeitgeber profitierten. Er führte verbesserte Abbaumethoden ein, wodurch sich der Ertrag maßgeblich stei-

gerte. Darüber hinaus fand Humboldt Zeit, seine privaten Studien voranzutreiben und sein Wissen im Austausch mit bekannten Fachleuten zu erweitern. So beschäftigte er sich, wenn auch wenig erfolgreich, mit der optimierten Darstellung von Logarithmen. Er vertiefte außerdem zusammen mit seinem Bruder und Johann Wolfgang von Goethe bei dem bekannten Mediziner Justus Christian Loder in Jena sein Wissen über die menschliche Anatomie.

Tierische Elektrizität und Experimentalforschung

Der italienische Anatom Luigi Galvani veröffentlichte 1791 seine Entdeckung, dass Muskeln und Nerven toter Tiere bei Berührung mit Metallen kontrahieren. Er führte diesen Umstand auf eine in den Muskeln gespeicherte Form von organischer Elektrizität zurück, die er „tierische Elektrizität“ nannte. Seine Entdeckung sorgte für großes Aufsehen und eine anhaltende Kontroverse unter den europäischen Experimentalforschern, die sich vor allem mit der Frage beschäftigten: Handelt es sich um eine organische Form der Elektrizität, die in den Muskeln gespeichert und durch die Berührung mit den Metallen freigesetzt wird, oder ist umgekehrt die Verbindung der Metalle die Quelle der Elektrizität? Kurze Zeit später entwickelte der Physiker Alessandro Volta basierend auf Galvanis Versuchen die erste Batterie, die schließlich zur Elektrolyse und zur Entdeckung und synthetischen Gewinnung zahlreicher neuer Stoffe führte.

Ausgangspunkt der Untersuchung war der so genannte galvanische Versuch: Man berührt den freigelegten Muskel und Nerv eines toten Versuchstieres mit zwei miteinan-



Dieses Porträt von Alexander von Humboldt hat der französische Maler Frédéric Christophe de Houdetot im Jahr 1807 mit Bleistift und Tusche angefertigt.

1) Humboldt an Marcus Herz, Bayreuth, 15. Juni 1795, Nr. 309 in: Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts 1787–1799, hrsg. von I. Jahn und F. Lange, Berlin (1973)

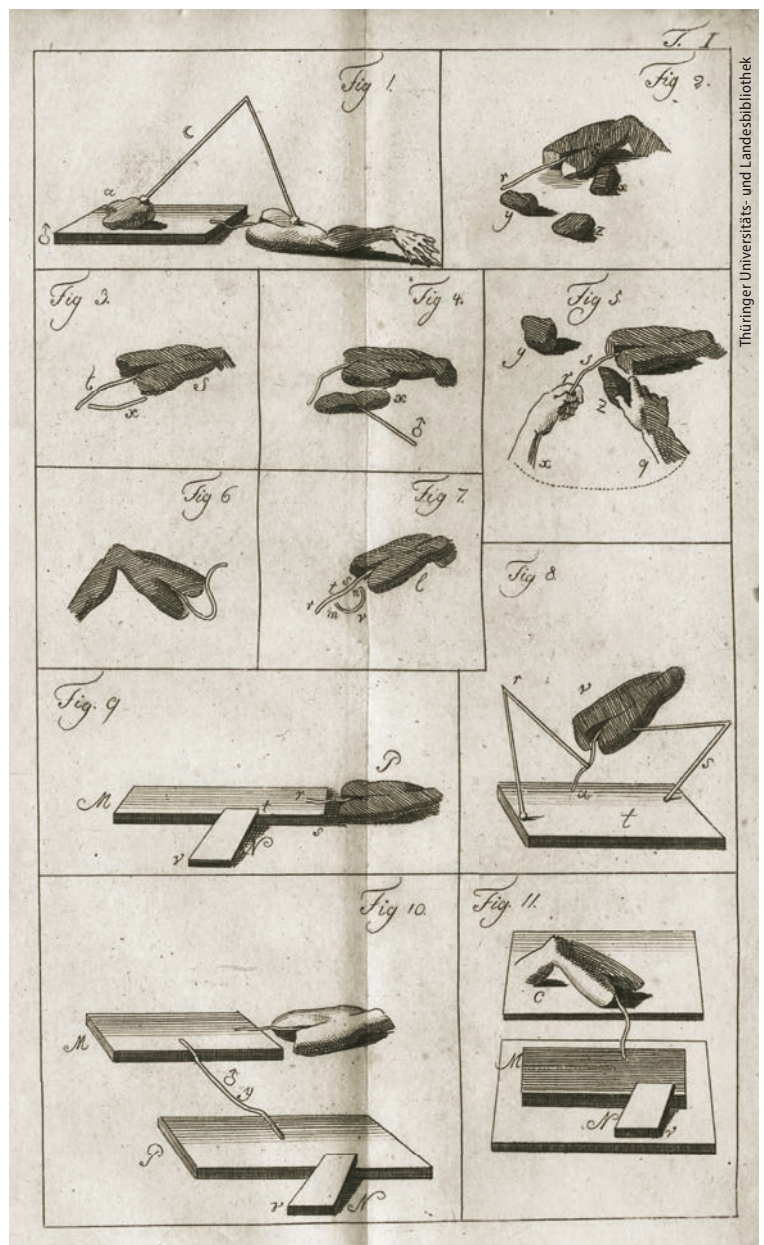
der verbundenen Metallstücken, meist einem Kupfer- und einem Zinkdraht. Schließt man diese „Galvanische Kette“, so kontrahiert der Muskel aufgrund der elektrischen Stimulation. Beliebte Versuchstiere waren vor allem Frösche, die nicht nur leicht zu finden waren, sondern sich auch während ihrer Winterstarre lagern ließen. Aber auch andere Kleintiere, Katzen, Hunde, Schafe, Ochsen oder sogar Leichen dienten zur eingehenden Untersuchung des aufsehenerregenden Phänomens. Gerade für Humboldt, der die Verbindung zwischen der organischen und der anorganischen Natur suchte und beide als Teil eines Systems verstand, war die Untersuchung des Galvanismus auch inhaltlich interessant. Er dehnte den Basisversuch aus, variierte die Kombination der Metalle und experimentierte mit anderen Materialien, etwa Kohle, Mineralien oder Pflanzen. So kombinierte er seine Galvanismusstudien mit seiner bisherigen Forschung und betrachtete das Phänomen aus außergewöhnlich vielen Perspektiven.

Allgemein war die Ergründung der tierischen Elektrizität für ehrgeizige Nachwuchsforscher wie Humboldt attraktiv. Einige erhofften sich nichts weniger als eine Erklärung für den tierischen Bewegungsapparat oder die Heilung zahlreicher Krankheiten. Die Versuchsanordnungen benötigten verhältnismäßig wenig Material und keine teuren, empfindlichen Apparaturen, versprachen aber rasch neue Erkenntnisse und Ansehen seitens der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Insbesondere junge Forscher erhielten durch die Untersuchung des Galvanismus die Möglichkeit, ihre Qualitäten als Experimentator zu demonstrieren. Zu diesen ehrgeizigen Nachwuchswissenschaftlern gehörte auch Humboldt, der bei seinen Studien selbst mit dem Konkurrenz- und Zeitdruck konfrontiert wurde. Er war daher nicht der einzige junge Gelehrte, der sich damit befasste, Konkurrenz und Zeitdruck waren groß.

Der Forscher als Versuchsobjekt

Nachdem er sich mehrere Jahre mit dem Phänomen beschäftigt hatte, beabsichtigte Humboldt im Frühjahr 1795, die Ergebnisse seiner Arbeit zu veröffentlichen. Der Medizinstudent Christian Heinrich Pfaff, der ebenfalls bei Lichtenberg studiert hatte, kam ihm allerdings mit der Publikation seiner eigenen Resultate, die sich mit denen Humboldts überschneiden, zuvor. Der Preuße sah sich daraufhin gezwungen, weitere Versuche anzustellen, um neue Ergebnisse vorlegen zu können. Zwischen 1792 und 1797 führte er über 3000 Experimente allein oder gemeinsam mit namhaften Forschern wie Alessandro Volta durch.

Humboldt experimentierte nicht nur mit Versuchstieren, sondern auch mit dem eigenen Körper, um die Wirkung der tierischen Elektrizität auf den Menschen zu erproben. Er spricht in seinen Abhandlungen vom eigenen Körper als der „menschlichen Maschine“. So fügte er sich Wunden bei und verband die freigelegten Muskeln und Nerven anschließend mit Metallbögen zu einer Galvanischen Kette. Auf diese Weise gelang es ihm, die Wirkung der Reizung auf lebende Organe und den gesamten Organismus zu untersuchen und zu erfahren, wie sich die Reizung anfühlte. So stellte er fest, dass gereizte Muskeln nicht nur zu Kontrak-



Dieser Kupferstich stammt aus dem zweiten Band von Alexander von Humboldts umfangreicher Veröffentlichung „Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser“, die 1797 und 1799 in zwei Bänden erschienen ist.

tionen führen, sondern zugleich auch Lichtblitze vor den Augen erscheinen oder sich auf der Zunge ein alkalischer bzw. saurer Geschmack einstellt.

Halbschematische Abbildungen illustrieren an einer Stelle die Muskeln und Nerven von Versuchstieren, an anderer veranschaulichen dieselben Figuren den Körper des Experimentators. Humboldt unterscheidet nicht zwischen dem Menschen und dem Frosch, beide sind in seinen Experimenten Betrachtungsgegenstand, auf beide wirkt die Reizung der Metalle gleichermaßen. Die Sorgfalt und kritische Haltung, die er bei seinen Versuchen an den Tag legt, entsprechen der Erwartung seiner Lehrer und der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Experimente müssen reproduzierbar sein und variiert werden. Wie die meisten Forscher lehnte er voreilige Schlüsse über Ursachen und Anwendungsmöglichkeiten als Spekulation entschieden ab.



Das Gemälde „Humboldt und Bonpland am Orinoco“ von Eduard Ender (1822–1883) zeigt die beiden Forscher auf ihrer Reise durch Venezuela in den Jahren 1799/1800.

Trotzdem unterscheidet sich Humboldts Arbeit deutlich von der seiner Kollegen, sowohl durch die außergewöhnlich vielfältigen und zahlreichen Experimente als auch durch seine einzigartig ganzheitliche Perspektive. In seinen Versuchen verschwimmen die Grenzen zwischen Physik, Chemie, Physiologie, Mineralogie und Botanik. Den Galvanismus untersuchte er ebenso wie die Einteilung in eine organische und eine anorganische Natur, die Funktion pflanzlicher und tierischer Stoffwechselkreisläufe, chemische Prozesse innerhalb des menschlichen Körpers sowie die gemeinsamen physikalischen Eigenschaften von Metallen und Mineralen. Ihm ging es nicht nur darum, die Einwirkung verschiedener Materialien auf die neu entdeckte tierische Elektrizität zu untersuchen, sondern darum, ihre Wirkung und Rolle im Gesamtgefüge der Natur als System der Wechselwirkung zu erkennen.

Der erste Band der „Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser“ erschien 1797 und umfasst knapp 500 Seiten.²⁾ Das Werk, zwei Jahre später um einen zweiten, ebenso umfangreichen Band und die oben genannten Kupferstiche ergänzt, ist ein Konvolut der bis dahin durchgeführten naturwissenschaftlichen Studien des Autors. Die Abhandlung demonstriert Humboldts Konzept einer Naturwissenschaft, die ihren Untersuchungsgegenstand aus allen Blickwinkeln zu beleuchten hat, um ihn verstehen zu können, ohne dabei aber oberflächlich zu sein. Dank seiner intensiven Studien zu verschiedenen Spezialgebieten unter der Anleitung führender Forscher entsprachen seine Experimente den Erwartungen der wissenschaftlichen Gemeinschaft und fanden ihren Beifall. Man erklärte ihn schließlich neben anderen jungen Galvanismusforschern wie Pfaff zum vorbildlichen modernen Experimentalforscher. In ihnen manifestieren sich, so heißt es in vielen Rezensionen ihrer Werke, die neuen Ideale empirischer Forschungsmethoden. Womöglich hätte das den Anfang

des Physikers und Chemikers Alexander von Humboldt an einer deutschen Universität oder der französischen Académie des Sciences bedeuten können. Der Tod der Mutter 1796 und das damit verbundene finanzielle Erbe eröffneten ihm allerdings die Möglichkeit, seine Pläne einer großen Forschungsreise außerhalb Europas umzusetzen. Auch hier ließ sich Humboldt von Spezialisten schulen, um mit den neuesten Messinstrumenten, die er für die Reise erwarb, selbst Höhenmessungen sowie Positions- und Artenbestimmungen durchführen zu können.

Ursprünglich hoffte der inzwischen 30-Jährige, Ägypten zu ergründen und den Nil bis zur Quelle zu befahren. Doch der Einfall der französischen Truppen unter Napoleon zwang ihn zu einer spontanen Kursänderung. So schiffte er sich 1799 zusammen mit dem französischen Arzt Aimé Bonpland zu seiner berühmten Reise nach Südamerika ein, noch ehe der zweite Band seiner Galvanismusschrift in Europa erschienen war.

Die Auswertung einer langen Reise

Humboldt bereiste fünf Jahre lang Süd-, Mittel- und schließlich Nordamerika. Er sammelte Pflanzen, Tiere, Mineralien sowie Messdaten und traf wichtige Gelehrte und Politiker. Immer wieder berichteten europäische Zeitungen von seinen Entdeckungen und gelegentlich auch etwas voreilig von seinem Tod. Als Humboldt im Sommer 1804 nach Europa zurückkehrte, galt er bereits als einer der größten Forscher seiner Zeit. Um die Anerkennung der wissenschaftlichen Gemeinschaft brauchte er sich nun nicht mehr zu bemühen.

Für physikalische und chemische Experimente hatte Humboldt während seiner Reise zwar nur wenig Gelegenheit gefunden. Dafür war die gesammelte Menge an Messdaten und Proben umso größer. Der Privatgelehrte war sich bewusst, dass er weder die Kapazitäten noch das Fachwissen besaß, um diese Fülle an Material allein auszuwerten. Er begab sich daher nach Paris, wo er führende Spezialisten aller Disziplinen versammelt wusste. Für die Auswertung und Veröffentlichung der Ergebnisse plante er fünf Jahre ein. Allerdings war diese Schätzung, wie bei wissenschaftlichen Großprojekten öfter der Fall, zu optimistisch. Nach 22 Jahren veröffentlichte er schließlich die Ergebnisse seiner Reisen, Messdaten, Auswertungen und Berichte, gebündelt in 13 Bänden auf Französisch.

Wählte Humboldt bei seinem ersten mehrbändigen Werk noch eine Mikroperspektive, fokussierend auf ein Phänomen, das er aus allen Blickwinkeln betrachtete, präsentiert er die Natur hier dagegen aus der Makroperspektive: die ausgewerteten Daten und Beobachtungen, zusammengebracht zu einem Gesamtbild der Natur, um ihre Komplexität dem Leser wenigstens in Ansätzen zu veranschaulichen.

Spezialisierung der Fachdisziplinen

Zwar beschäftigte sich Humboldt auch nach seiner Rückkehr aus Amerika noch mit Experimenten. So bestimmte er mit dem Chemiker Joseph Louis Gay-Lussac das Verhält-

2) A. v. Humboldt, *Versuche über die gereizte Muskel und Nervenfaser*, Decker, Posen, Band 1 (1797): <https://bit.ly/2n4iowP>, Band 2 (1799): <https://bit.ly/2n4iowP>

nis von Sauerstoff und Wasserstoff bei der Elektrolyse und erforschte mit Friedrich Gauß den Magnetismus. Die Auswertung seiner Messungen überließ Humboldt allerdings zunehmend anderen, deren Fachkenntnisse die seinen übertrafen.

Anfang des 19. Jahrhunderts setzte eine rasche Spezialisierung innerhalb der naturwissenschaftlichen Disziplinen ein, mit der insbesondere im deutschen Sprachraum eine zunehmende Institutionalisierung einherging. Fächer, die an Universitäten zuvor stiefmütterlich behandelt worden waren, fanden nun einen festen Platz an den Hochschulen. Die rasante Zunahme an Erkenntnissen und Forschungsmethoden in den Naturwissenschaften machte es allmählich unmöglich, sich in einer größeren Zahl von Disziplinen so zu bilden, wie Humboldt es noch wenige Jahrzehnte zuvor getan hatte. Dessen war sich der Gelehrte bewusst. Obwohl das wachsende Detailwissen seinem Verständnis nach nur die eine Hälfte der Naturforschung sein konnte, befürwortete er diese Entwicklung. Als er vom preußischen König 1827 zurück nach Berlin befohlen wurde, setzte Humboldt sich für die Stärkung junger Fächer wie der Geologie und Botanik an der 1810 gegründeten Berliner Universität ein und förderte seinerseits junge Wissenschaftler, darunter Hermann von Helmholtz und Justus Liebig.

Humboldts Kosmos

1827 und 1828 hielt Humboldt an der Universität und der Singakademie seine berühmten Kosmos-Vorlesungen, in denen er erneut die Natur als Ganzes darzustellen versucht und einen breiten Bogen über zahlreiche Disziplinen, von der Astronomie bis zur Kulturgeschichte, spannt und damit ein Gegenmodell zur sich spezialisierenden Wissenschaftslandschaft bot. Er berichtete von seinen eigenen Entdeckungen wie von den neuesten Erkenntnissen zu Magnetismus oder Klimaforschung. Die durch Mitschriften erhaltenen Vorlesungen bilden abermals Humboldts naturwissenschaftliches Konzept eines dicht vernetzten Wissenssystems ab, das den einzelnen Disziplinen und ihrer Verbindung miteinander gleichermaßen Rechnung trägt, um das komplexe System Natur zu verstehen. Die Vorlesungen an der Singakademie waren öffentlich, Männern und Frauen sowie allen Ständen gleichermaßen zugänglich und ein großer Erfolg.

1845 erschien der erste Band zu Humboldts letzter makroskopisch-mikroskopischer Darstellung der Natur mit dem Titel „Kosmos“, die, so schreibt er in der Einleitung, ihn seit beinahe fünfzig Jahren beschäftigte. Drei weitere Bände wurden bis zu seinem Tod 1859 veröffentlicht, der fünfte posthum 1862.



Alexander von Humboldt
auf einer Daguerrotypie
aus dem Jahr 1847

In jungen Jahren als Experimentalwissenschaftler zum Vorbild künftiger Generationen erklärt, begleitete Humboldt die Entwicklung der modernen Naturwissenschaften über siebzig Jahre lang, ehe er zum Ende seines Lebens von zeitgenössischen Naturwissenschaftlern eher als Relikt gesehen wurde, wenn auch aufgrund seiner Leistungen zweifellos als ein respektinflößendes und bewundertes.

Humboldts Konzept einer vernetzenden, transdisziplinären Erschließung der Natur und der sie ausmachenden Zusammenhänge, seit den 1970er-Jahren „Humboldtian Science“ genannt, ist die außergewöhnliche Verbindung zwischen einem aufklärerisch umfassenden und einem modernen spezialisierten Verständnis von Naturwissenschaft, die dem zunehmenden Detailwissen einzelner Fachrichtungen ebenso Rechnung trägt wie der Notwendigkeit der Verknüpfung von Daten über Disziplinengrenzen hinweg. Vor 150 Jahren entsprach es nicht mehr dem wissenschaftlichen System, heute ist es aktueller denn je.

Weiterführende Literatur

- [1] O. Lubrich und Th. Nehrlich (Hrsg.): Alexander von Humboldts Sämtliche Schriften (Studienausgabe), Deutscher Taschenbuch Verlag, München (2019)
- [2] O. Ette (Hrsg.): Alexander von Humboldt-Handbuch: Leben – Werk – Wirkung, J. B. Metzler, Stuttgart (2018)
- [3] A. Wulf, *The Invention of Nature. Alexander von Humboldt, John Murray, New York* (2019), deutsch: Alexander von Humboldt und die Erfindung der Natur, C. Bertelsmann, München (2019)
- [4] U. Klein, *Humboldts Preußen. Wissenschaft und Technik im Aufbruch*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (2015)
- [5] O. Breidbach und R. Burwick (Hrsg.), *Physik um 1800. Kunst, Naturwissenschaft oder Philosophie?*, Wilhelm Fink, München (2012)
- [6] A. v. Humboldt, *Kosmos: Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*, hrsg. von Ottmar Ette und Oliver Lubrich, Die Andere Bibliothek, Berlin (2004)

Der Autor



Alexander Stöger studierte ab 2009 Germanistik und Philosophie an der Universität Jena und anschließend ebenfalls an der FSU Jena den Masterstudiengang Deutsche Klassik im europäischen Kontext. Von 2015 bis 2018 war er Kollegiat des Graduiertenkollegs „Modell Romantik“. Seine

Promotion in Geschichte der Naturwissenschaften, Medizin und Technik hat er im Mai 2019 abgeschlossen.

Dr. des. Alexander Stöger, Institute for History, Leiden University, Doelensteeg 16, 2311 VL Leiden, Niederlande