SITZUNGSBERICHTE

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN

Mosaicum zum Denken, Wollen und Wirken Alexander von Humboldts

Kolloquium anlässlich des 250. Geburtstages
von Alexander von Humboldt am 10.10.2019
im Rathaus Berlin-Tiergarten

Herausgegeben von
Lutz-Günther Fleischer & Horst Kant

Mit Beiträgen von Karl-Heinz Bernhardt,
Ferdinand Damaschun, Hans-Otto Dill,
Lutz-Günther Fleischer, Henrik Friis,
Dagmar Hülsenberg, Peter Kühn,
Axel Müller, Ralf Thomas Schmidt

BAND 143

JAHRGANG 2020

SITZUNGSBERICHTE
BAND 143 JAHRGANG 2020

LEIBNIZ-SOZIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

Diese Publikation erfolgte mit freundlicher Unterstützung des Senats von Berlin.

Impressum

Herausgeber: Rainer E. Zimmermann, Präsident der Leibniz-Sozietät
der Wissenschaften zu Berlin e.V.
Briefanschrift: Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.
Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58/59, 10117 Berlin
Homepage http://www.leibnizsozietaet.de

Briefanschrift der Redaktion:
Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V., Redaktionskollegium,
Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58/59, 10117 Berlin

Im Auftrag der Leibniz-Sozietät e.V. erschienen im trafo Wissenschaftsverlag
Dr. Wolfgang Weist, Finkenstr. 8, 12621 Berlin
Telefon: 030/61 29 94 Fax: 030/61 29 94 21
e-mail: info@trafoberlin.de

Druck: Rosch-Buch, Scheßlitz

Bezugsbedingungen: Die Reihe „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät“ erscheint in unregelmäßigen Abständen etwa viermal jährlich.
Bestellungen sowie fortlaufender Bezug bitte über Ihre Buchhandlung oder direkt beim trafo Wissenschaftsverlag Dr. Wolfgang Weist

Redaktionelle Durchsicht dieses Bandes: Lutz-Günther Fleischer & Horst Kant

Redaktionsschluss: 10.6.2020
ISSN 0947-5850 ISBN 978-3-86464-180-0

Inhalt

Lutz-Günther Fleischer, Horst Kant 7
Einführung

Hans-Otto Dill 17
Alexander von Humboldt und die Methodologie der Sozial- und Geisteswissenschaften

Dagmar Hülsenberg 31
Alexander von Humboldts nahezu unbekannte Einflussnahme auf die Herstellung von Porzellan

Karl-Heinz Bernhardt 63
Alexander von Humboldts Wirken für die Klimatologie aus heutiger Sicht

Peter Kühn 83
Alexander von Humboldt und die innere Wärme der Erde

Axel Müller, Henrik Friis, Ralf Thomas Schmitt 89
Alexander von Humboldt (1769–1859) – ein Protagonist der Erstellung und Förderung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung

Ralf Thomas Schmitt, Ferdinand Damaschun 103
Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin

Lutz-Günther Fleischer 117
Die Naturwissenschaften als Quell und Mittel der Welterkenntnis sowie des Weltverständnisses in Alexander von Humboldts dynamischer Wissenschaftskonzeption und in der Gegenwart – Probleme und Perspektiven

Autorenverzeichnis 183

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 7–16*

Lutz-Günther Fleischer, Horst Kant

Einführung

Der vorliegende Band 143 der „Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin“ vereint Beiträge des ganztägigen Kolloquiums *Mosaicum zum Denken, Wollen und Wirken Alexander von Humboldts*, das die Leibniz-Sozietät am 10. Oktober 2019 anlässlich der 250. Wiederkehr seines Geburtstages veranstaltete.

Vor dem Kolloquium wurden die Veranstalter mit der Meinung konfrontiert, dass über den großen Gelehrten, hervorragenden Naturforscher und bedeutenden Kulturwissenschaftler schon alles gesagt sei und die große Anzahl weiterer Publikationen, Vortragsveranstaltungen, Ausstellungen sowie andere Formen öffentlicher Aufmerksamkeit im Jubiläumsjahr nichts Neues brächten.

Inzwischen dominiert zumindest unter den Teilnehmern die Überzeugung, dass die Vorträge durchaus eine Reihe von Aspekten von *Humboldts* Schaffen beleuchten konnten, die zumeist etwas abseits der üblichen Betrachtung liegen, so Details zu seiner nahezu unbekannten Einflussnahme auf die Herstellung von Porzellan, zu den wissenschaftlichen Beiträge zur Klimatologie, über seine gedeihliche Zusammenarbeit mit bildenden Künstlern sowie dem Einsatz präziser wissenschaftlicher Instrumente und quantifizierender experimenteller Methoden als wesensprägende Merkmale der *‚Humboldtian science‘*. Wir hoffen, dass auch die Leser diese Auffassung teilen werden. Zu den mannigfaltigen Anregungen des Mosaiks gehören komplementär reflektierte Perspektiven der transdisziplinären, verallgemeinernden, wissenschaftsmethodischen und entwicklungsrelevanten Konzepte seines Denkens, Wollens und Wirkens.

In diesem übergreifenden Sinn wollen die Ausführungen etwas Wegweisendes zur Beantwortung *zweier Fragencluster* beitragen:

- Wie sind *Humboldts* Wissenschaftskonzeption und seine Grundüberzeugungen unter den Bedingungen sowie Erfordernissen und mit den Maßstäben seiner Zeit objektiv zu bewerten, gut begründet in die Wissenschaftsgeschichte sowie in die damalige gesellschaftliche Entwicklung einzuordnen?

- Welche konzeptionellen Ansätze und methodologischen Grundelementen *Humboldts* bewähren sich noch in der vernetzten Wissenschaft der Gegenwart? Worauf kann sie im Wandel zu einem neuen Wissenschaftstypus aufbauen, dessen erkenntnisleitendes Interesse von der systematischen Erforschung künftiger gesellschaftlicher Entwicklungen geprägt wird? In welchem Verhältnis stehen generell die Paradigmen, die wissenschaftlichen Vorgehensweisen, Programme und mannigfaltigen Ergebnisse, wenn sie folgerichtig an den wachsenden globalen Herausforderungen und deren kaum zu beherrschende, aber dominierende Komplexität gemessen werden?

Die nachfolgenden einführenden Erläuterungen zu den Vorträgen sollen einige Ein- und Zuordnungen verdeutlichen und so das Interesse am Lesen und an Diskussionen anregen.

***

Petra (Gentz-)Werner stützte sich in ihrem Vortrag *Maler und Zeichner als Chronisten der Natur? Zur Zusammenarbeit Alexander von Humboldts mit bildenden Künstlern* auf Forschungsergebnisse, die sie bereits in mehreren Publikationen veröffentlicht hat, unter anderem in „Naturwahrheit und ästhetische Umsetzung. Alexander von Humboldt im Briefwechsel mit bildenden Künstlern“.[1] Deshalb verzichtet sie auf eine weitere Publikation an dieser Stelle.

Im Vortrag stellte sie die Frage in den Mittelpunkt, welche Bedeutung *Humboldt* Illustrationen beimaß und wie diese entstanden. Dabei setzte sie drei Akzente:

- Wie nahm *Humboldt* die Landschaft in Südamerika optisch wahr und wie veränderte er Abbildungen von Künstlern, um sein Anliegen und seine Ideen besser zum Ausdruck zu bringen?
- Was war *Humboldt* bei der Darstellung von Einzelpflanzen und Pflanzengesellschaften besonders wichtig?
- Wie lässt sich die Zusammenarbeit mit den Malern *Albert Berg* und *Moritz Rugendas* charakterisieren?

An einer wichtigen Zeichnung aus dem Reisewerk, der Darstellung der Pyramide von Cholula, erklärte *Petra (Gentz-)Werner* exemplarisch, inwiefern *Humboldt* die von *Wilhelm Friedrich Gmelin* gelieferte Abbildung verän-

1 Werner, P. (2013): Naturwahrheit und ästhetische Umsetzung/Alexander von Humboldts Briefwechsel mit bildenden Künstlern (= Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, 38). Berlin.

dern ließ, um seine eigenen naturgemäßen, wirklichkeitsnahen Interpretationen zu verdeutlichen.

Hans-Otto Dill analysiert in seinem Beitrag *Alexander von Humboldt und die Methodologie der Sozial- und Geisteswissenschaften* den Beginn des Antagonismus zwischen Natur und Kultur Anfang des 19. Jahrhunderts an Hand des Vergleichs *Alexander von Humboldts* zwischen dem wirtschaftlich fortgeschrittenen kapitalistischen (West-)Europa und dem vormodernen Lateinamerika, das dieser intensiv bereist und als Verhältnis zwischen Westeuropa und den Kolonien sowie als Beispiel des allgemeinen Übergangs von Geld- zu Kapitalverhältnissen erkannt hatte.

Faktenreich befasst sich *Dill* überdies mit der nachhaltig und fundamental evolvierenden *Methodologie der Wissenschaft, Humboldts* Verständnis und seinem dezidierten Beitrag zur Entwicklung. Im Zentrum dieser umfassenden Untersuchungen stehen der Wandel der Methodologie der damaligen Naturwissenschaft, die diese seit der Renaissance entwickelt hatte, sowie ihr von der Antike übernommener Wahrheitsbegriff. In dieser Zeit gab es noch keine speziell sozialwissenschaftliche Methode und der Begriff „Sozialwissenschaft" existierte nur als deren Teilgebiet, nämlich als Historiographie. *Dill* betont:

> „Für *Humboldt* selber, wie auch für seine philosophisch-weltanschauliche Praxis, galt wie für alle Wissenschaften in erster Instanz die logische und semantisch-sprachliche Widerspruchsfreiheit, ferner die Ableitung jeder wissenschaftlichen Fragestellung und Schlussfolgerung aus der Realität bzw. betreffenden Praxis."

In den Jahren 1792–1795 beschäftigte sich *Alexander von Humboldt* auch mit der Herstellung von Porzellan; *Dagmar Hülsenberg* stützt ihren diesbezüglichen Beitrag *Alexander von Humboldts nahezu unbekannte Einflussnahme auf die Herstellung von Porzellan* auf Originaldokumente sowie auf Kanzleikopien von *Humboldts* Originalen.

Sie berichtet exemplarisch über ein vom 22-jährigen *Humboldt* verfasstes Protokoll zur Situation in der von ihm untersuchten Porzellanmanufaktur Bruckberg und über die Realisierung seiner Vorschläge. Es werden Einzelheiten unter anderem bezüglich der eingesetzten Rohstoffe, deren Aufbereitung und zu den Hochtemperaturprozessen mitgeteilt.

In der KPM Berlin studierte *Humboldt* vor der Evaluation von Bruckberg die gesamte Fertigungstechnik und er absolvierte Versuche zu Glasuren, deren Ergebnisse auch der evaluierten Porzellanmanufaktur Bruckberg zugute kamen. Seine Anregungen besaßen sowohl einen technischen als auch einen kameralistischen Hintergrund. Als besonders wichtig für die Weiter-

entwicklung der Ofentechnik zum Brennen von Porzellan erwiesen sich *Humboldts* Erkenntnisse zur vorteilhaften Konstruktion eines zwei-etagigen Rundofens, dessen Funktionsweise erläutert wird. – Auch die Gründung der Porzellanmanufaktur Tettau im fränkischen Fürstentum Bayreuth, das ebenso wie das Fürstentum Ansbach an Preußen gefallen war, geht entscheidend auf *Humboldt* zurück.

Karl-Heinz Bermhardt betrachtet in seinem Beitrag *Alexander von Humboldts Wirken für die Klimatologie aus heutiger Sicht. Humboldt* sei nicht nur als hervorragender Naturforscher und Wissenschaftsvermittler, sondern zudem als bedeutender Kulturwissenschaftler sowie – eine Titulierung von *H.-O. Dill* aufgreifend – als „früher Ökologe, Europa-Kritiker und Anti-Rassist“ für die gegenwärtigen Auseinandersetzungen um die Zukunft der Menschheit in ihrem Verhältnis zur Natur hoch aktuell. *Bernhardt* stellt in diesem Kontext fünf markante ideen- und institutionengeschichtliche Beiträge *Humboldts* zur Klimatologie seiner Zeit in ihrem inneren Zusammenhang dar. Er betrachtet und beurteilt sie aus heutiger Sicht, da die Klimatologie aus einer vormals akademischen Wissenschaft zu einem politisch hoch relevanten und Volksmassen bewegenden Agens geworden ist. Zu einer prägnanten Charakteristik des Standes von Meteorologie und Klimatologie zu Zeiten *Humboldts* verweist er dabei auf eine eigene Arbeit aus dem Jahr 2003.

Unser Zeitalter wird nicht zuletzt dadurch charakterisiert, dass der Mensch und die menschliche Gesellschaft zu einem der wesentlichsten Einflussfaktoren auf die komplex vermittelnden, interagierenden atmosphärischen, biologischen und geologischen Prozesse unseres Planeten geworden sind.

Peter Kühn referiert über *Alexander von Humboldt und die innere Wärme der Erde*. Seit frühester Jugend wurde *Humboldt* umfassend auf sein späteres Leben vorbereitet. Das betrifft die Berliner Zeit, die Studienaufenthalte in Frankfurt (Oder), Göttingen, Hamburg und Freiberg. An der 1765 gegründeten Bergakademie Freiberg schloss *Humboldt* zwischen Mitte Juni 1791 und Ende Februar 1792 seine wissenschaftliche Ausbildung ab.

Es war für seine mannigfaltigen physikalischen Messprogramme von großem Vorteil, dass *Humboldt* zahlreiche Messmethoden kannte, ständig neue erprobte und die verschiedensten Messmittel, darunter die zunehmend und bewusst genutzten *Thermometer*, sicher und erfolgreich einzusetzen wusste. In einer Zeit, als noch nicht angemessen zwischen Wärme und Temperatur unterschieden sowie über Wärmestoff und die Wärmeparameter der Medien (Luft, Erde, Wasser ...) spekulierte wurde, ergab sich während des Studiums in Freiberg für *Humboldt* die Möglichkeit, die Wärmeleitfähigkeit verschiedenster Materialien zu untersuchen und Grubenlufttemperaturen in größeren Tiefen und an der Erdoberfläche zu messen. Diese mit sei-

nem Studienfreund *Johann Carl Freiesleben* realisierten Messungen sind die ersten geothermischen Messungen in einem Bergwerk und zugleich eine wesentliche Grundlage für die Umwelt der von *Humboldt* in Freiberger Bergwerken untersuchten „unterirdischen Pflanzen". Auf allen seinen bergmännischen Erkundungen und Forschungsreisen sind auch seine Thermometer ständige Begleiter. *Humboldt* gelingt es, erste Gesetzmäßigkeiten der Temperaturverteilung auf der Erde zu erkennen und er führt zu deren Veranschaulichung die *Isothermen* ein. Die *Temperatur* hat als Zustandsgröße eine fundamentale Bedeutung für die makroskopische Beschreibung aller (physikalischen, chemischen, biotischen ...) Zustände und Prozesse im Alltag, in der Umwelt, der Wissenschaft und Technik. Praktisch alle Eigenschaften sind – mehr oder minder ausgeprägt – temperaturabhängig.

Zwei inhaltlich und personell verbundene Vorträge widmen sich dem Komplex ‚*Alexander von Humboldt* als herausragender wissenschaftlicher Sammler'. *Humboldt* war von der Natur fasziniert und sammelte bereits als Kind Gesteine, Minerale und Pflanzen. Während seines Studiums an der Bergakademie Freiberg trug er insbesondere Minerale und Gesteine zusammen. Als Bergbeamter in Franken führte er das weiter. Mit 30 Jahren konnte er seinen Traum einer großen wissenschaftlichen Expedition verwirklichen und diesen Neigungen noch intensiver und gezielter folgen. Dem Anliegen kamen seine Reisen nach Amerika, Italien und Russland sehr entgegen. *Ferdinand Damaschun* und *Ralf Thomas Schmitt* verweisen in ihrem Beitrag *Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin* darauf, dass *Humboldt* Vieles davon in das Preußische Königliche Mineralienkabinett, einem der Vorläufer des heutigen Museums für Naturkunde Berlin, weitergab. Über 1.100 Minerale und Gesteine von bzw. im Kontext zu *Humboldt* sind in diese Museumssammlung gelangt. *Humboldt* selbst hat dem „materiell Gesammelten und geographisch Geordneten [...] ein[en] langdauernder[n] Werth" zugemessen.[2] Im Ergebnis jener in den letzten 25 Jahren intensivierten und umfassenderen digitalen Inventarisierung der Mineralogischen Sammlung konnte ein ausgezeichneter Überblick über die von *Humboldt* eingebrachten Minerale und Gesteine gewonnen werden. Aus dieser verdienstvollen Arbeit entstand ein reich bebildertes Buch über *Alexander von Humboldt* als Sammler von Mineralen und Gesteinen, das die Autoren dem Auditorium des Kolloquiums abschließend vorlegten.[3]

---

2 Humboldt, A. v. (2004): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung (Hrsg. von Ette, O.; Lubrich, O.). Frankfurt/M., Bd. IV.

3 Damaschun, F.; Schmitt, R. T. (Hg.) (2019): Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin. Berlin.

Die Geowissenschaftler *Axel Müller, Henrik Friis* und *Ralf Thomas Schmitt* exponierten in ihrem Vortrag *Alexander von Humboldt (1769–1859) – ein Protagonist der Erstellung und Förderung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung* die Bedeutung wissenschaftlicher Sammlungen.

Im Gegensatz zu den meisten zeitgenössischen Forschern legte *Humboldt* keine eigenen Sammlungen an, sondern stellte sein gesammeltes Material genauso wie seine vielfältigen Geschenke staatlichen Institutionen zur Verfügung, damit diese Objekte für die Forschung und öffentliche Bildung genutzt werden konnten. In diesem Sinne kann *Alexander von Humboldt* als *Pionier* der Erstellung und Nutzung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung angesehen werden.

Wissenschaftliche Sammlungen und ihr Aufbewahrungsort – die Museen – beweisen sich als kollektive Datenbank der Gesellschaft. Die Proben und Objekte als Elemente der Sammlungen dokumentieren die nationale Geschichte, stehen für die Kultur und Identität der Nation und sind eine wichtige Quelle für zukünftige Forschung sowie die fortdauernde Technologieentwicklung. Geowissenschaftliche Sammlungen unterscheiden sich von biologischen hinsichtlich ihrer zusätzlichen zeitlichen Dimension: Sie erfassen und belegen den Zeitraum von der Entstehung unseres Sonnensystems vor etwa 4,6 Milliarden Jahren (z.B. Chondrite) bis heute (z.B. von jüngsten Vulkanausbrüchen erzeugte Gesteine). Darüber hinaus dokumentieren Gesteine und Minerale in Form von Kunstwerken und Steinwerkzeugen gemeinsam mit Relikten des Bergbaus und der Metallproduktion wie Schlacken und Legierungen (z.B. Bronze) die kulturelle und technologische Entwicklung des Menschen.

Mit den Problemen und Perspektiven der *Naturwissenschaften als Quell und Mittel der Welterkenntnis sowie des Weltverständnisses in Alexander von Humboldts dynamischer Wissenschaftskonzeption und in der Gegenwart* befasst sich *Lutz-Günther Fleischer*.

Humboldts Wissenschaftsvision und -praxis, die die wesensgemäß polyseme Struktur von Begriffen wie Welt, Welterkenntnis, Weltverständnis, Weltbewusstsein, Weltbild, Natur, Kultur etc. als zentrale Konstituenten definiert eingliedert, kann – im Wesentlichen *Ottmar Ette* folgend – als *dynamisch, hoch komplex, transdisziplinär, interkulturell, transregional, kosmopolitisch, demokratisch popularisierend, kooperativ und kommunikativ vernetzt und fraktal strukturiert* charakterisiert werden.[4] Anfang des 19. Jahr-

4 Ette, O. (2006): Unterwegs zu einer Weltwissenschaft? Alexander von Humboldts Weltbegriffe und die transarealen Studien. In: Alexander von Humboldt im Netz (HiN), Bd. 7, Nr. 13, S. 34–54.

hunderts gehörten die Naturwissenschaften noch ganz und gar nicht zur allgemeinen Bildung. Erst *Humboldt* brachte sie in glänzender Weise und Form dem breiteren Kreis der Gebildeten und einer zunehmend interessierten Öffentlichkeit näher.

Der Beitrag skizziert inter- und transdisziplinär den evolutiven Weg, die Konzepte sowie *Humboldts* Denken, Wollen und Wirken, seine herausragenden Leistungen bei der holistischen Analyse von Natur und Kultur sowie der besonders beeindruckenden Initiation der *‚Humboldtian science'*. Die amerikanische Wissenschaftshistorikerin *Susan Faye Cannon* integriert unter diesem Begriff *Humboldts* Einsatz präziser wissenschaftlicher Instrumente, quantifizierender experimenteller Methoden, seine allgemeingültige holistisch-relationale Perspektive auf die Natur und den sich entfaltenden Ansatz der ‚Naturkunde' aus der Naturphilosophie heraus. Letztlich die generelle Neuorganisation von Wissen und diverser Wissenschaftsdisziplinen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, in der dadurch explizierten Epoche der modernen, mathematisch orientierten Naturwissenschaften.

In der Gegenwart stellt sich – nicht nur für die Naturwissenschaften, aber für sie wesensgemäß in besonderer Weise – die Frage, was uns *Humboldts* wissenschaftliche Universalität, seine konzeptionellen Ansätze und methodologischen Grundelemente im rasant fortschreitenden Prozess der dominierenden Spezialisierung der Wissenschaft, ihrem nachhaltigen und bisher nicht hinreichend bewältigten Struktur- und Funktionswandel zu geben vermag. *Werner Heisenberg* hatte als erster Präsident (1953–1975) der wieder errichteten *Alexander von Humboldt*-Stiftung eine mögliche Antwort:

> „Das Vorbild Alexander von Humboldts [...] kann dazu ermutigen, den Überblick zu gewinnen und mit der Kenntnis der abstrakten Grundlagen ein Wissen um die Gesamtrichtung der fortschreitenden Wissenschaft zu bewahren."[5]

Die Wissenschaft ist und bleibt Grundlage, Bedingung und Folge jeder soliden Entwicklung. Gilt es doch, die wachsenden mannigfaltigen Herausforderungen infolge und bei der *Entfaltung der Komplexität* sowie die *Dynamik* der verflochtenen, teils sogar verschränkten *Entwicklungsprozesse effektiv zu bewältigen*, einem dringend gebotenen intelligenten Umgang mit der Kompliziertheit und der Komplexität der kontingenten Wirklichkeit, mit der Unvollkommenheit, mit Unterschieden und Gegensätzen gerecht zu werden sowie unzulässig verabsolutierte individuelle Sicht- und Verhaltensweisen zu verstehen und mit Vernunft zu wenden. Daraus resultierende – teilweise sogar

5 Heisenberg, W. (1969): Über die Möglichkeit universeller wissenschaftlicher Bildung in unserem Zeitalter. In: Alexander von Humboldt: Werk und Weltgeltung. Ed. Heinrich Pfeiffer. München, S. 9–13 (hier S. 13).

verheerende – Folgen lassen sich in zahlreichen biotischen und kulturellen Systemen und in allen Lebensbereichen beobachten. Der Beitrag versucht diese Sachverhalte aufzunehmen, im Kontext zu beschreiben, einzuordnen, zu bewerten und mit der gebotenen Vorsicht prospektiv zu projizieren.

***

Der vieldeutige und vielfältige Naturbegriff *Humboldts* ist auch in dem unserer Zeit gerecht werdendem Denken und Handeln ein Leitbegriff geblieben. Sukzessive Annäherungen an seine Bedeutungsvielfalt sind wesensgemäß über die historische und sachliche Substruktur der Begrifflichkeit möglich. Die begriffsphilosophische Qualität der zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbaren konnotativen Begriffsdefinition, insbesondere die Ausformungen des Erklärungsgehaltes, stellt einen Indikator des evolvierenden Erkenntnisstandes (des Wissens) dar und dokumentiert auf diese Weise obendrein vordringlich zu beseitigende Mängel und Lücken.

Was ist überhaupt noch Natur, wenn sie weltweit vom Menschen nicht nur beeinflusst, sondern überformt, ja überfordert wird und die fragilen ökologischen Gleichgewichte von ihm in gefährliche Zustandsbereiche gedrängt werden? Aus dem sogenannten „Anthropocenic Turn“ und der neuen Epoche ergeben sich gänzlich neue Fragen, Notwendigkeiten und Herausforderungen.

Der studierte Philosoph und Publizist *Michael Reitz* disputierte dazu am 24.5.2020 in der Reihe „Essay und Diskurs“ des Deutschlandfunks unter dem Diktum *‚Der Mensch erscheint im Anthropozän‘*[6] mit der Wiener Kultur- und Literaturwissenschaftlerin *Eva Horn*, die ebenfalls im Homo sapiens eine geologische Kraft sieht. Das Zeitalter des Anthropozän zwinge uns deshalb, Begriffe wie „Natur“ vollkommen neu zu denken und eine angemessene Ethik zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund müssten vor allem die uralten Gegensätze von Natur und Mensch, Mikro- und Makrokosmos sowie individueller und kollektiver Ethik überdacht werden. Zu klären sei, wie sich Politik dieser globalen Problematik stellen kann.[7]

---

6 Der Vorschlag *Anthropozän* (altgriechisch ἄνθρωπος *ánthropos* ‚Mensch‘ und *καινός* ‚neu‘) zur Kennzeichnung der neuen *geochronologischen Epoche* mit folgenreichen anthropogenen Wirkungen und demzufolge der zu steigernden Verantwortung des Menschen zu wählen, wurde im Jahr 2000 von *Paul Crutzen* gemeinsam mit *Eugene Stoermer* unterbreitet. – Vgl. Crutzen, P. J.; Stoermer, E. F. (2000): The „Anthropocene“. In: IGPB Newsletter No. 41, S. 17–18. [http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf]

7 [https://www.deutschlandfunk.de/der-mensch-erscheint-im-anthropozaen-folgen-einer-neuen.1184.de.html?dram:article_id=476471].

Die Wissenschaft ermittelt und verifiziert im (theoretisch) dialektischen Widerstreit von fachlicher Spezialisierung und Universalisierung zunehmend *mannigfaltige komplexe Zustände und Prozesse, verschiedenartige Wirkmechanismen, spezifische und verallgemeinernde Gesetze* aller relevanten realen und ideellen Bereiche. Gesellschaftlich entwicklungsbestimmend ist, dass außer dem gewaltigen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn auf diese Weise *Technik* und *Technologien* direkt revolutioniert und damit auf ein tendenziell fortschrittsförderndes Niveau gehoben werden.

Und wo bleiben der ‚Verstand zur Verständigung', der ‚vernunftbegabte' Mensch und die menschliche Gesellschaft mit all ihren (nur) deklarierten Attributen?

In der *Fritz-Stern*-Lecture vor der American Academy in Berlin stellte sich der Bundespräsident *Frank-Walter Steinmeier* am 5.3.2019 der Frage *Geht der Demokratie die Vernunft aus?* und darunter den Aspekten „Woraus speist sich der grassierende Verlust an Vernunft? Was treibt die wütende Sehnsucht nach Sündenböcken? Warum findet der Appell an unsere niedrigsten, nicht an unsere besten Instinkte so viel Gehör?" Er konstatierte:

> „Ich sehe vier große, miteinander verwobene Herausforderungen, vor denen wir stehen. Herausforderungen unserer Zeit, in denen doch alte Gefahren anklingen. Erstens die schiere Überforderung des menschlichen Verstandes und der Emotion angesichts der objektiv wachsenden Komplexität unserer vernetzten Welt. Zweitens die Herausforderung neuer Antworten auf die wirtschaftlichen und sozialen Verwerfungen, die die Globalisierung in den letzten Jahrzehnten in vielen unserer Gesellschaften verursacht hat. Drittens die kommunikative Herausforderung, das politische Handeln einer demokratisch verfassten Politik in dieser Unübersichtlichkeit überzeugend zu vermitteln. Ein Handeln, das mit Widersprüchen und Vieldeutigkeit zurechtkommen muss, während andere gleichzeitig radikal einfache Antworten anbieten. Viertens schließlich die Herausforderung einer sich dramatisch verändernden Aneignung von Information und Wissen in unserer digitalisierten Welt, durch die Evidenz und Vernunft zu einer Option unter vielen werden."[8]

Ottmar Ette verweist auf dafür nützliche Anleihen vom Vordenker und Inspirator *Alexander von Humboldt*:

> „Der Autor der Ansichten der Natur ist ein Denker der Globalität, der als Querdenker seiner Zeit bis heute nichts von seiner Aktualität für die Bewältigung der Herausforderungen unserer Zeit verloren hat. Sein Schaffen als Natur- und Kul-

8 Fritz Stern Lecture 5. März 2019 „Geht der Demokratie die Vernunft aus?" (S. 3) [https://www.bundespraesident.de/SharedDocs/Reden/DE/Frank-Walter-Steinmeier/Reden/2019/03/190305-Fritz-Stern-Lecture].

> turforscher, als Philosoph, Gelehrter und Schriftsteller ist für uns heute vielmehr unentbehrlich, um die gegenwärtige Phase beschleunigter Globalisierung in ihrer Geschichte, aber auch in ihren Chancen und Risiken analysieren und historisch fundiert denken zu können."[9]

Die Herausgeber hoffen, dass die vorgelegte Publikation Fakten- und Orientierungswissen, Wissen um die gesellschaftlichen und ökonomischen Hintergründe sowie einige Anregungen vermitteln kann.

Meinungsäußerungen und Disputationen sind willkommen, dafür bietet die Website ‚leibnizsozietaet.de' ein geeignetes Forum. Für direkte Kontakte mit den Autoren sind die E-Mail-Adressen im Autorenverzeichnis angegeben.

9 Ette, O. (2009): Alexander von Humboldt und die Globalisierung: Die Mobile des Wissens. Frankfurt/M., S, 13.

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 17–30*

Hans-Otto Dill

Alexander von Humboldt und die Methodologie der Sozial- und Geisteswissenschaften

1. Alexander von Humboldt zwischen Natur- und Geisteswissenschaften

Alexander von Humboldt (1769–1859) war der wohl bedeutendste Naturtheoretiker des beginnenden 19. Jahrhunderts. Auf Grund vor allem seiner Erfahrungen in Südamerika nahm er jedoch sozial- und geisteswissenschaftliche Problemstellungen in sein Denken auf und ging damit über seine rein naturwissenschaftlichen Ansichten weit hinaus. Er versetzte sich in den Stand, solche zentralen gesellschaftlichen Phänomene der Moderne wie den europäischen Kolonialismus und Kapitalismus zu erkennen, zu analysieren und zu kritisieren. *Humboldt* selber erachtete seine eigenen Arbeiten zu Kultur und Gesellschaft explizite für genau so wissenschaftlich wie die über die Natur, als er sich nach dem „Nutzen meiner Äquinoktialreisen für die Kultur- und Geisteswissenschaften“ fragte.[1]

An Natur war er von Kindheit an interessiert. Doch ging seine enge Bindung an diese über eine ihm zugeschriebene poesievolle Naturliebe hinaus und manifestierte schon früh ein eher wissenschaftliches Interesse, beispielsweise für Heilkräuter anstelle der Freude am bloßen Blumenpflücken.

2. Humboldt und die Methodologie der Wissenschaft

Humboldt hatte als Geograph/Geodät die Methodologie der damaligen Naturwissenschaft übernommen, die diese seit der Renaissance entwickelt hatte. Demgegenüber gab es keine speziell sozialwissenschaftliche Methode, zumal der Begriff „Sozialwissenschaft“ faktisch gar nicht bzw. nur als deren Teilgebiet, nämlich als Historiographie existierte. Allgemein gab es bis zu *Humboldts* Zeiten an dessen Stelle nur den aussagenlogischen, von der Antike übernommenen Wahrheitsbegriff, wie dies der mathematische Logiker und

1 Humboldt, A. v. (1816): Vues Pittoresques des Cordillères et Monumens (sic!) des Peuples Indigénes de l’Amèrique. Nanterre, S. 167.

Philosoph *Georg Klaus* (1912–1974) beschrieben hat. Aus dem allgemeinen Wahrheitsbegriff der Logik wurde dessen wissenschaftlicher Begriff unter anderem von *Georg Wilhelm Friedrich Hegel* (1770–1831) in seiner *Wissenschaft der Logik* entwickelt. Doch ging der von *Humboldt* negativ konnotierte hegelianische Methodenbegriff nur wenig über die frühaufklärerisch-rationalistische Begriffslogik der beiden Franzosen, des Philosophen *René Descartes* (1596–1650) und des Moralisten *Jean de La Bruyère* (1645–1696), hinaus. Für *Humboldt* selber, wie auch für seine philosophisch-weltanschauliche Praxis, galt wie für alle Wissenschaften in erster Instanz die logische und semantisch-sprachliche Widerspruchsfreiheit, ferner die Ableitung jeder wissenschaftlichen Fragestellung und Schlussfolgerung aus der Realität bzw. betreffenden Praxis. Außerdem plädierte er für die Anwendung jeder wissenschaftlichen Feststellung aus der Empirie heraus und für ihre experimentelle Beweisbarkeit sowie für das logische Schließen aus der wissenschaftlichen Alltagswahrscheinlichkeit bzw. Evidenz. Letzteres setzte natürlich ein Minimum diesbezüglicher Sach- und Fachkenntnisse voraus. Diese erwiesen sich als besonders schwierig detektierbar in den frühen Zeiten der Seefahrt, der Entdeckungen, Eroberungen und Koloniegründungen in fremdsprachlichen, vor allem außereuropäischen Gebieten. Letzteres betraf in erster Instanz Geographie, Geologie und Geodäsie, *Humboldts* Fachgebiete, mit denen die Reisenden, deren Zahlen sich damals angesichts immer neuer „Entdeckungen“ häuften, konfrontiert wurden. Dass es hierbei infolge der schwierigen Kenntnislage der Verhältnisse im neuen anderssprachlichen und anderskulturierten europäischen Ausland zu Missverständnissen, sogar zu prinzipiellen Irrtümern und bewussten Verdrehungen im Verkehr mit den „Eingeborenen“ kam, ist allzu verständlich.

3. Alexander von Humboldt der „wissenschaftliche Reisende“

Humboldt unterschied sich wesentlich von einem im Laboratorium hockenden Naturforscher, denn er befand sich geradezu permanent auf Reisen, weshalb ihm bald der Titel „Reisender“ fast wie eine Berufsbezeichnung angehängt wurde. Er bekannte sich selber auch insofern zu dieser Bezeichnung, als er sich einen „wissenschaftlichen“ Reisenden nannte, was mehr als nur eine bloße Ortsveränderung des forschenden Subjekts von A nach B und womöglich nach C bedeutete. Es hatte eine tiefere, programmatische, beinahe metaphysische Bedeutung im Sinne von „Forschungsreise“. Deshalb nannte er sich nicht „Naturforscher“, sondern eben einen „wissenschaftlichen Reisenden“. Eine Bezeichnung, die ihm zufolge von seinem wissenschaftlichen Lehrmeister, dem Reiseschriftsteller und Geographen *Georg*

Forster (1754–1794) stammte. Laut *Humboldt* begann „mit Forster eine neue Ära wissenschaftlichen Reisens, deren Zweck vergleichende Völker- und Länderkunde sei.“[2] Von „wissenschaftlichem Reisen“ handelte auch sein theoretisches Hauptwerk *Kosmos*. Selbstverständlich meinte schon der Titel seines narrativ-wissenschaftlichen Opus *‚Voyage aux régions équinoxiales du nouveau Continent‘* eben diese Benennung, die sich zwingend aus *Humboldts* wissenschaftlicher Hauptdisziplin, der Erdkunde (Geographie) ergab, die als notwendiges Korrelat zur damaligen primigenen Trinität Seefahrt – Entdeckungsreisen – Kolonisierung entstand.

Sein Einstieg als „Reisender“ war zunächst rein theoretischer Natur und hing mit der „Weltkunde“ zusammen, die sich aus der sich weltweit erstreckenden Seefahrt entwickelte. Auf den Kausalzusammenhang zwischen Seefahrt, Seeräuberei und Geographie verwies *Humboldt* mehrmals. Er überzog die Erde mit einem doppelten Koordinatensystem, das er aus seinen Höhlen- und Höhenforschungen ableitete.

Als Freiberger Bergakademiestudent hatte er einst das Wachstum unterirdischer Höhlenpflanzen studiert und danach als junger Wissenschaftler zahlreiche Bergriesen in Europa, Nordafrika und den Amerikas bestiegen: u.a. den Vesuv, den Mont Blanc und den Chimborazo, den damals höchstbekannten Berg der Erde, diesen allerdings nicht bis zum Gipfel.

Doch diese Rekordleistungen waren nur Begleitumstände und Abfallprodukte des Wissensdurstes des Geographen *Humboldt*. Er bezwang Gipfel wie Abgründe unter anderem aus seiner Überzeugung heraus, dass er selber durch eigene empirische Erfahrung zuverlässige wissenschaftliche Daten erhalten könne: z.B. bis in welchen Höhen und Höhlen welche Tierarten lebten bzw. Pflanzensorten dort mit welchem Ertrag wuchsen, Erkenntnisse, die er mit eigenhändigen Zeichnungen illustrierte. Diese von ihm als Naturwissenschaftler perfektionierte, auf empirischer Erfahrung, Experiment und Beweisführung beruhende Forschungsmethode behielt er sein Leben lang für alle wissenschaftlichen Fragen einschließlich seiner geistes- und sozialwissenschaftlichen Problemstellungen bei.

Der wissenschaftstheoretisch und -historisch äußerst beschlagene *Humboldt* entwickelte mit geradezu besessener Hingabe aus dem anfänglich der kommerziellen Seefahrt entstammenden Konglomerat von Seetransport, Seehandel und Seeräuberei die moderne Geographie als Wissenschaft von der „Gea“. Er beschrieb beispielsweise die Physiognomie des Menschen: Gesicht, Nase, Augen und Ohren, nicht nur als seine Wahrnehmungsorgane

2 Humboldt, A. v.: Kosmos II, 1993, S. 62.

der Welt, sondern auch als Produkte dieser seiner Weltwahrnehmung, als sozusagen personalisierte bzw. humanisierte Abbilder der Gea.

Was *Humboldt* als „gestandenen“ Wissenschaftler lebhaft in den von ihm besuchten überseeischen Gebieten beschäftigte, war eben die Vielfalt der dortigen Völker, Ethnien und Rassen, widergespiegelt in deren Physiognomien, wie er empirisch mit seinen eigenen Augen registrierte. Das kindlich bewundernde Betrachten von Pflanzen war seine erste wissenschaftliche Handlung.

4. Humboldts individuelle Wahrnehmung der indoamerikanischen Welt

Die Hauptrolle für *Humboldts* Weltwahrnehmung spielte die totale Andersartigkeit Südamerikas gegenüber Europa – nicht nur der Natur, sondern der Menschen: die verschiedenen Rassen, Stämme, Hautfarben der Bewohner, ihre fremdartigen Sprachen, Sitten und Künste, kurz ihre Kultur und Gesellschaft. Er fragte sich nach den Ursachen dieser Vielfalt, was ihn zu sozial- und kulturwissenschaftlichen Nachforschungen, Vergleichen und zum ethnologisch orientierten Studium der historischen Vergangenheit der Völker des Subkontinents, vor allem seiner angeblichen Ureinwohner, der Indios, anspornte. Allein seine berühmte Reise auf dem Orinoco versetzte ihn in die Lage, über Naturwissenschaft hinaus Kultursoziologie und Kulturwissenschaft zu betreiben, was ihm am europäischen Modell nie eingefallen wäre. Vergleichsweise hat er nichts Relevantes über die europäische Gesellschaft verfasst.

Dennoch bzw. dadurch spielte *Humboldt* eine Sonderrolle in der geistigen und für die geistige Entwicklung Europas, weil er als erster moderner Wissenschaftler des Kontinents und mit dessen Kenntnissen ausgerüstet die nichteuropäische Südhälfte der Erde, die „Neue Welt“, also Amerika als Teil der heute fälschlich sogenannten „Dritten Welt“, bereiste, studierte und als Gegentypus zu Europa erkannte. Darüber publizierte er in Europa sein wie schon erwähnt narrativ-wissenschaftliches Opus, den Bericht über die (auf deutsch) *Reise in die Äquinoxial-Gegenden des neuen Kontinents*. Somit ergibt sich die Paradoxie, dass eines der bedeutendsten europäischen kulturologischen Werke nahezu ausschließlich einen außereuropäischen Kontinent thematisiert.

Dieser später „Lateinamerika“ genannte Kontinent mit seinen vielen nichtweißen, nichtkaukasischen, nichtchristlichen, wohl aber von den Westeuropäern fast durchgängig kolonisierten, regierten und ausgebeuteten Be-

wohnern wurde Hauptgegenstand seines Interesses. Er erkannte, dass diese nichteuropäische Welt als Eldorado des europäischen Kolonialismus und Imperialismus zur ökonomischen Ausbeutung und politischen Fremdherrschaft der westlichen Europäer über die dortigen nativen Bevölkerungen freigegeben war.

Die Befähigung zu dieser Einsicht vermittelten ihm unter anderen seine ausgezeichneten Spanisch-, Französisch- und Englisch-Kenntnisse sowie sein aus der genauen Kenntnis der Kontexte erwachsenes aktives Interesse an einer Reihe indigener Sprachen vor Ort. Hinzu kamen sein Fachwissen in Rechts- und Militärwesen und Verwaltungs- sowie Finanzfragen sowie andere während seiner Beamtenpraxis und seines entsprechenden Studiums angeeignete Fähigkeiten.

Darüber hinaus hatte er sich durch Lektüre wissenschaftlicher Fachwerke über Lateinamerika und speziell dessen indigene Stämme hervorragend informiert. Der französische Humboldtologe *Charles Minguet* hat eine lange Liste aller von *Humboldt* gelesenen Lateinamerikachroniken aufgestellt:[3]

1. Die der Hispanier: Cristóbal Colón, Carlo Vespucci, Hernán Cortés, Luis de Carvajal, Bernal Díaz del Castillo, Bartolomé de las Casas;
2. die der Mestizen: El Inca Garcilaso de la Vega, Bernardino de Sahagún, Andrea de Pimento, Motolinéa, Olmos;
3. die der Indigenen: Antonio Montezuma, Antonio Pimentel Ixtilxochitl, Gabriel d'Ayala, Joseph Tobar, José Tobar, Fernando Zapata, Christóforo de Castello, Fernando Alba Ixtiklxochitl Pomar, unter anderen ferner Chimalpain, Tezozomoc und Gutiérrez.

Eine Masse von insgesamt 25 dickleibigen Folianten mit drei grundverschiedenen Weltbildern!

Die eingehende Lektüre und visuelle Betrachtung dieser authentischen Dokumente der Gräueltaten der europäischen Eroberer wurde Mitte des 20. Jahrhunderts von dem bulgaro-französischen Literatur- und Sprachtheoretiker *Tzvetan Todorov* (1939–2017) als traditionelle europäische „Massakerkultur" im Unterschied zur indigenen „Opferkultur" beschrieben. *Humboldt* schrieb in diesem Zusammenhang in für ihn bezeichnender Weise: „... an diesen Massakern erkennt man die Ankunft der Europäer in der neuen Welt."[4] Hier fällt sein pauschalierender Sprachgebrauch bezüglich der

3 Minguet, Ch. (1992): Une œuvre maitresse de l'Américanisme: Les vues des Cordillères... de Al. de Humboldt. In: Alexander von Humboldt: Vues des Cordilléres..., I–XIV, S. 115.

4 Todorov, T. (1989): Nous et les autres. La réflexion sur la diversité humaine. Paris: Seuil. S. 34.

Europäer auf. Er sprach fast nie von einzelnen Kolonialistennationen, sondern generell von „Europäern“: „Die Europäer sind außerhalb ihrer Länder so barbarisch wie die Türken, nur schlimmer, weil fanatischer.“[5] Er meinte damit vor allem die Intoleranz als typische Eigenschaft der Westeuropäer.

Ein Hauptanliegen seiner Vergangenheitsschau der amerikanischen Geschichte und Ethnologie ist die Erinnerung an die Conquista. Er kopierte laut *Minguet:*

> „[...] sowohl die piktographischen Manuskripte der mexikanischen Indios als auch die in Náhuatl verfassten, ins Lateinische übertragenen Manuskripte von einheimischen Chronisten der Eroberung.“[6]

Humboldt examinierte dabei kritisch und exhaustiv eine große Zahl von Zeugnissen der Geschichte mitsamt ihren zu seiner Zeit noch direkt sicht- und spürbaren Folgen.

5. Humboldts lateinamerikanische Geschichte der Indios

Sein erstes sozialwissenschaftliches Forschungsergebnis war das Sichtbarmachen der unsichtbaren Geschichte der frühesten Bewohner Amerikas, ihrer Herkunft, ihres Einwanderns aus dem fernen Südafrika über das fernöstliche Asien in die westliche Hemisphäre anhand des überlebenden Zeugnisses der Sprache. *Humboldt* vollzog erstaunlich fachmännisch-linguistische Vergleiche der indianischen mit den asiatischen Sprachen und wies daraus die Herkunft der Indianer aus Asien und damit ihre genetische Verwandtschaft mit fernostasiatischen Völkern nach. Er unterstellte ihre Herkunft auf Grund ihrer Physiognomie, ihrer sprachlichen Ähnlichkeit mit dem asiatischen Tibetanisch und dem osteuropäischen Ungarisch – letztere beide Sprachen als ihre auf ihrer Wanderung zwischenzeitlich adaptierten Idiome – anhand von lexikalischen Vergleichen sowie religionsgeschichtlichen Ähnlichkeiten. Er verfolgte polyglott den Weg der „Ur“indianer anhand sprachlicher Befunde auf ihrem Weg von Tibet über Ungarn sowie Westeuropa bis nach Amerika. Ferner stellte er sekundär die Grobzweiteilung der Altamerikaner in andinische Bergvölker einerseits und Regenwald- und Savannenbewohner andererseits samt ihrer nachfolgenden kulturellen Entzweiung fest. Damit wies er deren kulturgeographische Differenzierungen

5 Faak, M. (Hg.) (1990): Alexander von Humboldt. Reise auf dem Río Magdalena, durch die Anden und Mexico. Teil II, S. 272.

6 Minguet, Ch. (1989): Une œuvre maitresse de l` Américanisme: Les vues des Cordillères... de Al. de Humboldt. In: Alexander von Humboldt: Vues des Cordillères..., I–XIV, S. 115.

entgegen eurozentristischen Vorstellungen von einer einzigen einheitlichen Indiomasse an vielen Beispielen nach.

Er zeigte so als einer der ersten Historiker ihre Einwanderung über Behringstraße und Aleuten in die von der Alten (europäischen) Welt einstmals urgeschichtlich abgetrennte westliche Hemisphäre sozusagen als Rückführung Amerikas in das Weltganze, zu dem es einst tellurisch gehörte. Diesem holistischen Weltganzen entsprach sein allumfassender Menschheitsbegriff.

Seinen Egalitarismus in Bezug auf die Gattung Mensch leitete er aus der anthropologischen Gleichheit aller Erdenbürger, nicht ohne Übernahme der Gleichheitsprinzipien des schweizerischen Aufklärungsphilosophen *Jean-Jacques Rousseau* (1712–1778), ab. Er zog zwecks Aufwertung der andinen Kulturen historische Vergleiche zwischen diesen und der europäischen Antike und hob die Gleichwertigkeit der ersteren hervor. So verglich er eine von den Inkas in Peru errichtete Landstraße nicht zufällig mit den Höchstleistungen der alten Römer beim Straßenbau.

6. Humboldts Konzept des Irdischen

Humboldt sah als überzeugter Terrestriker die sinnliche Wahrnehmungsfähigkeit aller irdischen Wesen, also auch der Amerikaner, als Produkt und Widerspiegelung ihrer ständigen, vererbten, stets unverrückbar auf die Erde als ihre Existenzgrundlage gerichteten Wahrnehmungstätigkeiten. Er betrachtete die Erdrinde als Hauptpräsentations- und Wahrnehmungsfläche der Menschen für alle ihre physischen und psychischen Phänomene, darunter auch das Denken. Das ganze sinnliche wie intellektuelle Wahrnehmungsrepertoire aller Menschen- und Erdenwesen leitete er ab von ihrer permanenten Perzeption beziehungsweise sogar von ihrem Wahrnehmungszwang der Gea. Seine rationalistische Wissenschaftskonzeption ist eigentlich eine Philosophie bzw. Metaphysik der Erde.

Humboldts originellster Beitrag zur Entwicklung der modernen Geographie als Weltkunde ist die wissenschaftliche Entdeckung der außereuropäischen Weltteile am Beispiel Amerikas und deren erstmalige Integration in das bislang von Eurozentrismus und Kolonialismus beherrschte Weltbild. Er ist damit der wohl erste wissenschaftliche Autor Europas, der den europäischen Kolonialismus als eine weltbeherrschende, vor allem die außereuropäische Welt beherrschende kontinentale Quasi-Institution erkannte und entlarvte. Jedenfalls hat er diese Zweiteilung der Weltbewohnerschaft in Europäer und Nicht-Europäer bzw. Europa vs. Südliche Hälfte der Welt wissenschaftlich-kausal als erster festgeschrieben.

Humboldt hat so die Geographie als eine ursprünglich naturwissenschaftliche Disziplin zu einer menschheitsgeschichtlichen und humanwissenschaftlichen Kategorie erhoben, wozu die europäischen Aufklärer, zu deren Nachhut er selber gehörte, nicht fähig waren. Er entdeckte den Eurokolonialismus als eine neue geographische Kategorie, die nicht der Naturgeschichte, sondern der politischen und Kulturgeschichte entsprungen sei.

Zu *Humboldts* wichtigsten wissenschaftlichen Entdeckungen gehört die Erkenntnis des europäischen Kolonialismus als historischen Urhebers der militärisch wie ökonomisch erzwungenen Zuschreibung der Völker der Südhälfte der Erde zur „Dritten", „unterentwickelten", weil von Europa beherrschten und ausgebeuteten Welt. Er begann als erster und wohl einziger Geograph mit seiner Südamerikareise samt seiner ihr nachfolgenden Beschreibung die bislang ausstehende wissenschaftlich-geographische faktenbasierte Erkundung und Aufbereitung dieser neuen Welt. Er enthüllte vor allem die Unterwerfung der drei Kontinente Asien, Afrika und Amerika durch die Europäer. Motiv des Kolonialismus war für ihn die pure Selbstbereicherung. Er blickte beispielsweise zurück bis zur ersten Landnahme der Europäer, dem Diebstahl des kommunitären Eigentums der Indios, den er direkt mit dem Bauernlegen in Europa gleichsetzte, und kam damit zu seiner lebenslangen antikolonialistischen Grundhaltung.

Der Großteil der Welt wurde, wie er sah, im Rahmen der Monopolisierung aller universalen Beziehungen durch Europa zu einem ewig rückständigen Ausbeutungsobjekt degradiert, und alle humanen und materiellen Ressourcen und Errungenschaften der Menschheit wurden in die Entwicklung Westeuropas investiert:

> „[...] um uns versammelnd, was menschlicher Fleiß in den fernsten Erdstrichen aufgefunden [...]."[7]

7. Humboldts Dialektik von Kolonie und Industrienation

Zu *Humboldts* enormer tellurischer Erweiterung und Präzisierung des Begriffs *Erde* gehört die wissenschaftliche Wahrnehmung der seinerzeit auf der Erdkugel eingetretenen wechselseitigen kulturellen und sozialen Verwerfungen und Differenzierungen zwischen „Mutter"land und Kolonie. Dabei nahm er die vom deutschen Staatsrechtler und Kulturphilosophen *Carl Schmitt* (1888–1985) in der Weimarer Zeit beschriebene und benannte Zwei-

7 Humboldt, A. v.: Schriften zur Geographie der Pflanzen, Hrsg. Hanno Beck. Darmstadt, 1989, S. 66.

teilung der Welt in E- und I-Nomos, in Entwicklungs- und Industrieländer, um einhundert Jahre vorweg.

Für *Humboldt* als stets misstrauischen Wissenschaftler galt, alles von Dritten Berichtete penibel auf seinen Wahrheitsgehalt zu überprüfen. Seine Wissenschaftsmethode bestand ja in der Einheit von Faktentreue, Beweisbarkeit und Experiment, weshalb er seine anfängliche Wiederholung der von dem französischen Physiker *Charles Marie de La Condamine* (1701–1774) aufgestellten Behauptung von der mangelnden Intelligenz der Indios entschieden revidierte, die da lautete:

> „Man macht sich keinen Begriff davon, wie schwer die Indianer Spanisch lernen. Was mir nicht allein bei den Chaymas, sondern in allen sehr entlegenen Missionen am meisten auffiel, das ist daß es den Indianern so ungemein schwer wird, die einfachsten Gedanken zusammenzubringen und auf Spanisch auszudrücken, selbst wenn sie die Bedeutung der Worte und den Satzbau kennen. [...] In der Chaymassprache zählen dieselben Menschen nicht über fünf oder sechs.“[8]

Denn *Humboldt* witterte hierin die Sprache des europäischen Kolonialismus und Rassismus, suchte den betreffenden Stamm auf und kam mittels empirischer Basisbefragung dieser Indios zur gegenteiligen Meinung: „Welche Rage beim Lernenwollen der spanischen Sprache und beim Sichgehörverschaffen in der eigenen“[9] und bescheinigte ihnen: „eine so große geistige Beweglichkeit und so viel intellektuelle Fähigkeiten.“[10] Und er verallgemeinerte resümierend:

> „Was einige Gelehrte (...) über die angebliche Armut aller amerikanischen Sprachen vorgebracht haben ist ebenso unbegründet wie die Behauptungen über die Schwäche und die Beschränktheit der menschlichen Gattung auf dem neuen Kontinent.“[11]

Sein funktional notwendiges Verweilen in Städten, Dörfern, Klöstern, Missionen und damit zusammenhängende sonstige Vor-Ort-Begegnungen mit der südamerikanischen Bevölkerung nutzte er konsequent zum Kennlernen ihrer Sprache, Mentalität und Kultur und verließ sich nicht auf die vorurteilsvollen Meinungen europäischer Kolonisten. Er befragte sie systematisch in Vorwegnahme moderner Enquète-Methoden über ihre Lebensweise und

---

8 Humboldt, A. v.: Vom Orinoko zum Amazonas, Reise in die Äquinoktial-Gegenden des neuen Kontinents. Hrsg. u. mit einer Einleitung versehen von Prof. Dr. Adolf Meyer-Abich. Wiesbaden 1958, S. 129.

9 Faak, M. (Hg.) (1990): Alexander von Humboldt. Reise auf dem Río Magdalena, durch die Anden und Mexico. Teil II, S. 156–157.

10 Ibd.

11 Ibd.

-ansichten, Religion, Mythologien, Geschichtskenntnisse und Künste. Damit brachte er die amerikanische Kulturgeschichte als Teil der Menschheitsentwicklung narrativ in die Weltkulturgeschichte ein. Seine sozial- und kulturwissenschaftlichen sowie demographisch-linguistischen Forschungen, die bis zu Fragen der Hygiene reichten, betrieb er vor Ort bei allen seinen Aufenthalten. Letztere Kategorie machte bekanntlich für den französischen postmodernistischen Philosophen und Kulturtheoretiker *Michel Foucault* (1926–1984) einen zentralen Bereich seiner Kulturarchäologie aus, ohne zu wissen, dass *Humboldt* ihm darin bereits um ein ganzes Jahrhundert wissenschaftlich zuvorgekommen war. *Humboldt* lobte weder bequem und konform mit dem damaligen *Mainstream* die *„zivilisierten“* Indios der europäischen Priester-Missionen, noch verdammte er die *„barbarischen“ Wilden* von Urwald und Steppe, sondern entdeckte ihre differenzierten Züge auch in ihrer Hygiene. Über die sesshaften Maypures schrieb er:

> „[...] ein sanftmütiges, mäßiges Volk, das sich durch große Reinlichkeit auszeichnet. [...] In Maypures fanden wir in den Hütten der Eingeborenen eine Ordnung und eine Reinlichkeit, wie man dieselben in den Häusern der Missionare selten begegnet.“[12]

Sein Pragmatismus im wissenschaftlichen Denken und Arbeiten und seine genaue, unbestechliche Realitätssicht implizierten geradezu seine Abneigung gegen abstraktes deutsches Philosophieren und rassistisch-inferiorisierende Amerika-Klischees so berühmter zeitgenössischer Autoren wie *Cornelis de Pauw* (1739–1799), *Guillaume Thomas François Raynal* (1713–1796), *William Robertson* (1721–1793) und *Hegel* an der Spitze, die er deshalb allesamt scharf kritisierte und korrigierte. Jahre später, in der Kutsche auf der Fahrt von Berlin nach Potsdam an der Seite der preußischen Königin (in seinem neuen Brotberuf als preußischer Höfling) notierte er in einem Brief an den Freund und kritischen Berliner Denker *Karl August Varnhagen von Ense* (1785–1858):

> „Charlotte und Hegels *Philosophie der Geschichte* werden mich begleiten und mir beide ein großer Genuß sein. Aber für einen Menschen, der, wie ich, an den Boden und seine Naturverschiedenheit gebannt ist, wirkt ein abstraktes Behaupten rein falscher Tatsachen und Ansichten über Amerika und die indische Welt freiheitsraubend und beängstigend.“[13]

---

12 Humboldt, A. v.: Vom Orinoko zum Amazonas, Reise in die Äquinoktial-Gegenden des neuen Kontinents. Hrsg. u. mit einer Einleitung versehen von Prof. Dr. Adolf Meyer-Abich. Wiesbaden 1995, S. 275.

13 Humboldt, A. v. (1999): Über die Freiheit des Menschen. Auf der Suche nach Wahrheit. Hrsg. Manfred Osten, Frankfurt/M., Leipzig, S. 180.

Zu *Hegels* europazentristischer Inferiorisierung Amerikas mit der Behauptung, das amerikanische Rindfleisch sei schlechter als das europäische und die Flüsse und Tiere jenes Kontinents seien zwergenhaft im Vergleich zu ihren europäischen Pendants, kommentierte er ironisch:

> „Ich thäte gern Verzicht auf das europäische Rindfleisch, das Hegel so viel besser als das amerikanische fabelt, und lebte neben den schwachen kraftlosen (leider 25 Fuß langen) Krokodilen."[14]

Er anerkannte zwar die von *Hegel* behauptete „Indolenz" der Indios in Bezug auf die Arbeit des Feldbeackerns, doch fügte er hinzu:

> „Aber diese Indolenz, von der wenig philosophische Personen so viel geschwatzt haben, kündet so wenig von Stupidität wie der Müßiggang unserer großen Herren oder unserer Gelehrten, die nicht die Erde beackern, die niemals zu Fuß gehen und sich hinten und vorn bedienen lassen (...)."[15]

Diese Indios bewegen sich nur dann, wenn Notwendigkeit und *Rousseaus „indolence de l'etat primitif"* des Urmenschen sie dazu veranlassen.

Mit seinem Holismus löste *Humboldt* sich vom Aufklärungsdenken des 18. Jahrhunderts, das den schroffen Gegensatz Kultur versus Natur als Folge der Abkehr des Menschen von seinem vorgängigen *Naturwesen* betrachtete, was überbrückbar nur durch die von *Rousseau* geforderte Rückkehr des Menschen in die Natürlichkeit sei. Demgegenüber folgte *Humboldt* bei aller seiner Kritik an moderner Zivilisation und Wertschätzung der moralischen Integrität der *Wilden* (sauvages) *Immanuel Kant* (1724–1804) und *Hegel*, die die Weltgeschichte als einen unumkehrbaren Fortschrittsprozess sahen.

8. Humboldts Vorschau auf den Kapitalismus als historische Perspektive

Humboldt belegte als professioneller Statistiker mittels vergleichender Buch- und Finanzführung nach kameralistischem Konzept die Entwicklung des Staatswesens in Kuba in engem kausalen Zusammenhang mit der Negersklaverei und dem Status Kubas als europäischer Kolonie. Die von *Humboldt* konstatierte Erhöhung der Zuckerproduktion Kubas basierte ihm zufolge nicht in erster Linie auf der Vermehrung der Zuckerrohrpflanzen, sondern auf der Erhöhung der Zahl der schwarzen Arbeitssklaven und der europäi-

14 Ibd.

15 Faak, M. (Hg.) (1990): Alexander von Humboldt. Reise auf dem Río Magdalena, durch die Anden und Mexico. Teil II, S. 256.

schen Zuckernachfrage. In seiner Wirtschaftsstatistik demonstrierte er Kubas Zuckerexportwachstum von 13.000 Kisten im Jahre 1760 auf 300.211 Kisten im Jahre 1823 proportional zum Wachstum der Zuckermonokultur und der erhöhten Nachfrage nach diesem Produkt. Er hob Kubas absolute Dominanz des Außenhandels nach Europa gegenüber dem eigenen Binnenkonsum als für Kolonialländer typisch hervor.

Noch wichtiger war sein expliziter Verweis auf die Korrelation zwischen hypertrophierter Zuckerproduktion bzw. Sklaverei einerseits und dem erhöhten Luxuskonsum in den europäischen Kolonialmächten andererseits:

> „[...] daß allein Großbritannien rd. 1/3 der 460.000.000 kg Zucker verbraucht, der aus den Ländern des Neuen Kontinents stammt, in denen durch Menschenhandel [sic!] ein Kontingent von 3.314.000 unglücklichen Sklaven entstand.“[16]

Er korrelierte so, methodisch-statistisch gestützt, das numerische Anwachsen der Sklavenzahl in Kuba mit dem wertmäßigen Wachstum des europäischen Zuckerkonsums.

Humboldts Preis-Kosten-Kalkulation beruhte auf der Relation zwischen der Produktivität der Kubaner und ihrer ökonomisch bestimmten Konsumtionsfähigkeit, ihren Lebenshaltungskosten im Verhältnis zum von ihm statistisch errechneten jährlichen Gesamtwert von 4.480.000 Piaster. Die Berechnung der inländischen Produktpreise gehört seit *Humboldts* berühmten Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Hochebene, pflanzengeographischem Standort und lokaler Nahrungsmittelproduktion zu den Standardangaben in seinen Schriften, mit denen er die Konsumtionsfähigkeit der Bewohner am Durchschnittseinkommen und die ungleiche Distribution der Lebensmittel als Wohlstands- und Armutsindizes demonstrierte. Sein naturwissenschaftlicher Blick gab hierbei schon die Richtung auf die Ökologieproblematik frei! Nahrungsmittelmangel sei typisch für jene Tropenländer „[...] wo unvorsichtig und negativ in die Ordnung der Natur eingegriffen worden ist.“[17]

Seine Studien zum Steueraufkommen in Kuba zeigten, dass die Haupteinnahmen der Administration sich durch Zölle zwischen 1789 und 1824 um das Siebenfache erhöhten, das, wie er schrieb, für Bürokratie und Militär draufging:

---

16 Humboldt, A. v. (2002): Politischer Essay über die Insel Kuba. Alicante: Club Universitario, S. 141.

17 Ibd., S. 67.

> „Wie sehr würden Kultur und Wohlstand dieses Landes gewinnen, wenn diese Ausgaben zum öffentlichen Nutzen und Freikauf von arbeitsamen Sklaven verwendet würden.“[18]

Wichtig: Er stellte explizite den kapitalistischen Charakter des Sklavenhandels der Westeuropäer und der Sklavenwirtschaft überhaupt fest, als er beim Durchstöbern der Akten des Finanzministeriums Kubas seit 1789 den fiskalischen Status der Sklaven als „normale Importware“ (sic!) durch die Zollbehörden verzeichnet fand.

Doch diese Kosten-Preis-Berechnung genügte dem Wirtschaftswissenschaftler *Alexander von Humboldt* nicht, der nämlich nicht nur den Umschlag von Gebrauchswert in Geld-, sondern auch in Kapitalwert, also inklusive Zins und Dividende berechnete, und das zu einem Zeitpunkt, da *Karl Marx* (1818–1883) gerade erst geboren war. Er stellte fest, dass die Gewinnmarge der Kapitalisten Kubas beträchtlich höher war als die ihrer Pendants in Europa infolge der niedrigeren Produktionskosten auf der Grundlage der Negersklaverei. Diese Schrift *Humboldts* über den Sklavenhandel wurde erst im Jahre 2002 im „Club Universitario“ Alicante, Spanien, ins Deutsche übersetzt.[19] *Humboldt* beschrieb in ihr die Anfänge des Kapitalismus in den Kolonien und stellte die dortige Zusammengehörigkeit von Kapitalismus und Sklaverei im Unterschied zu Europa fest, wo bekanntlich freie Lohnarbeit und keine Sklaverei herrschte.

9. Humboldts Universalismus

In *Humboldts* Lateinamerikaschriften halten sich anthropologische, folkloristische, philologische, ökonomische und ethnographische Erkenntnisse mit den Ergebnissen seiner naturwissenschaftlichen Feldforschung die Waage. Der Naturforscher *Humboldt* war in den Sozial- und Kulturwissenschaftler *Humboldt* geschlüpft und umgekehrt. Darin, nicht in der bloßen Addition von natur- und sozialorientierten Einzelwissenschaften liegt seine Einmaligkeit als Universalist. Für seine führende Rolle in den Wissenschaftsdebatten der Zeit spielte sein umfangreiches Zusammenhangswissen, seine Annahme des letztendlichen Gesamtzusammenhangs der Welt und des Planetensystems und damit aller Wissenschaften eine entscheidende Rolle. Diese Erkenntnis hätte er niemals auf der Basis einer Einzelwissenschaft, nicht einmal einzelner Wissenschaftsgruppen, erlangen können. Diese Gesamtsicht

18 Ibd., S. 77.
19 Ibd.

fiel ihm aufgrund der Gesamtheit der von ihm berücksichtigten Einzelwissenschaften und – wichtiger noch – der Einheit von Natur- und Technikwissenschaften mit den Geistes- und Sozialwissenschaften geradezu in den Schoß.

Humboldts Buch *Reise in die Äquinoktial-Gegenden des neuen Kontinents* ist als das erste systemische Werk der Weltwissenschaft zur sogenannten Dritten Welt zu betrachten, und nicht zuvörderst zu Lateinamerika, sondern zu diesem Subkontinent als einem lediglich in Amerika gelegenen Teil des europäischen Kolonialreichs.

Darüber hinaus verwendete Literatur:

Daus, Ronald (1983): Die Erfindung des Kolonialismus. Wuppertal

Dill, Hans-Otto (2005): Zwischen Humboldt und Carpentier. Essays zur kubanischen Literatur. Berlin

Dill, Hans-Otto (2008): Der Nord-Süd-Gegensatz oder Erste vs. Dritte Welt – eine Hauptachse der Weltgeschichte. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 97, S. 55–82

Dill, Hans-Otto (2013): Alexander von Humboldts Metaphysik der Erde. Frankfurt/M.

Dill, Hans-Otto (2015): Aufklärung als Weltprojekt. Frankfurt/M.

Herder, Johann Gottfried (1971): Briefe zur Beförderung der Humanität. Leipzig

Humboldt, Alexander von (1969): Festschrift aus Anlaß seines 200. Geburtstages. Berlin

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 31–61*

Dagmar Hülsenberg

Alexander von Humboldts nahezu unbekannte Einflussnahme auf die Herstellung von Porzellan

Im Jahr der 250. Wiederkehr seines Geburtstags steht bei vielen Referenten die große Sicht auf den gefeierten *Alexander von Humboldt* (1769–1859) im Mittelpunkt. Im vorliegenden Beitrag dagegen wird nur ein kleines Fenster auf sein ungewöhnlich breit angelegtes Schaffen geöffnet. Aber gerade das, was sich hinter vielen solcher Fenster verbirgt, trägt mit zur Gesamtwahrnehmung seiner Persönlichkeit und seiner Leistungen bei.

Im Zusammenhang mit seiner Tätigkeit im Königlichen Bergwerks- und Hüttendepartement in Berlin ab März 1792 sowie im Oberbergdepartement in Bayreuth ab 1793 bis 1797 standen immer wieder – neben den Aufgaben im Bergbau-, Hütten- und Salinenwesen – auch solche für die Herstellung von Porzellan. Im Folgenden wird auf einige markante Ergebnisse dieser, meist nicht bekannten Tätigkeit *Humboldts* eingegangen.

Sein Berufseinstieg

Alexander von Humboldt bewarb sich am 14. Mai 1791 für eine Tätigkeit im Königlichen Bergwerks- und Hüttendepartement. Dem war ein Studium der Kameralistik in Frankfurt/Oder, Göttingen und Hamburg vorausgegangen. Kenntnisse zum Bergbau und Hüttenwesen dagegen eignete er sich bis dahin lediglich im Privatunterricht und auf Reisen an, so dass er in dem genannten Bewerbungsschreiben bat:

> „Um den Plan meiner wissenschaftlichen Bildung zu vollenden und mir reellere und zugleich praktische Kenntnisse vom Bergbau und den dazu nöthigen Maschinen zu erwerben, wünschte ich noch ein halbes Jahr auf der Berg-Akademie zu Freiberg zu leben.“ (Humboldt 1791, Bl. 2r[1])

Das wurde durch den Staatsminister *Friedrich Anton Freiherr von Heinitz* (1725–1802) bewilligt. Das Pensum von üblicherweise drei Studienjahren ab-

1 Im Fall von zweiseitig beschriebenen Blättern steht r für recto = Vorderseite und v für verso = Rückseite.

solvierte *Humboldt* in nur acht Monaten vom 14.6.1791–26.2.1792 (Schwarz 2019).

Als *Humboldt* seinen Dienst antrat (die Übergabe des Patentes als Bergassessor cum voto erfolgte am 6. März 1792) (siehe ebenfalls Schwarz 2019), deutete sich schon an, dass vier Monate später ein großer Auftrag auf ihn wartete, der seine speziell erworbenen Kenntnisse erforderte. Mit Vertrag vom 16. Januar 1791 waren die fränkischen Fürstentümer Ansbach und Bayreuth an den preußischen König gefallen (Stieda 1906, S. 148). Die dortigen Unternehmen befanden sich in einem technisch und wirtschaftlich desolaten Zustand. Es fiel in den Aufgabenbereich des Staatsministers *von Heinitz*, hier Abhilfe zu schaffen. Die Entsendung von Fachleuten nach Franken hatte bisher keinen Erfolg gebracht, so dass sich *von Heinitz* entschloss, im Sommer 1792 selbst vor Ort entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Diese Inspektion musste sorgfältig vorbereitet werden. Es bot sich an, *Humboldt* mit seinen speziellen Kenntnissen und seinem bereits bekannten Arbeitseifer damit zu beauftragen. Es ging um die Begutachtung von Bergbau- und Hüttenbetrieben, von Salinen und speziell der Porzellanmanufaktur Bruckberg bei Ansbach, die große Sorgen bereitete.

Aber gerade auf dem Gebiet des Porzellans, einem wichtigen Keramikwerkstoff, hatte *Humboldt* bisher keine Ausbildung erhalten oder Erfahrung sammeln können. Das wurde in einer Art „Crash-Kurs“ im Juni 1792 nachgeholt. Er erhielt zunächst den Auftrag, ein Gutachten über das Steingutwerk (Steingut zählt ebenfalls zu den Keramikwerkstoffen) in Rheinsberg bei Berlin zu erstellen, das er am 17. Juni 1792 Staatsminister *von Heinitz* übergab. Ausführliches dazu ist unter (Humboldt 2012) zu finden. Aber schon am 11. Juni 1792 begann *Humboldt* eine zweiwöchige Tätigkeit in der Königlichen Porzellanmanufaktur (KPM) in Berlin, die als eine Art „Praktikum“ eingestuft werden kann. Die Geheimräte *Johann Georg Grieninger* (1715 oder 1716–1798) und *Carl Jacob Christian Klipfel* (1726 oder 1727–1802) sowie Oberbergrat *Friedrich Philipp Rosenstiel* (1754–1832), alle der Königlichen Porzellanmanufaktur-Kommission angehörig, erhielten den Auftrag, „dem Assessor von Humboldt bei seinen Studien behilflich zu sein“ (Stieda 1906, S. 151). Das sprach für die Wichtigkeit seiner Mission.

Für *Humboldts* Erkenntniszuwachs von größter Bedeutung war jedoch, dass im gleichen Zeitraum *Martin Heinrich Klaproth* (1743–1817), der große Chemiker, den Auftrag hatte, die Farbpalette in der KPM zu modernisieren und vor allen Dingen zu stabilisieren. Mit ihm diskutierte *Humboldt*, wie er sich noch als 88jähriger in einem Brief an den ungarischen Porzellanhersteller *Moritz Fischer von Farkasházy* (1799–1880) vom 12. Oktober 1857 erinnerte. Er eignete sich Kenntnisse zum Rotten der bildsamen Por-

zellanrohstoffe (vor allem der Bennstedter Porzellanerde), zum Schlämmen der Kaoline, zum Brennen des Porzellans (in Wiener Öfen) und zum farbigen Dekorieren des gebrannten Porzellans an, was aus seinen später angefertigten Gutachten und Berichten hervorgeht (siehe weiter unten).

Einige Hintergründe zum Gutachten über die Porzellanmanufaktur in Bruckberg bei Ansbach

Am 26. Juni 1792 trat *Alexander von Humboldt* seine bis zum 23. September 1792 (Schwarz 2019) dauernde „Dienstreise" in die fränkischen Fürstentümer Ansbach und Bayreuth an. Drei Tage zuvor, am 23. Juni 1792, hatte Staatsminister *von Heinitz* dem für die fränkischen Fürstentümer vor Ort zuständigen Staatsminister *Karl August von Hardenberg* (1750–1822) mitgeteilt, dass er seinen Mitarbeiter mit der Vorbereitung der Reise beauftragt habe:

> „Ich habe daher beschloßen, den bey dem hiesigen Bergwerks- und Salz-Depart[ement][2], desgleichen bey der Haupttorfadministration arbeitenden u[nd] mit den hiesigen Porzellan-Manufactur-Anstalten neuerlich bekannt gewordenen Assessor Herrn *von Humboldt*, von dessen ausgebreiteten und soliden Kenntnißen ich Eure *Excellenz* bey dero Hierseyn zu unterhalten schon die Ehre gehabt habe voraufzuschicken, um die hauptsächlichsten *Etablissements* zu besichtigen und über deren jetzigen Zustand, bey meiner Hinkunft einen vorläufigen Bericht zu erstatten." (Heinitz 1792)

Humboldt studierte Akten in den Dienststellen und Archiven. Seine eigentlichen Betriebsbesichtigungen und Inspektionen fanden zwischen dem 12. Juli bis 5. August 1792 statt (Humboldt 1959, S. 29). Während dieser Zeit fertigte er jeden Abend Berichte zu den tagsüber besichtigten Unternehmen, zu Gesprächen, eigenen Analysen und Vorschlägen zur Verbesserung der Situation an. Anders hätte er die Informationsfülle nicht bewältigen können.

Es entstand ein Gesamtbericht (Humboldt 1792a), der Ende August 1792 als Entwurf vorlag. Er war so umfang- und inhaltsreich (die später angefertigte Abschrift war 578 Seiten lang), dass er in zwei Sitzungen beraten werden musste. Am 25. August wurde in Bayreuth – nun in Anwesenheit der Staatsminister *von Hardenberg* und *von Heinitz* – der Teil erörtert, der sich mit geologischen Fragen, dem Berg-, Hütten- und Salinenwesen befasste. Hierauf wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

Für den vorliegenden Aufsatz von größter Wichtigkeit ist die am 5. September 1792 in Ansbach stattgefundene Beratung zu *Humboldts* in den Ge-

2 Ergänzungen und Erläuterungen durch die Autorin stehen in eckigen Klammern.

samtbericht eingefügtem Gutachten über die *„Porzellan Fabrike zu Brukberg“*, das (in der Abschrift) allein 71 Seiten umfasste. Zu dieser bedeutungsvollen Sitzung war der bereits genannte Oberbergrat *Rosenstiel* als Mitglied der Königlichen Porzellanmanufaktur-Kommission extra aus Berlin angereist. Es war also schon vor dem Treffen abzusehen, dass für die Porzellanherstellung interessante Fakten zu beraten sind. *Humboldt* erläuterte seine Analysen, begründete seine Entscheidungsvorschläge und fertigte selbst das Protokoll (Humboldt 1792b) an. Es kann noch heute als Original im Archiv der Stiftung Berliner Stadtmuseum eingesehen werden.

Den endgültigen Gesamtbericht lieferte *Humboldt* am 22. September 1792 in *von Hardenbergs* Kanzlei in Ansbach ab. Wegen seiner Wichtigkeit wurde er mehrfach partiell für besondere Interessenten und komplett kopiert. Eine vollständige Kopie, auf die auch hier Bezug genommen wird, befindet sich im Geheimen Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz in Berlin. Über den Verbleib von *Humboldts* Originalbericht ist nichts bekannt.

Schwerpunkte des Gutachtens über die Porzellanmanufaktur in Bruckberg

Es ist an dieser Stelle nicht möglich, den gesamten Inhalt des Gutachtens anzuführen und zu interpretieren. Für diesen Zweck wird auf (Humboldt 2014) verwiesen. In diesem Buch befindet sich auch die zeilengetreue Transkription des Gutachtens. *Humboldt* schrieb den Text fortlaufend ohne besondere Kennzeichnung von Schwerpunkten. Im vorliegenden Text wird versucht, durch eine dem Bericht zugeordnete straffere Gliederung (durch „Fettschreibung“ gekennzeichnet) eine Übersicht über die angesprochene Problemvielfalt zu geben. In Abhängigkeit von ihrer Bedeutung auch für folgende Generationen werden verschiedene Anregungen *Humboldts* einerseits aus Platzgründen gar nicht oder nur kurz genannt, andererseits wird auf einige besonders wichtige Erkenntnisse und Vorschläge jedoch näher eingegangen und dabei, soweit möglich, die technologische Folge der Prozessschritte (Stammbaum) zugrunde gelegt.

Der Gutachter hatte sich – wahrscheinlich schon beginnend in Berlin – mit der Aktenlage zum Unternehmen vertraut gemacht. Hier spielten Fakten aus der **Entstehungsgeschichte** der Manufaktur seit 1757 unter Markgraf *Christian Friedrich Carl Alexander* (1736–1806) eine Rolle. Auf ihre Darstellung wird hier verzichtet.

An verschiedenen Stellen seines Gutachtens äußerte er sich zur **Personalsituation sowie zu betriebswirtschaftlichen und technischen Problemen unmittelbar vor seiner Ankunft** in Bruckberg. Dazu einige Beispiele:

Humboldt informierte u.a. ausführlich darüber, dass die Witwe von *Johann Friedrich Kändler* (1734–1791), dem Gründer der Porzellanmanufaktur, auch ein Jahr nach dessen Tode noch die volle Pension ihres Mannes bezog, da sie über das „geheime" Arkanum (siehe anschließend) Bescheid wusste und auf der Basis dieser Kenntnis die Bereitung der Porzellanmasse durchführte (Humboldt 1792a, Bl. 186v). Das führte verständlicherweise zu beträchtlichen Verwerfungen im Lohngefüge des Unternehmens.

Der junge Bergbeamte kritisierte die bar jeder Sachkenntnis und ohne Rücksprache z.B. mit den Porzellanmalern durch die Leitung der Manufaktur erfolgte Preisgestaltung:

> „Man hatte die Preise darinn, blos in Rüksicht auf die Größe und Vergoldung eines Stükkes, nicht nach der Güte und Gattung der Mahlereÿ bestimmt. Das elendeste *Bouquet* wurde wie die mühsamste Kinder Gruppe bezahlt, und ein Kaufmann, welcher beÿ seinen Bestellungen die Fehler des Preiß-*Courants* benuzte, würde die *Manufactur* in Kurzem über den Haufen geworfen haben." (Humboldt 1792a, Bl. 181r)

Auf Betreiben von *Johann Melchior Schöllhammer* (1745–1816), der zu diesem Zeitpunkt die Manufaktur aus technischer und künstlerischen Sicht leitete, wurden im ersten Halbjahr 1792 nur noch sogenannte Türkenbecher (henkellose Becher oder Koppchen) hergestellt, die relativ geringe technische Anforderungen stellten und sich stabil in die Türkei verkaufen ließen. Die Porzellanmaler hatten keine Beschäftigung. Aber auch die Qualität dieser einfachen Erzeugnisse ließ zu wünschen übrig, und die Erlöse deckten nicht die Herstellungs- und Vertriebskosten. Der Betrieb häufte Schulden an. Auf Abbildung 1 erkennt man, dass der Porzellanbecher, hergestellt um 1790, während des Brandes deformiert ist, sich auf der Glasur dunkelbraune Flecken befinden und die blaue Kobaltdekoration beim Einbrennen verlaufen (ohne scharfe Konturen) ist. Nimmt man ihn in die Hand und kann ihn damit genauer betrachten, stellt man fest, dass sich unter der transparenten Glasur ein sehr grobkörniger, ziemlich inhomogener Scherben[3] befindet. Es gab kaum einen Fehler, den man aus porzellantechnischer Sicht in der Bruckberger Manufaktur nicht gemacht hat. Und *Humboldt* hatte viele Möglichkeiten, Vorschläge zur Verbesserung zu unterbreiten.

---

3 Während gebranntes, aber zerbrochenes Porzellan immer im Plural mit „die" Scherben bezeichnet wird, steht in der Fachliteratur im Singular „der" Scherben sowohl für den ungebrannten als auch den gebrannten Porzellanwerkstoff. Im folgenden Text geht es meist um „den" Scherben.

Abb. 1: Türkenbecher mit problematischer Qualität aus der Zeit um 1790, hergestellt in der Porzellanmanufaktur Bruckberg

Er beschäftige sich zunächst mit dem **Arkanum**. Aus dem in der Regel streng geheim gehaltenen Rezept, z.B. in der Porzellanmanufaktur Meißen, geht letztlich aber nur hervor, welche Rohstoffe in welchem Verhältnis miteinander zu mischen sind, um das gewünschte dichte, weiße Porzellan zu erhalten. Als allgemeine Forderungen an die Rohstoffe gelten die Abwesenheit von färbenden Verunreinigungen, für die Porzellanerden (Kaoline) eine hohe Bildsamkeit (Formbarkeit durch Drehen) und möglichst geringe Transportwege für die Rohstoffe, um die dafür anfallenden Kosten gering zu halten. Daraus folgt, dass damals in jedem Porzellanbetrieb andere, lokal verfügbare Rohstoffe mit sich unterscheidender mineralogischer und chemischer Zusammensetzung eingesetzt wurden. Daraus resultieren andere sinnvolle Mischungsverhältnisse – also ein auf die spezielle Manufaktur angepasstes Arkanum. Man musste sich also nicht das Schweigen der Witwe *Kändler* bezüglich des Arkanums „erkaufen“. Es war auch kein Geheimnisverrat, wenn *Humboldt* die Zusammensetzung der Porzellanmasse in der KPM als Analogon für seine Überlegungen zur Verbesserung der Zusammensetzung der Porzellanmasse in der Bruckberger Manufaktur zugrunde legte.

Heute besteht Haushaltsporzellan – grob gesagt – aus 50% Kaolin, 25% Quarz und 25% Feldspat. Feldspat dient als Flussmittel, d.h. es senkt die zur Umwandlung der Rohstoffe in den Werkstoff Porzellan und zu seiner Verdichtung notwendige Brenntemperatur auf 1.350–1.400°C. Zu *Humboldts* Zeit konnten mit dem zum Beheizen der Öfen eingesetzten Holz unter Zuhilfenahme aller möglichen technischen Tricks aber nur maximal 1.300°C erreicht werden, so dass viel unverkäuflicher Schwachbrand entstand.

Humboldt informierte, dass in Bruckberg Passauer Porzellanerde (ein viel Kaolin enthaltender natürlich anstehender Rohstoff), Quarz und Gips (als Flussmittel) sowie eine Zumischung von zerkleinerten Porzellanscherben als **Rohstoffe** genutzt wurden. Die Passauer Porzellanerde enthielt aber schon im Anlieferungszustand erhebliche und vor allen Dingen variable Mengen an Quarz, was als Summe mit dem extra zugemischten den Gesamtgehalt an Quarz unkontrolliert in die Höhe trieb. *Humboldt* schlug deshalb vor:

> „Nach Benutzung iener [der Berliner] Erfahrungen würde es rathsam seÿn, den Zusatz von 1/8 Quarz, die den Scherben wahrscheinlich pokkig und blasig macht, und die Porzellan-Scherben, durch welche die Maße zäh, und ungeschmeidig wird, wegzulaßen, den Gÿps beträchtlich zu vermindern, und statt deßen Versuche mit dem vortreflichen Fichtelbergischen [richtig: Fichtelgebirgischen] Feldspat anzustellen.“ (Humboldt 1792a, Bl. 199r)[4]

Es hört sich an, also ob *Humboldt* vorhersehen konnte, dass sich Feldspat weltweit als Flussmittel für die Porzellanherstellung durchsetzen wird.

Statt des Weglassens des Rohstoffes Quarz empfahl er dann aber einen anderen Weg, um den Gesamtgehalt an Quarz in der Porzellanmasse zu senken und zu stabilisieren – das Schlämmen der Passauer Porzellanerde (dazu siehe übernächster Absatz).

Humboldt verfolgte zunächst einen anderen Gedankengang. Er erinnerte sich, dass man in der KPM die Bennstedter Porzellanerde vor der Anwendung rottete. Unter **Rotten** versteht man das Lagern von Kaolinen etwa sechs Monate in einem feuchten, kühlen Raum. Der Vorgang wird heute auch als Sumpfen oder Mauken bezeichnet. Die grubenfeuchten Schicht-Alumo-Silikate, die die Kaoline bilden, gestatten Mikroorganismen, unter diesen Bedingungen zwischen die Schichten einzudringen, sie ein ganz

4 Die umfangreiche Quelle (Humboldt 1792a) war im Jahr 1792/93 in Hardenbergs Kanzlei von unterschiedlichen Personen abgeschrieben worden, von denen mindestens eine fehlerhaft oder oberflächlich gearbeitet und „Fichtelbergische“ geschrieben hat. Am Fichtelberg im Erzgebirge gibt es aber keine für Porzellan verwendbare Feldspatlagerstätte. Da Humboldt dort auch nicht war, dürfte ihm dieser Schreibfehler nicht unterlaufen sein.

klein wenig voneinander zu entfernen und dadurch den Rohstoff bildsamer (leichter formbar) zu machen. Man verstand um 1790 den Mechanismus zwar noch nicht, kannte die positive Wirkung des Rottens aber aus der Erfahrung. Heute würde man sagen, dass schon damals ein biotechnologischer Prozess zur Verbesserung der Formbarkeit der Porzellanmasse genutzt wurde. Natürlich setzte das Rotten der Porzellanerde voraus, dass man sich einen Rohstoffvorrat für ein halbes Jahr leisten konnte. *Humboldt* schlug dazu vor:

> „Sollte man aber hinfort der Paßauer Erde sich bedienen müßen, so wäre es nothwendig, die Bestellung derselben, nicht wie bisher, der Kammer und einem *Entrepreneur* zu überlassen, sondern es würde nüzlich seÿn, daß einer der Masse-Vorsteher selbst nach Paßau reiste, um sich nach beßerer Erde umzusehen und sichere *Contracte* zu sch[l]ießen. Auch müßen die Bestellungen künftig früher gemacht werden, damit die Porzellan *Manufactur* nicht wie iezt, Mangel an Erde litte, und sich gezwungen sehe ungerottete Maße, die für den Dreher äußerst beschwerlich zu behandeln ist, zu verarbeiten.“ (Humboldt 1792a, Bl. 200r)

An das Rotten der Porzellanerden sollte sich nach Auffassung *Humboldts* das **Schlämmen** derselben anschließen. Da Porzellanerden in geologischen Zeiträumen auf sogenannten primären Lagerstätten entstehen, auf denen sich auch andere Stoffe ansammeln, stellen sie stets ein Gemisch verschiedenster Minerale dar. Aber nur der für die Porzellanherstellung nötige Kaolin ist gewünscht. Die in nicht bekannter und variierender Menge enthaltenen z.B. Sand- oder Feldspatkörnchen stören die Konstanz der Zusammensetzung und verringern die Bildsamkeit. Sie lassen sich am einfachsten durch Schlämmen entfernen. Dem Rohstoff wird in einem Trog so viel Wasser zugesetzt, dass eine Suspension entsteht. Sie wird auf ein Rinnensystem gegossen. Es setzen sich die größeren, schwereren Körnchen der Verunreinigungen am Rinnenboden ab, und der Kaolin verbleibt in der überstehenden, ablaufenden Flüssigkeit. Er wird dadurch separiert. Es schließen sich Entwässerungsvorgänge an, so dass der reine Kaolin für die keramische Masse zur Verfügung steht.

Humboldt schrieb dazu:

> „Das Schlemmen der Paßauer Erde, welches in Höchst, Frankenthal / so viel ich mich erinnere gesehen zu haben / würklich geschieht, kann künftig nicht unterlaßen werden, um so mehr, da die Erde unrein gefördert wird, und viele ungleichartige Theile enthält, welche das ungleiche Schwinden oder Verziehen im Ofen am meisten befördern.“ (Humboldt 1792a, Bl. 201r)

Der Gutachter formulierte, dass sich eine unexakte Zusammensetzung der Porzellanmasse nicht nur auf die Formbarkeit, sondern auch auf die gleich-

mäßige Verdichtung der Rohlinge im Porzellanbrand und somit auf das Verziehen der Erzeugnisse (siehe Abb. 1) negativ auswirkt. Das ist natürlich keine neue Erkenntnis *Humboldts*. Aber indem er sie wiederholt (auch in anderen Gutachten und Berichten) als Problem benannte, prägte sich bei den Fabrikanten ein, dass bildsame Keramikrohstoffe vor der Verarbeitung mit Vorteil für die Produktion zu schlämmen sind.

Die unbildsamen Rohstoffe, also Quarze, Feldspäte und Gipse, wurden als Brocken angeliefert und einer **Zerkleinerung** unterzogen. Die Grobzerkleinerung erfolgte in Pochwerken, die Feinzerkleinerung zwischen Mahlsteinen. In beiden Fällen galt *Humboldts* Augenmerk dem Abrieb, d.h. der das Porzellan verfärbenden Verunreinigung der Rohstoffe vor allen Dingen durch eisenhaltigen Abrieb der Zerkleinerungswerkzeuge. Er schlug vor:

> „Die Abschaffung der Poch Eisen, die nach Englischen Muster mit Lÿdischen Stein, Basaldt p vertauscht werden können, ...“ (Humboldt 1792a, Bl. 202r)

Humboldt hatte sich während seines Studiums an der Bergakademie in Freiberg ausführlich mit Wasserkünsten für Hebevorrichtungen und den Antrieb von Zerkleinerungsanlagen beschäftigt. Ihm fiel in Bruckberg sofort auf, dass zum Betreiben der dortigen **Wasserkunst** nur ein Mühlbach mit wechselnder Wasserführung zur Verfügung stand. Da war die Nutzung eines oberschlächtigen Wasserrades deutlich von Nachteil, denn die Energie der geringen, im Sommer vorhandenen Wassermenge, oder wenn bei steigender Produktion mehrere Mühlen gleichzeitig zu betreiben waren, wurde durch dieses Prinzip nur partiell zum Antrieb von Pochwerk und Mühle genutzt.

Abbildung 2 zeigt das Prinzip eines oberschlächtigen Wasserrades. Links oben, geführt durch eine Wasserrinne, trifft der Mühlbach auf das Wasserrad und bewirkt eine viertel Umdrehung desselben. Dann fließt das Wasser bereits wieder aus der Schaufel heraus und fällt frei nach unten. Durch geeignete Krümmung der Schaufeln kann man den Verlust zwar etwas mindern, aber nahezu die Hälfte der dem Wasser innewohnenden Energie wird vergeudet. Ein oberschlächtiges Wasserrad, das – sein Vorteil – wegen der geringen Größe relativ niedrige Anschaffungskosten verursacht, eignet sich also nur, wenn Wasser im Überfluss vorhanden ist.

Der von *Humboldt* deshalb unterbreitete Vorschlag verblüffte zunächst, war aber völlig richtig:

> „Sollte man mehrere Erfahrungen machen, daß es an Bewegkräften beÿ stärkerem Betriebe des Werks fehlet, so würde ich rathen, das 8 Fuß hohe oberschlächtige Rad, 16. Fuß hoch zu machen, und als Kropfrad wirken zu laßen.“ (Humboldt 1792a, Bl. 202v)

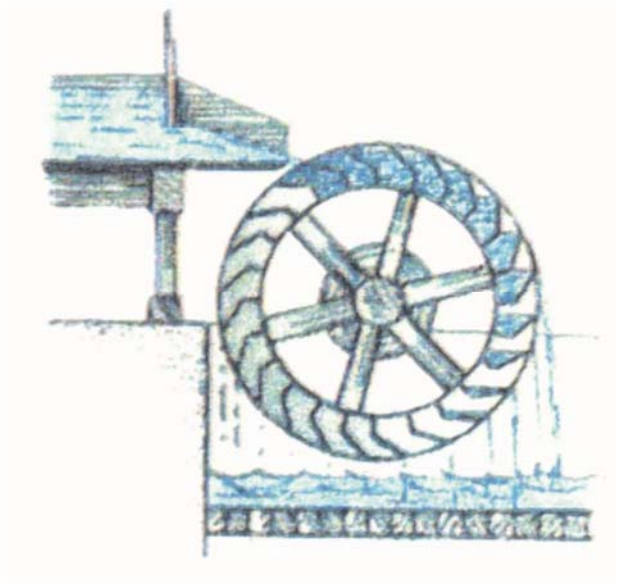

Abb. 2: Skizze eines oberschlächtigen Wasserrades

Die Wasserzufuhr erfolgt oben links über einen kleinen Kanal.

Er schlug also ein mittelschlächtiges Wasserrad vor, bei dem die komplette Fallhöhe des Wassers für den Antrieb der Zerkleinerungsaggregate genutzt werden kann. Das Prinzip zeigt Abbildung 3. Natürlich war sich der Kameralist *Humboldt* bewusst, dass die Anschaffungskosten für ein Wasserrad mit doppeltem Durchmesser deutlich ansteigen. Aber trotzdem sollten sie sich nach seiner Auffassung sehr bald amortisieren.

Zur **Formgebung** der Porzellanrohlinge äußerte sich *Humboldt* nur im Zusammenhang mit den bereits genannten Maßnahmen zur Verbesserung der Bildsamkeit der Porzellanerde und der Zerkleinerung der unbildsamen Rohstoffe. Es wurden die Verfahren angewendet, wie sie auch ein Töpfer nutzt. Grundsätzliche Verbesserungen waren nicht angesagt. Dasselbe galt auch für das **Trocknen** der frisch geformten Ware.

Im folgenden Teil des Gutachtens ging *Humboldt* zu Recht davon aus, dass die beiden Herren *von Heinitz* und *von Hardenberg*, für die die Ausarbeitung unmittelbar bestimmt war, um die Besonderheit des **Brennens** von Porzellangeschirr wussten: Es wurde zweimal gebrannt (Glüh- und Glattbrand). Er erläuterte also nichts dazu.

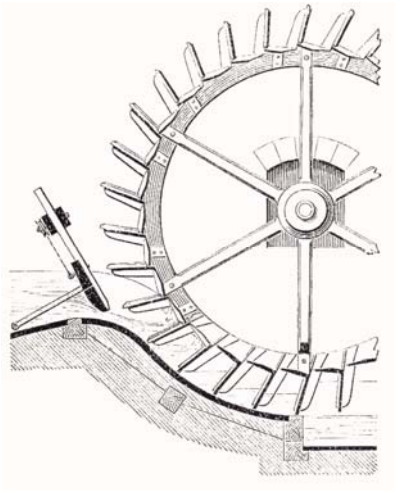

Abb. 3: Kropfrad mit Spannschütze

Quelle: Meyers Konversations-Lexikon. 4. Aufl., Bd. 16, Leipzig und Wien 1890

Für den nicht eingeweihten Leser sei hier gesagt: Dünnwandiges Porzellan muss vor dem Glasieren einem Glühbrand unterzogen werden. Ein lediglich getrockneter Rohling, der noch aus den ursprünglichen Rohstoffpartikeln besteht, die lediglich vor allem durch Adhäsionskräfte und Brückenbindungen zusammengehalten werden, würde beim Eintauchen in den Glasurschlicker wieder suspendieren, also selbst Bestandteil des Schlickers werden. Außerdem weisen die getrockneten Porzellanrohlinge durch die eben genannte Art der Bindung nur eine ganz geringe Festigkeit auf, so dass jede Manipulation die Gefahr von Bruch in sich birgt.

Der Glühbrand erfolgt bei etwa 900°C. Im Rohling finden erste mineralogische und chemische Umwandlungen statt, die einen gewissen Anstieg der Festigkeit unter Beibehaltung der Fähigkeit, Wasser anzusaugen, bewirken. Man verwendete für den Glühbrand um 1790 wegen der für diese Temperatur nur relativ geringen Anforderungen an die Ofenqualität häufig ausgediente Glattbrandöfen – so auch in der Porzellanmanufaktur Bruckberg. Wegen der geringen Festigkeit der Rohlinge konnten diese nicht, um den gesamten Ofenraum mit Brenngut auszufüllen, direkt aufeinander gesetzt werden. Sie wurden in Schamottekapseln (wie Kochtöpfe ohne Deckel aussehend) gestellt, die man dann übereinander stapeln konnte. Die Kapsel-

wände bildeten auch einen Schutz gegen „Anflug“, d.h. mit den Flammen und Verbrennungsgasen transportierte Asche- und Rußteilchen.

Nach dem Glühen wurde die Rohware durch Tauchen in einen Glasurschlicker mit diesem überzogen. Der saugfähige Scherben nimmt das Wasser aus dem Schlicker auf, während die Glasurrohstoffe fein verteilt auf der Oberfläche haften. Auf diesen Vorgang wird hier nicht weiter eingegangen, da er in *Humboldts* Gutachten keine besondere Rolle spielte.

Ausführlich beschäftigte er sich aber mit dem Glatt- oder Gutbrand, der bei der schon genannten, maximal mit Holz erreichbaren Temperatur von etwa 1.300°C stattfand. Solch hohe Temperaturen konnte man 1792 noch nicht messen. Ob die notwendige Temperatur erreicht war, wurde nur durch ein Guckloch anhand der Farbe im Ofen visuell eingeschätzt. Der Glattbrand hat das Ziel, die Porzellanrohstoffe durch physiko-chemische Reaktionen (Sintern) bei gleichzeitiger Verdichtung in den Werkstoff Porzellan umzuwandeln. Gleichzeitig schmelzen die Glasurrohstoffe und erstarren beim Abkühlen der Erzeugnisse auf deren Oberfläche als ganz dünne Glasschicht – Glasur genannt. Die Oberfläche der Erzeugnisse wird „glatt“.

Humboldt beschäftigte sich zunächst mit den vor Ort vorgefundenen Wiener Glattbrandöfen, die auch als Gutöfen bezeichnet wurden. Er fand sie als dringend der Reparatur bedürftig und schrieb:

> „Der Gut-Ofen ist auch in seinem ietzigen Zustande einer *Reparatur* bedürftig. Er ist 1781 gebaut, aber schon sehr *expandirt*, und rissig. ... Die Flamme schlägt über den Feuerkasten *vertical* in die Höhe, welches beÿ gehörigem Luft-Wechsel und Druk der Atmosphäre nicht möglich ist.“ (Humboldt 1792a, Bl. 203r)

Er verglich die spezielle Konstruktion der Wiener Glattbrandöfen in Bruckberg sowie deren Dimensionierung mit der der prinzipgleichen Öfen, die er in der KPM vorgefunden hatte, und gab ganz exakte Empfehlungen für eine Generalreparatur der Öfen. Er erwartete bei Realisierung der Maßnahmen eine Erhöhung des Anteils qualitativ hochwertiger Erzeugnisse und eine Energieeinsparung. Auf die vielen Detailvorschläge *Humboldts*, seine Berechnungen und Vergleiche mit den KPM-Öfen wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

Um die sich anschließenden Ausführungen *Humboldts* zum Misslingen der Erprobung eines Pariser zwei-etagigen Rundofens zum Brennen von Porzellan in Bruckberg zu verstehen, ist es aber erforderlich, zunächst erst einmal die Konstruktion eines Wiener Ofens zu erläutern. Dazu wird Abbildung 4 genutzt.

Die Abbildung zeigt unten einen rechteckigen Grundriss und darüber einen Längsschnitt, der fälschlich um 180° verdreht gezeichnet wurde. Das ist bei der Erläuterung der Vorgänge zu beachten. Im Grundriss lassen sich rechts sechs Feuerstellen, mit Ɛ bezeichnet, erkennen. Es wurde also versucht, die Temperaturverteilung über der Ofenbreite etwas zu vergleichmäßigen. Auf dem Ofenboden sind für die verschiedenen Formen und Größen

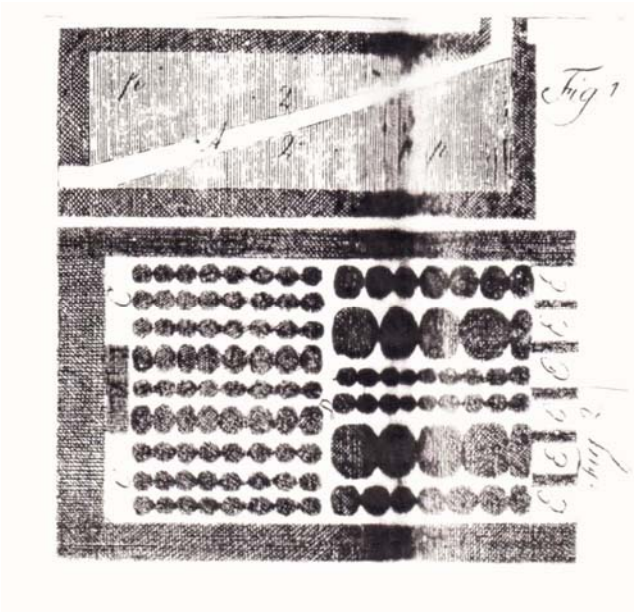

Abb. 4: Wiener Ofen

(aus Weber 1798, Tafel VI, Fig. 1 und 2)

der Geschirrteile Kapselstöße gezeichnet. Die Flammen müssen sich ihren Weg diagonal zwischen diesen Kapselstößen durch den Ofenraum bahnen, um in die zwischen den Buchstaben C als dunkles Rechteck gezeichnete Esse zu gelangen. Im Längsschnitt ist der vereinfachte Flammenweg (seitenverkehrt) als schmale, weiße Fläche A gezeichnet.

Man erkennt sofort das Problem. Ober- und unterhalb des weiß gezeichneten Flammenweges herrscht mit Sicherheit eine deutlich niedrigere Temperatur als 1.300°C. Sie reicht nicht aus, um die Rohstoffe zu Porzellan zu sintern. Man kann mit etwa 15% guter Produktion rechnen – bei einigen Tricks bezüglich der Massezusammensetzung (Variierung der Menge an

Flussmitteln) vielleicht mit 30%. Alles andere ist Ausschuss. Das Problem trat überall auf, wo Porzellan hergestellt wurde. Man arbeitete fieberhaft an der Lösung des Problems einer gleichmäßigen Temperaturverteilung im Glattbrandofen. Zusätzlich musste man wegen der Holzknappheit die Wärmeenergie besser ausnutzen.

Die Lösung beider Probleme gleichzeitig gelang zuerst in Paris. Dort erprobte man erfolgreich den **zwei-etagigen Rundofen**. Durch die konzentrische Anordnung von vier oder sechs von außen zugänglichen Feuerstellen vor und gleichzeitig unter dem Rundofen und einer entsprechenden Anzahl an Öffnungen in der Ofenwand für den Flammeneintritt in den Brennraum konnte eine in der Fläche gleichmäßigere Temperatur erzielt werden. Indem der Brennraum nicht allzu hoch ausgelegt war, stauten sich die heißen Verbrennungsgase am Gewölbe und breiteten sich im gesamten Ofenraum aus, bevor sie ihn durch eine kleine Öffnung im Gewölbe verließen. Die Temperatur vergleichmäßigte sich dadurch im ganzen Ofenvolumen. Der Clou bestand nun darin, dass diese Öffnung im Gewölbe nicht zur Esse führte, sondern in einen darüber liegenden, weiteren Ofenraum, die Glüh-Etage. Die nun bereits etwas niedrigeren Flammentemperaturen reichten aus, um die getrocknete Rohware zu glühen. Während ein- und desselben Brennvorganges konnte also unten die schon verglühte Ware glattgebrannt und oben rohe Ware geglüht werden. Die Energieeinsparung war beträchtlich – ebenso das Ausbringen an qualitativ einwandfreier Ware.

Die Nachricht verbreitete sich in Windeseile. Auch in Bruckberg war man an einem besseren Ofen interessiert.

Der bereits genannte, für die technischen Prozesse in der Manufaktur zuständige *Schöllhammer* schickte seinen auch technisch begabten Porzellanmaler *Johann Eberhard Stengelein* (bereits 1760 als Porzellanmaler in Bruckberg erwähnt) zur „Industriespionage“ nach Paris. Er fertigte nach seiner Heimkehr aus dem Gedächtnis eine Zeichnung an (Abb. 5).

Natürlich kannte der sonst für das Malen von Blümchen zuständige *Stengelein* keine technischen Zeichnungen. Nur so ist es zu verstehen, dass der runde Grundriss oben über der Esse – wie auf diese aufgesetzt – gezeichnet wurde. Man erkennt aber in diesem Ring 4 Feuerstellen und Durchbrüche im Mauerwerk für den Flammeneintritt in den Ofenraum. *Stengelein* hatte in Paris richtig erkannt, dass das Mauerwerk der Glattbrandetage, um die hohen Temperaturen auszuhalten, zweilagig war: innen Schamotte, außen Ziegel. Er hatte auch noch eine Öffnung für das Eintragen der Kapselstöße in den Ofen gezeichnet.

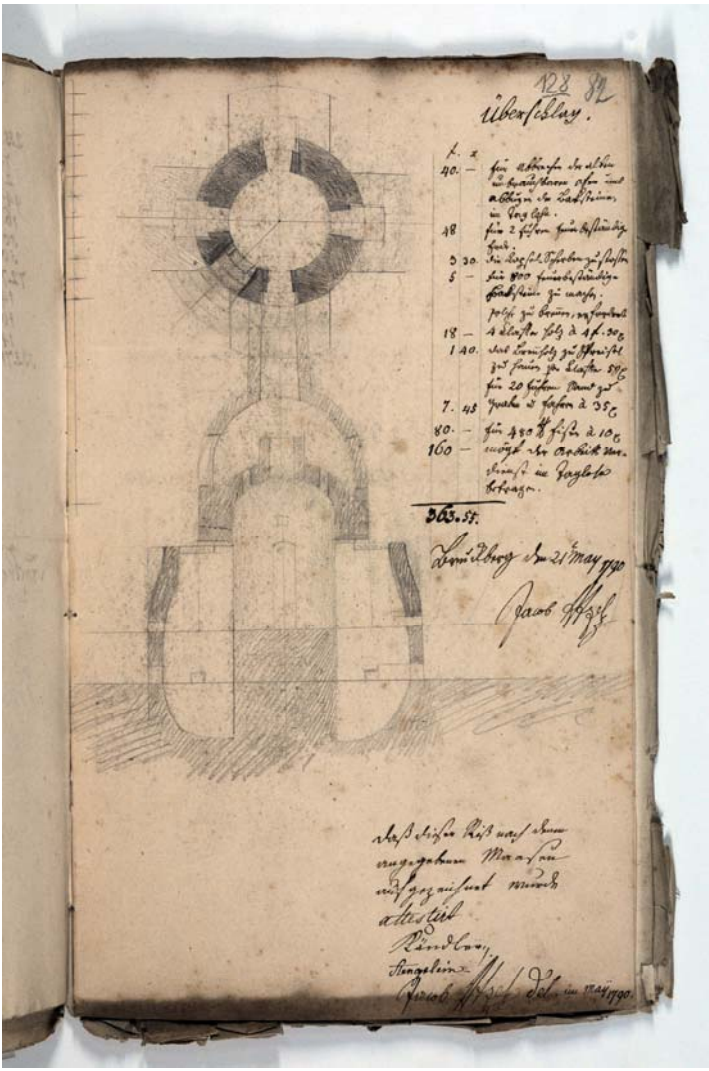

Abb. 5: Erste Skizze eines Rundofens für die Porzellanmanufaktur Bruckberg

Quelle: Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg, KPM-Archiv (Land Berlin), Sign. 294, Bl. 128 bzw. 82. Die Autorin bedankt sich für die Genehmigung der Veröffentlichung.

Am Längsschnitt fallen zunächst die großen Feuerkästen auf, von denen zwei, im Boden versenkt und von oben zugänglich, gezeichnet sind. Dann folgen zwei Gewölbe, die den Glattbrand- und den Glühbrandraum nach oben abschließen. Man erkennt wieder die zweilagige Mauer der Glattbrand-Etage. Das Volumen der Glühbrand-Etage ist im Vergleich zu dem der Glattbrand-Etage richtigerweise etwas größer gezeichnet, da man mit etwas Bruch der Rohlinge während des Glühbrandes, des anschließenden Manipulierens und Glasierens rechnen muss. Auf den Kostenvoranschlag, den *Stengelein* für den Abriss eines Wiener und den Aufbau eines Pariser Ofens rechts auf der Zeichnung angebracht hat, wird hier nicht näher eingegangen.

Markgraf *Alexander*, der die Probleme in seiner Porzellanmanufaktur erkannt hatte, ordnete am 27. Mai 1790 den Bau eines solchen Pariser Ofens an. Der Bau dauerte längere Zeit, da man sich in Bruckberg anscheinend nicht vorstellen konnte, wie der Ofen funktionierte. Die Erprobungen fanden erst im Jahr 1792 statt, vier an der Zahl, alle missglückt. Das, was *Humboldt* vorfand, gab ihm mehr als genug Stoff für äußerst kritische Analysen, aber auch für gut durchdachte Vorschläge zur sinnvollen Neukonstruktion des zwei-etagigen Rundofens.

Aus Abbildung 6 folgt sofort der Hauptfehler des in Bruckberg aufgebauten Ofens: Die untere Glattbrand-Etage war im Vergleich zur Glühbrand-Etage viel zu hoch ausgefallen. Das hatte zur Folge, dass für den Glattbrand nicht genügend geglühtes und glasiertes Porzellan zur Verfügung stand, um den gesamten Ofenraum der Glattbrandetage zu füllen. Außerdem war der Flammenweg im Glattbrandraum zu lang. Die Flammen kühlten stärker als sinnvoll ab und konnten unterhalb des Gewölbes somit nicht die für qualitativ hochwertiges Porzellan notwendige Brenntemperatur garantieren. Sie breiteten sich auch nicht im ganzen Brennraumvolumen aus, sondern durchströmten ihn nur wie einen Kegelstumpf. Die in die Glühbrand-Etage eintretenden Abgase besaßen nicht mehr die notwendige Temperatur von etwa 1.000°C. Außerdem geht aus der Zeichnung, die paradoxerweise auch *Stengelein* anfertigen musste, hervor, dass die Wand des Glattbrandbereiches nicht ausreichend thermisch isoliert war.

Aus *Humboldts* Gutachten, in dem er sich an mehreren Stellen zu dem in Bruckberg aufgebauten Rundofen äußert, sei hier u.a. Folgendes erwähnt:

> „Der runde Ofen, deßen Benutzung richtig ist, scheint nach den Probe Bränden einer Veränderung zu bedürfen, die nach den Maaßen runder Pariser Oefen, welche sich der p *Schoellhammer* verschaft hat, hauptsächlich darinn bestehen mögten: 1) Den Ofen Schacht um 18. Zoll oder 2 Fuß zu erniedrigen, da die obersten

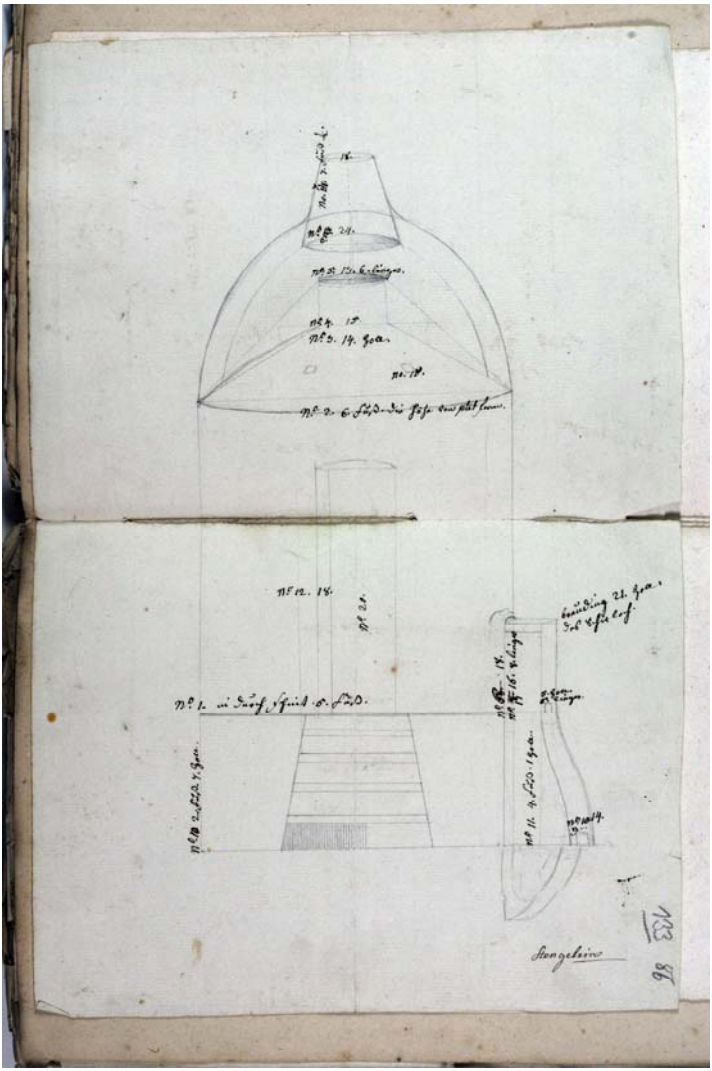

Abb. 6: Skizze des in der Porzellanmanufaktur Bruckberg installierten ersten zwei-etagigen Rundofens

Quelle: Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg, KPM-Archiv (Land Berlin), Sign. 294, Bl. 133 bzw. 86. Die Autorin bedankt sich für die Genehmigung der Veröffentlichung.

8. Kapseln nicht gut gebrannt waren. 2) Die Schürlöcher welche $300^{1}/_{4}$ □Zoll Fläche = Innhalt haben, zu verengen, denn der Raum oder die Oefnung durch welche die Flamme in den Verglüh-Ofen schlägt, hat nur $216^{15}/_{16}$. □Zoll Innhalt. Ein großes Misverhältniß! dem die pÿrotechnischen Gesetze entgegen stehen. 3) Die vielen Zuglöcher unter den Feuerkästen zu vereinfachen, da sie den Gang des Ofens stören." (Humboldt 1792a, Bl. 205v)

Er konnte, obwohl die chemischen Vorgänge bei der Verbrennung noch nicht vollständig verstanden waren, aus seinen an der Bergakademie in Freiberg erworbenen Erfahrungen in Hüttenbetrieben sehr wohl einschätzen, dass Kanal- und Öffnungsquerschnitte für die Frischluftzuführung, den Flammenverlauf und die Verbrennungs- bzw. Abgasmenge in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen müssen.

Humboldt fasste schließlich zusammen (wobei unter „langer" Ofen der in der KPM und in der Porzellanmanufaktur Bruckberg verwendete Wiener Ofen zu verstehen ist):

„Die Vortheile der runden Oefen scheinen folgende zu seÿn:

1.) daß ein Feuer zum Verglühen und Gutbrennen genuzt werden kann, also Vortheil in der Holzersparung
2.) daß sie weniger Ausschus geben, als die langen. Der p. *Schoellhammer* hat sich viel Mühe gegeben, durch *Correspondenz* Nachrichten über die Verglühung in langen und runden Oefen zu sammeln; hat die genauesten Muster der Pariser runden Oefen, welche von dem Brukberger abweichen, erhalten, und zu gleich die Versicherung, das man in ienen nur $^{1}/_{4}$ Ausschuß hatte.
3.) daß sie nur 18 Zoll langes Scheitholz erfordern, aber eine ungemein aufmerksamme Feuerung durch 4. Mann, die zu gleicher Zeit schüren.
4.) daß sie mehr Geschirr fassen, als die langen Oefen.
5.) daß sie wohlfeiler zu erbauen sind, als ein langer, oder wie man eigentlich rechnen sollte, als ein langer Gutofen, und ein Verglüh-Ofen, den sie auch entbehrlich machen." (Humboldt 1792a, Bl. 194r)

Außerdem stellte er durch kameralistische Betrachtungen Aufwand und Nutzen für das Unternehmen in Bruckberg gegenüber und ermittelte deutliche Vorteile für den zwei-etagigen Rundofen.

Der Gutachter kritisierte auch, dass man zum **Einbrennen der Farben** keinen eigenen Ofen verwendete, sondern nur eine Muffel, die von außen, umgeben von einer aus Ziegelsteinen aufgeschichteten Wand – eher wie ein Provisorium – mit Kohle erhitzt wurde:

„Zum bemahlten Geschirr hat man keinen eigenen *Email*-Ofen, sondern man brennt die Farben unter 2. Muffeln, die auf 2. besonderen Heerden stehen, beÿm

> Kohlfeuer ein. ... Um die Muffel wird von Ziegelsteinen eine kleine Mauer aufgebaut und der Raum zwischen der Muffel und dem Mäuerchen mit Kohlen gefüllt.“ (Humboldt 1792a, Bl. 195r)

Aus *Humboldts* Sicht war es kein Wunder, dass sich Ruß auf der Glasur als braune Flecken absetzte. Sein Vorschlag bestand darin, die in der KPM benutzen Emailöfen nachzubauen.

Der Gutachter schätzte am Ende seiner kritischen Analyse die **Fertigungskosten** ab. Er hob besonders die Kosten für das Brennholz hervor und gab den unterschiedlichen Lohn für die verschieden qualifizierten Arbeiter sowie die Betriebsleitung einschließlich der Witwe *Kändler* an.

Ausführlich beschäftigte er sich auch mit Vorschlägen zur **Verbesserung des Absatzes** der Porzellanerzeugnisse – wenn sie denn die erforderliche Qualität besitzen. Hierauf wird an dieser Stelle aber nicht weiter eingegangen.

Beratung von Humboldts Gutachten zur Porzellanmanufaktur Bruckberg am 5. September 1792 in Ansbach

Aufgrund der Aussagefähigkeit des Gutachtens und wegen der großen Probleme in der Porzellanmanufaktur hatten sich die beiden Staatsminister verständigt, die Beratung derselben vom übrigen ausführlichen Inspektionsbericht *Humboldts* abzukoppeln. Auch musste Oberbergrat *Rosenstiel*, Mitglied der Königlichen Porzellanmanufaktur-Kommission, erst aus Berlin anreisen, was wohl ursprünglich nicht vorgesehen war. An der Beratung nahmen außerdem der in der Zwischenzeit zum Inspektor der Porzellanmanufaktur Bruckberg beförderte *Schöllhammer* und Finanzexperten aus Berlin und Bayreuth teil. *Humboldt* führte das Protokoll.

Zunächst erläuterte er ausführlich sein Gutachten und begründete seine Vorschläge zur Entscheidung. Die Diskussion scheint sich dann aber vordergründig mit Finanz- und Personalfragen beschäftigt zu haben. In diesem Zusammenhang erhielt der Oberbergrat *Rosenstiel* den Auftrag, mit Unterstützung durch den Revisionsrat *Heinrich Ferdinand Stadelmann* (gest. 1794) und Inspektor *Schöllhammer* einen Ökonomie-Plan auszuarbeiten (Humboldt 1792b, Bl. 2).

Zum technischen Betrieb des Unternehmens wurden letztendlich alle Vorschläge aus *Humboldts* Gutachten akzeptiert. Deshalb beschäftigte sich nur Punkt 5 der Festlegungen des Protokolls mit den technischen Details, die den zur Beratung in Ansbach Anwesenden besonders wichtig waren. Es heißt darin:

„5) wenn die Erde künftig in großen Quantitäten und *directe* aus *Passau* gezogen würde, damit es nie an Vorrath von gleichartiger und gerotteter Masse fehlte. Der nöthige Versaz derselben, die neu anzustellenden Versuche mit Göpfersgrüner Erde und Feldspat, das Schlemmen der Erde, die unrichtigen Maaße des Verglüh und Gutofens, die Vervollkomnung des wichtigen runden Ofens, in welchem zugleich verglüht und gutgebrannt wird, und die Verfertigung haltbarer Kapselmasse sind in dem Berichte des Berg-Assessors *vHumboldt* d[e] d[ato] 3 *Aug*[ust] [17]92. näher berührt worden.“ (Humboldt 1792b, Bl. 4)

Man möge also nachschauen, was dort geschrieben steht. Die Empfehlungen *Humboldts* wurden in den Folgejahren weitgehend realisiert.

Oberbergrat *Rosenstiel* wird an dieser Beratung nicht nur teilgenommen haben, um als Porzellanexperte der Manufaktur in Bruckberg zu helfen, sondern für ihn war vielleicht ein anderer Grund viel wichtiger für die Reise. Schon seit 1788 dachte man in der Königlichen Porzellanmanufaktur-Kommission über den Bau eines zwei-etagigen, runden Pariser Ofens nach. Es war noch keine Entscheidung gefallen. Nun ergab sich die Möglichkeit, mit einem „Experten“ darüber zu diskutieren und aus den Fehlern in Bruckberg zu lernen. Wahrscheinlich hat *Rosenstiel* auch die auf den Abbildungen 5 und 6 vorgestellten Zeichnungen mit nach Berlin genommen, denn wie erklärt es sich sonst, dass sie nicht in einem fränkischen Archiv, wie die meisten Unterlagen aus Bruckberg, sondern im Archiv der KPM aufbewahrt werden?

Einflussnahme Alexander von Humboldts auf die Porzellanfertigung in der Berliner KPM

Der langjährige Direktor der KPM, *Heinrich Gustav Kolbe* (1809–1867), ging davon aus, dass sich *Humboldt* nur im Juni 1792 als „Praktikant“ in der Porzellanmanufaktur aufgehalten habe und auch sonst keine weiteren Kontakte bestanden (Kolbe 1863, S. 193). Diese Aussage wurde über rund 150 Jahre unkritisch von mehreren Autoren übernommen. Man kann aber bereits aus *Humboldts* Briefen und Berichten entnehmen, dass weitere Kontakte unterschiedlicher Art bestanden haben müssen, denn er führte Informationen aus dem Unternehmen in seinen Gutachten an, und es wurden auch gezielte Versuche im Labor der KPM durchgeführt – einerseits durch *Humboldt* selbst, andererseits in seinem Auftrag.

Im Bruckberg-Gutachten verglich *Humboldt* immer wieder die Situation im dortigen Unternehmen und in der KPM. Er nutzte dazu viele Zahlenangaben. Natürlich kann er sie sich bereits während seines „Praktikums“ alle

notiert haben. Aber es macht doch stutzig, dass er gerade die Zahlen parat hatte, die er an den problematischen Stellen in Bruckberg benötigte. Man sollte die Geschwindigkeit der damaligen Postboten nicht unterschätzen.

In seinem Gutachten und während dessen Beratung am 5. September 1792 in Ansbach in Gegenwart von Oberbergrat *Rosenstiel* erläuterte er überzeugend die Konstruktion und Vorteile des zwei-etagigen Rundofens. Die Autorin geht davon aus, dass *Humboldt* das Mitglied der Königlichen Porzellanmanufaktur-Kommission von der Errichtung eines solchen Ofens in der KPM überzeugt hatte. Jedenfalls liegt im Archiv der KPM eine weitere Skizze für einen Pariser Ofen aus dem Jahr 1793 vor (Kolbe 1863, S. 178). Der Ofen war nicht für die Befeuerung mit Holz, sondern mit Steinkohle vorgesehen.

Bisher nicht beachtet wurde, dass sich *Humboldt* zumindest am 5. Mai 1793 wieder in der KPM aufgehalten hat. Dazu berichtet *Arnulf Siebeneicker* in seiner Promotionsschrift (Siebeneicker 2001). Er bezieht sich auf einen von ihm aufgefundenen handschriftlichen Bericht *Humboldts* (Humboldt 1793a). Freiherr *von Heinitz* hatte ihm aufgetragen, in der KPM zu untersuchen, welchen Einfluss der Anteil an Sauerstoff in der Luft während des Einbrennens der Porzellanfarben hat. Das Ergebnis besaß sowohl für die KPM als auch die Porzellanmanufaktur in Bruckberg Bedeutung. Die der Untersuchung beigemessene Wichtigkeit geht aus der Anwesenheit von *Grieninger, Klipfel* und *Klaproth* hervor. Den zur Erhöhung seines Anteils in der Luft notwendigen Sauerstoff hatten in der Woche zuvor in Berlin der Arkanist *Friedrich Bergling* (gest. 1797) und *Humboldt* an zwei Vormittagen unter Nutzung von einerseits Braunstein, andererseits Salpeter gewonnen.

Der Auftraggeber hatte sich allerdings ein auffälligeres Ergebnis erhofft, als es dann eintrat. Auf der Basis der 1793 vorhandenen, sehr lückenhaften chemischen Kenntnisse der Vorgänge, die während der Verbrennung ablaufen, liest sich *Humboldts* Bericht etwas schwierig:

> „Wird *gas oxygene* in die Muffel geleitet, so kann es dort nur auf die metallischen Farben wirken. Aber auch diese Wirkung kann, den bisherigen Erfahrungen gemäß, nur sehr gering sein. Zwar besteht jeder metallische Kalk aus einer Verbindung des regulinischen Metalls mit der festen Basis der Lebensluft, mit dem *oxygene*. Zwar folgt aus den für die Künste so wichtigen Versuchen der Herren *Berthollet* u[nd] *Fourcroy* daß die metallischen Kalke ihre Farben*nuancen* in eben dem Maaße verändern, als sie mehr od[er] weniger mit dieser *basis* gesättigt sind, daß man diese Sättigung beschleunigen u[nd] die Farben erhöhen kann, indem man das *oxygene* durch künstl[iche] Wege hierzu führe p.“ (Humboldt 1793a, Bl. 61v)

Humboldts Schlussfolgerung aus dem Versuch kann etwa so zusammengefasst werden, dass sich eine Erhöhung des Sauerstoffgehalts in der Luft in erster Linie bei der Herstellung der Farbpigmente und weniger während des Dekorbrandes auswirkt.

Man kann davon ausgehen, dass in der Zeit der Versuchsdurchführung zum Dekorbrand auch über die geplante Errichtung des zwei-etagigen Rundofens diskutiert wurde.

Er muss in der KPM im 2. Halbjahr 1793 oder im 1. Halbjahr 1794 errichtet worden sein, denn vom August 1794 liegt ein Bericht über seine erfolgreiche Erprobung vor (Bergling 1794). Der Ofenmaurer *Doering* fertigte eine Skizze des Ofens an (Abb. 7). Sie lässt bei allem Fortschritt in der zeichentechnischen Darstellung erhebliche Ähnlichkeiten zu der von Porzellanmaler *Stengelein* im Jahr 1790 angefertigten Skizze (Abb. 5) erkennen. Wichtig ist die Anbringung eines Maßstabes. Neben Schnitten sind auch Außenansichten in partiell perspektivischer Ansicht gezeichnet. Oben rechts erkennt man ganz deutlich, dass die Glühbrand-Etage mehr Rohware aufnehmen kann als die Glatt- oder Gutbrand-Etage. Der auch heute noch unvermeidbare Bruch durch die Manipulationen bis zum Glattbrand wurde also durch ein größeres Volumen der Glühbrandetage berücksichtigt. Das stellte aber auch kein besonders schwieriges Problem dar, da die untere Glattbrandetage eine für die thermische Isolation wichtige, Platz beanspruchende Hintermauerung mit Schamottesteinen aufwies. Die Feuerkästen besaßen eine Vielzahl von – auch verschließbaren – Zuglöchern, was für die Erprobung wichtig war.

Der zwei-etagige Rundofen trat von der KPM aus seinen Siegeszug in Deutschland an. Bis in die 50er Jahre des 20. Jahrhunderts war er das in der Porzellanindustrie vorherrschende Brennaggregat. *Humboldt* dürfte seinen Anteil dazu beigetragen haben.

Im Jahr 1794 fanden aber auch Kontakte *Humboldts* mit der KPM auf einem ganz anderen Gebiet statt, worauf hier nur kurz eingegangen werden kann. Mittlerweile als Oberbergmeister im fränkischen Oberbergdepartement in Bayreuth angestellt, kümmerte er sich auch um die Beschaffung von Kobalt-Rohstoffen für die Herstellung kornblumenblauer Smalte, einem mit Kobaltoxid gefärbten Kaliumsilikatglas-Pulver. Eine Variante bestand darin, einen eventuell Kobalterz-haltigen Gang im Sorger bei Wunsiedel aufzufahren. Dort gefundene Geschiebe deuteten eine solche Möglichkeit an. Es gab aber auch vor Ort Brocken von Braunstein (Mangandioxid), die im trockenen Zustand schwer von den erwarteten Kobalterzen unterscheidbar waren.

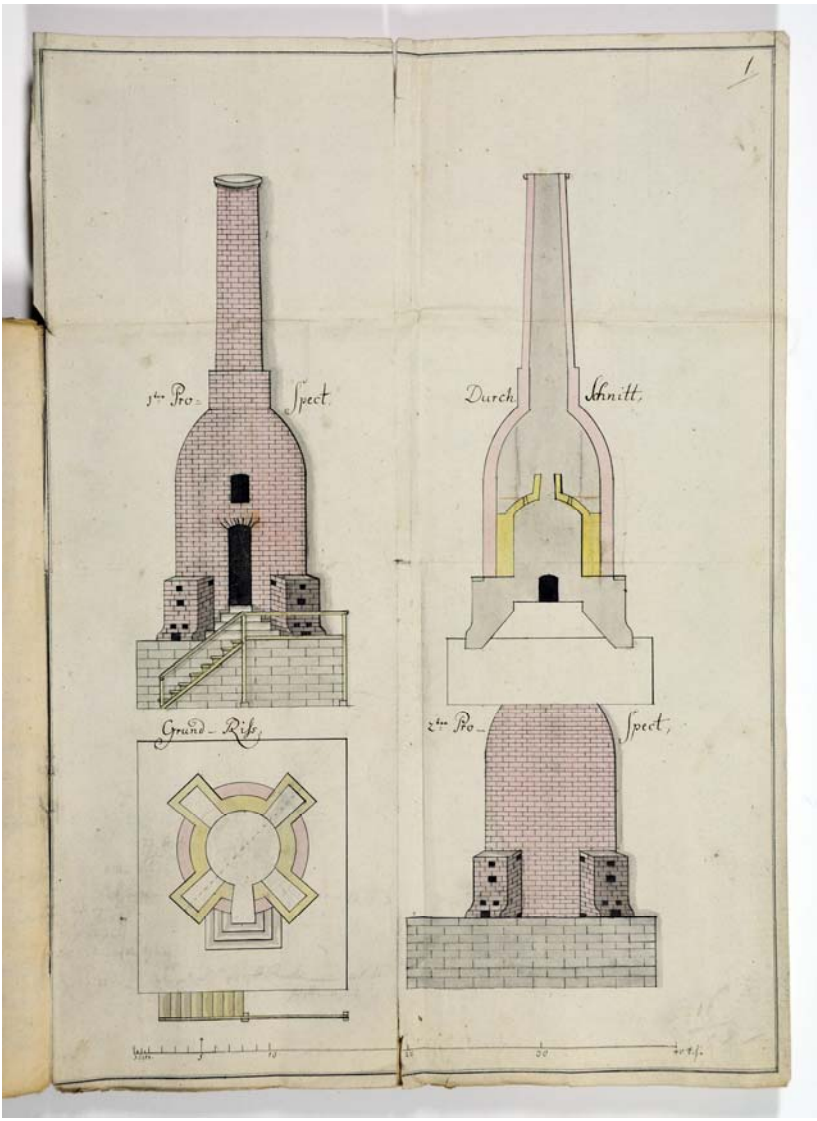

Abb. 7: Im Jahr 1794 in der KPM errichteter zwei-etagiger Rundofen

Quelle: Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg, KPM-Archiv (Land Berlin), Sign. 184, Bl. 52r (Foto: Jakob Kurpik)

Da sich die Schmelze von silikatischer Smalte und Glasur nicht grundsätzlich unterscheidet, bat *Humboldt* das Labor in der KPM um Prüfung, ob sich durch Zumischung der im Sorger gefundenen Brocken zu Quarzsand (Siliziumdioxid) und Pottasche (Kaliumkarbonat) ein blaues Glas erzeugen lässt. Es entstand ein violettes Glas – man hatte also nicht Kobalterze, sondern Braunstein zur KPM geschickt. *Humboldt* schrieb dazu:

> „Das völlige Auskeilen des Ganges hat uns endlich veranlaßt die Grube und Röschen [ein Kanal zur Wasserführung] einzustellen, um so mehr da aus allen zu Berlin angefertigten Proben sich ergeben, daß das lezterzielte Fossil *reiner Braunstein* war.“ (Humboldt 1794, Bl. 39r).

Auch fünf Monate später kann *Humboldt* nur über Schmelzversuche in Berlin mit negativem Ergebnis berichten:

> „Die mehrmaligen Versuche in dem *laboratorium* der Kön[iglichen] Porzellanmanufaktur in Berlin, eine Anstalt deren gründlich-chemisches Verfahren ich genau kenne da ich ehemals darinn arbeitete, ... entschieden bloß für Braunstein u[nd] gaben die violetten Gläser ...“ (Humboldt 1795, Bl. 42v)

Ein letzter belegter Kontakt *Humboldts* mit der KPM datiert aus dem Jahr 1840. Als in diesem Jahr *Friedrich Wilhelm IV.* (1795–1861) die Regentschaft antrat, versprach sich der damalige Direktor der KPM, *Georg Friedrich Christoph Frick* (1781–1848), einen Erfolg, wenn im Zusammenhang mit dem Machtwechsel der nunmehrige Kammerherr *Alexander von Humboldt* beim neuen König für den Kauf von (relativ teurem) KPM-Porzellan wirbt, was auch erfolgte. Ausführlichere Informationen dazu finden sich bei *Siebeneicker* (2001, S. 58).

Weitere Aktivitäten Alexander von Humboldts für die Porzellanmanufaktur Bruckberg

Da die Königliche Kasse aufgrund der schlechten betriebswirtschaftlichen Situation der Porzellanmanufaktur Bruckberg mit Zuschüssen helfen musste, wurden schon 1791 erste Ideen entwickelt, die positiven Erfahrungen in der KPM für das defizitäre Unternehmen zu nutzen. Das ging bis hin zu der Überlegung, die in Berlin eingesetzte Bennstedter Porzellanerde auch in Bruckberg zu verwenden (Humboldt 2012, S. 18). Aber auch an die Übernahme des Absatzsystems war gedacht worden. *Humboldt* nannte in seinem Gutachten die aus seiner Sicht notwendigen Bedingungen für eine „Fusion“ beider Unternehmen (Humboldt 1792a, Bl. 186r) und diskutierte sie später auf Sinnfälligkeit (Humboldt 1792a, Bl. 198v und Bl. 205r). Im Ergebnis

dieser Überlegungen stellte *von Heinitz* fest, dass sich solch ein Zusammenschluss für die KPM negativ auswirken würde und lehnte sie in einem Antwortschreiben an den König ab (Stieda 1906, S. 151).

Ebenfalls um eher kameralistische Angelegenheiten ging es bei folgender Anfrage. *Humboldt* war bereits Oberbergmeister in Bayreuth und sollte *König Friedrich Wilhelm II.* (1744–1797) die Frage beantworten, ob es sinnvoll sei, die Porzellanmanufaktur Bruckberg an *Johann Wieland*, einen Unternehmer aus Regensburg, der eine Porzellanmalerei betrieb, die Porzellanmanufaktur Bruckberg als Lieferant von Weißware, d.h. undekoriertem Porzellan, zu verpachten. Die Entscheidung war durch Rechnungsrat *Stadelmann* aus Bayreuth und den Geheimen Hof- und Regierungsrat *Johann Friedrich Ferdinand Ganz* (1741–1795) aus Ansbach bereits aus buchhalterischer Sicht vorbereitet worden. *Humboldt*, der mittlerweile zweimal im Jahr die Manufaktur besuchen sollte, wusste, dass sich die ökonomische Situation zwar verbessert hatte, aber bei weitem noch nicht als gut anzusprechen war. *Wieland* würde bei dem Geschäft draufzahlen. Darum begründete *Humboldt* im Brief an den König *Friedrich Wilhelm II.* vom 7. November 1793 ausführlich, warum er von einer Verpachtung des Unternehmens abrät (Humboldt 1793d).

Nachdem *Humboldt* am 22. September 1792 sein ausführliches Gutachten zur Inspektion der Fürstentümer Ansbach und Bayreuth in der Ansbacher Kanzlei übergeben hatte, folgte er bereits am Tag darauf einem Auftrag des Staatsministers *von Heinitz* zur Besichtigung von Salinen. Er trat eine längere sogenannte halurgische Reise an, die ihn zunächst über Bayern nach Österreich führte. Er nutzte diese Reise aber auch, um sich weiter mit Porzellan zu beschäftigen bzw. dafür zu arbeiten.

So besuchte er Ende September die Porzellanmanufaktur in Nymphenburg – der Ort befand sich damals noch „bei“ München – und fertigte ebenfalls ein Gutachten an. Leider ist es verschollen. Dass er in Nymphenburg weilte, geht aus *Humboldts* Reisekostenrechnung und aus einem Brief an den König vom 28. April 1793 hervor, wo er auf das an ihn am 28. November 1792 gesandte Gutachten verwies (Humboldt 1793b, Bl. 12v).

Der nunmehr eigentlich in Sachen Salz Reisende bemühte sich Anfang November 1792 bei seinem Aufenthalt in Wien auch darum, den Bruckberger Türkenbechern und weiteren, hoffentlich bald wieder produzierten Porzellanerzeugnissen Absatz zu verschaffen.

Alexander von Humboldts Engagement für die Errichtung der Porzellanmanufaktur Tettau

Ohne die Tätigkeit des Oberbergmeisters *Humboldt* im Oberbergdepartement Bayreuth wäre wahrscheinlich die Gründung der Porzellanmanufaktur Tettau am 31. Dezember 1794 nicht erfolgt. Der Ort liegt in Oberfranken, dicht an der heutigen Grenze zu Thüringen. Das Unternehmen produzierte bis zum 31. Mai 2019 über zwei Jahrhunderte hochwertiges Haushaltsporzellan. In dem Ort existierten bereits im 17. Jahrhundert aber auch Glasbetriebe der Familie *Heinz*. Das große Unternehmen agiert noch heute weltweit.

Mitte 1793 stellten der Kaufmann *Johann Friedrich Paul Schmidt* aus Coburg und der Porzellanfabrikant *Georg Christian Friedmann Greiner* (1775–1818; zur Greiner Porzellan-Dynastie gehörend) aus Kloster-Veilsdorf einen Antrag zur Errichtung einer Porzellanfabrik in Schauberg (Dees 1921, S. 18). Schauberg lag, wie Tettau, im Amt Lauenstein. Die Entscheidung zu einem solchen Antrag musste der König höchstpersönlich treffen.

Zuständigkeitshalber wurde *Humboldt* mit der Vorbereitung von dessen Entscheidungsfindung betraut. Zunächst fertigte er ein Gutachten aus fachlicher und betriebswirtschaftlicher Sicht an. Wie auch in den anderen in diesem Aufsatz behandelten Fällen ist das Original bisher verschollen. Eine Abschrift oder vielleicht auch nur eine sinngemäße Wiedergabe von dessen Inhalt (Humboldt 1793c) befindet sich aber als Anlage an der Beauftragung des Amtes Lauenstein am 4. November 1793 durch *Otto Heinrich Tornesi* (1748–1814) mit speziellen Prüfungen.

In dem Gutachten wurde grundsätzlich die Errichtung einer Porzellanfabrik in Schauberg unterstützt. Aber gleich zu Anfang steht zu lesen, dass der Antrag von *Schmidt* und *Greiner* nur dann positiv entschieden werden kann, wenn die Bereitstellung des für das Brennen des Porzellans benötigten Holzes geklärt ist. Dazu erhielten Amtmann *Johann Valentin Fränkel* (gest. 1807) aus dem Amt Lauenstein und *Humboldt* durch Staatsminister *von Hardenberg* am 24. November 1793 einen persönlichen Auftrag (Hardenberg 1793). Das Problem des zu knappen Holzes sollte *Humboldt* sein ganzes weiteres Leben begleiten.

Aus dem Auftrag entwickelte sich ein intensiver Briefwechsel zwischen Amtmann *Fränkel* und *Humboldt*, der im Staatsarchiv Bamberg im Original aufbewahrt wird. Es ging letztlich um zwei Dinge: Sind die Forderungen der Antragsteller nach insgesamt 800 Klafter Holz jährlich gerechtfertigt und, wenn ja, kann sie das Amt Lauenstein bereitstellen? Die Klärung der Probleme beanspruchte ein reichliches Jahr. Die folgende Transkription zeigt einen Auszug aus einem Brief *Humboldts* an *Fränkel* vom 8. Dezember 1793:

> „Die Angabe des jährlichen Holzbedarfs wird Ew. Wohlgeborenen nicht weniger auffallend, als mir, gewesen sein. Unsere Ansbach-Bruckberger Porzellanfabrik über die mir die specielle Aufsicht anvertraut ist, verbraucht jährlich nur 290 Klafter und die neue Schauberger fordert 600 Kl[after] Scheid-Holz und 200 Kl[after] Stökke, also 800 Kl[after]. Ich habe geeilt, da dem Oberförster *Kattner* der Auftrag geworden ist, die Lauensteiner Waldungen abzuschätzen ...“ (Humboldt 1793e, Bl. 17)

Die Antragsteller *Schmidt* und *Greiner* haben nichts anderes gemacht, als es auch heute üblich ist. Sie haben bei der Bedarfsanmeldung maßlos übertrieben, um überhaupt etwas zu erhalten. Sie hatten nur Pech, dass der „Bearbeiter“ ihres Antrags Ahnung von der Materie hatte. Man einigte sich mit den Antragstellern auf eine weitaus geringere Holzzuweisung. Interessant an dem Brief *Humboldts* ist weiterhin, dass er zu seiner speziellen Aufsicht über die Porzellanmanufaktur in Bruckberg informiert. Das deckt sich mit dem Auftrag, sie mindestens zweimal im Jahr zu besuchen. Der Oberbergmeister hatte kurzfristig auf *Fränkels* ursprüngliche Information geantwortet, da bereits der Auftrag an den Oberförster ergangen war, sich um das Holz zu kümmern.

Das Ergebnis war negativ. Aber *Humboldt* hatte eine Idee. Er beauftragte *Fränkel* zu prüfen, ob denn alle Unternehmen, die eine Holzzuweisung erhielten, diese aktuell auch benötigten. Sie hatten Glück. Am 19. Januar 1794 teilte *Fränkel* nach Bayreuth mit, dass ein ursprünglich ebenfalls in Schauberg geplantes Frischfeuer (Eisenfabrik) nicht errichtet wurde. Damit waren 500 Klafter Holz verfügbar (Humboldt 1973, S. 309). Eigentlich sollte nun einer Bewilligung des Antrags von *Schmidt* und *Greiner* nichts mehr im Wege stehen.

Aber nun meldeten sich die ortsansässigen Glashüttenmeister, in erster Linie Angehörige der bereits genannten Familie *Heinz*, zu Wort. Um zu vermeiden, dass „Ausländer“ eine Porzellanfabrik in der Nähe ihrer Glashütten errichteten, suchten sie selbst nach einer Konzession für den Bau einer Porzellanfabrik nach (Dees 1921, S. 19). Nun musste der erst 24jährige *Humboldt* alles Fachwissen, alles diplomatische Geschick und alle Überzeugungskraft aufbieten, damit die ortsansässigen Antragsteller ihr Ansinnen zurückzogen. Auch hier gab es Hin und Her. Dabei ging es auch um den ganz konkreten Ort, wo die Manufaktur errichtet werden soll.

Um nun den i-Punkt zu setzen, begannen *Schmidt* und *Greiner* im Frühjahr 1794 auf einem Gelände, das sie zwischenzeitlich in Tettau – also nicht in Schauberg – erworben hatten, auch ohne Konzession mit dem Bau der Porzellanfabrik. Obwohl keine Bewilligung vorlag, schrieben sie recht selbstbewusst am 7. September 1794 an den König:

> „Die Herstellung der von Eurer Königl. Majestaet uns allergnädigst concedirten Porzellain-Fabrique ist nun soweit gediehen, daß wir in 3 Wochen längstens zu brennen anfangen können ...“ (Schmidt/Greiner 1794)

Dem König blieb wohl nur, gute Miene zu den vollendeten Tatsachen zu machen. Jedenfalls sendete *von Hardenberg* am 18. September 1794 den Entwurf eines vom König zu unterzeichnenden „Privilegiums“ nach Berlin. Der König gab seine Unterschrift. Das signierte „Privilegium“ wurde an Staatsminister *von Hardenberg* nach Ansbach zurückgesandt. In einem im Staatsarchiv Bamberg vorhandenen Begleitschreiben vom 31. Dezember 1794 informierte dieser die Königliche Kammer zu Bayreuth, dass er das

> „Privilegium für den Kaufmann Schmidt aus Coburg und den Porzellanfabrikanten Greiner aus Kloster Veilsdorf zur Errichtung einer Porzellanfabrik zu Tettau ... auf Seiner Königlichen Majestät allergnädigsten Spezialbefehl“

zur Weiterleitung an die beiden Unternehmer zurückgebe (Hardenberg 1794). In dem Brief folgten noch Festlegungen, wie mit dem Holz und den Steuern zu verfahren sei. Ohne die engagierte Unterstützung des Vorhabens durch *Humboldt* wäre dieser Schritt wohl nicht erfolgt.

Fazit einer wenig bekannten Tätigkeit Alexander von Humboldts

Auf der Basis seiner naturwissenschaftlich-technischen Grundlagenkenntnisse und seines Studiums der Kameralistik sowie der Mineralogie, des Bergbaus und Hüttenwesens war *Humboldt* in der Lage, in kürzester Zeit das Wesentliche der Porzellanherstellung zu verstehen, kritisch zu bewerten und Vorschläge zur Verbesserung zu unterbreiten.

Durch Besuche, Berichte, Gutachten oder umfangreiches persönliches Engagement nahm *Humboldt* direkt oder auch nur indirekt auf die Herstellung von Haushaltsporzellan Einfluss in den Manufakturen in (alphabetische Reihung) Berlin, Bruckberg, Frankenthal, Höchst, Nymphenburg und Tettau. Gleichzeitig bewirkte er durch Erwähnung in Gutachten und Berichten, die meist von vielen Interessierten gelesen wurden, die Fixierung und Weiterleitung von umfangreichem Wissen zur Porzellanherstellung, ohne dass es zwingend von ihm selbst erarbeitet wurde. So verfuhr er letztlich in allen seinen späteren Veröffentlichungen.

Anhand der Fakten ist davon auszugehen, dass *Humboldts* Analyse des Misslingens der Erprobung eines zwei-etagigen Rundofens für den Porzellanbrand in Bruckberg und seine den Oberbergrat *Rosenstiel* überzeugenden Vorschläge für eine geänderte Konstruktion desselben dazu beitrugen, dass

dieser Ofentyp in der Königlichen Porzellanmanufaktur in Berlin ebenfalls installiert und hier erfolgreich erprobt wurde. Er trat dann seinen Siegeszug in der deutschen Porzellanindustrie an und bestimmte dort über 150 Jahre das Brenngeschehen.

Literaturverzeichnis und Quellen aus Archiven

Bergling, Friedrich (1794): Über das Brennen in einem Rundofen. Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg, KPM-Archiv, Sign. 184, Bl. 50r–51r, Berlin August 1794

Dees, K. Otto (1921): Die Geschichte der Porzellanfabrik zu Tettau und die Beziehungen Alexander v[on] Humboldts zur Porzellanindustrie. Saalfeld in Thüringen

Hardenberg, Karl August, Graf von (1793): Erlaß vom 24. November 1793 an die Kammer in Bayreuth. Staatsarchiv Bamberg, Markgraftum Brandenburg-Kulmbach-Bayreuth, Hofkammer, Nr. 9799, Bl. 9r

Hardenberg, Karl August, Graf von (1794): Begleitschreiben vom 31. Dezember 1794 zum Privileg für die Porzellanfabrik Tettau. Staatsarchiv Bamberg, Markgraftum Brandenburg, Kulmbach-Bayreuth, Hofkammer, Nr. 9799, Bl. 116r

Heinitz, Friedrich Anton Freiherr von (1792): Entwurf [in Friedrich Wilhelm Rosenstiels Handschrift] eines Briefes vom 23. Juni 1792 an den Minister von Hardenberg in Vorbereitung auf Alexander von Humboldts Besuch in den Fürstentümern Ansbach und Bayreuth. Berlin: Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz, I. HA, Rep. 121, Ministerium für Handel und Gewerbe, Berg-, Hütten- und Salinenverwaltung, Nr. 2085, Bl. 6r–7v

Humboldt, Alexander von (1791): Brief an Friedrich Anton Freiherr von Heinitz am 14. Mai 1791. Berlin: Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz, I. HA, Rep. 121, Ministerium für Handel und Gewerbe, Berg-, Hütten- und Salinenverwaltung, Nr. 2085, Bl. 1r–2r

Humboldt, Alexander von (1792a): Bericht. Über den Zustand des Bergbaus und Hütten-Wesens in den Fürstenthümern Bayreuth und Ansbach nebst Beylagen über die Saline zu Gerabronn und Schwäbischhall, die Porzellan Fabrike zu Brukberg, das Vitriolwerk am Schwefelloch, die Natur des Eisens, der Schmalte und die Entstehung der Schwefel-Säure beÿ der Alaun- und Vitriol-Fabrication (vom 12. Juli bis 5. August 1792). Eingereicht von dem Ober-Bergmeister A. v. Humboldt mittelst Bericht vom 17. April 1793. Berlin: Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz, I. HA, Rep. 121, Ministerium für Handel und Gewerbe, Berg-, Hütten- und Salinenverwaltung, Nr. 6970

Humboldt, Alexander von (1792b): Protokoll der Beratung in Ansbach am 5. September 1792. Protokollführer: Alexander von Humboldt. Berlin: Archiv der Stiftung Berliner Stadtmuseum, Inventar-Nr. IV 77/280, Sachgruppe Q, 2 Blatt (4 Seiten)

Humboldt, Alexander von (1793a): Bericht an von Heinitz über einen Versuch in der Königlichen Porzellanmanufaktur Berlin zum Einfluss von Sauerstoff auf das Einbrennen von Porzellanfarben vom 5. März 1793. Berlin: Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg, KPM-Archiv, Sign. 186, Bl. 60r–61v

Humboldt, Alexander von (1793b): Brief an König Friedrich Wilhelm II. von Preußen vom 28. April 1793. Berlin: Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz, I. HA, Rep. 121, Ministerium für Handel und Gewerbe, Berg-, Hütten- und Salinenverwaltung, Nr. 2085, Bl. 12r–13r und 15r

Humboldt, Alexander von; Tornesi, Otto Heinrich (1793c): Gutachten über das Gesuch zur Errichtung einer Porzellanfabrik in Schauberg vom 4. November 1793. Staatsarchiv Bamberg, Markgraftum Brandenburg-Kulmbach-Bayreuth, Hofkammer, Nr. 9799, Bl. 3r–8r

Humboldt, Alexander von (1793d): Brief an König Friedrich Wilhelm II. vom 7. November 1793. Berlin: Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz, II. HA, Generaldirektorium, Abt. 36, Ansbach/Bayreuth VII, Nr. 205, Bl. 33r–34v

Humboldt, Alexander von (1793e): Brief an Amtmann Johann Valentin Fränkel in Lauenstein am 2. Dezember 1793. Staatsarchiv Bamberg, Markgraftum Brandenburg-Kulmbach-Bayreuth, Oberland, Nr. 4416, Bl. 17–18

Humboldt, Alexander von (1794): Das Schürfen auf Braunstein und Kobelt bei Wunsiedel betreffend. Frankfurt am Main, den 20. Oktober 1794. Staatsarchiv Bamberg, Kriegs- und Domänenkammer, Nr. 7111, Bl. 39

Humboldt, Alexander von (1795): Die Existenz des Kobelts bei Wunsiedel betreffend. Bayreuth, den 18. März 1795. Staatsarchiv Bamberg, Kriegs- und Domänenkammer, Nr. 7111, Bl. 42r–43v

Humboldt, Alexander von (1959): Über den Zustand des Bergbaus und Hüttenwesens in den Fürstentümern Bayreuth und Ansbach im Jahre 1792. Eingeleitet und bearbeitet von Herbert Kühnert in Verbindung mit O[scar] Oelsner. Berlin 1959 (= Freiberger Forschungshefte D 23)

Humboldt, Alexander von (1973): Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts 1787–1799. Hrsg. von Ilse Jahn und Fritz G[ustav] Lange. Berlin 1973 (= Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, 2)

Humboldt, Alexander von (2012): Alexander von Humboldt – Gutachten zur Steingutfertigung in Rheinsberg 1792. Hrsg. von Dagmar Hülsenberg und Ingo Schwarz. Berlin 2012 (= Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, 35)

Humboldt, Alexander von (2014): Alexander von Humboldt – Gutachten und Briefe zur Porzellanherstellung 1792–1795. Hrsg. von Dagmar Hülsenberg und Ingo Schwarz mit einer Studie von Dagmar Hülsenberg. Berlin, Boston 2014 (Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, 42)

Kolbe, Gustav (1863): Geschichte der Königlichen Porcellanmanufactur in Berlin: nebst einer einleitenden Übersicht der geschichtlichen Entwickelung der ceramischen Kunst, in Veranlassung des hundertjährigen Bestehens der König. Manufactur. Berlin 1863, Reprint Leipzig 1981

Schmidt, Johan Friedrich Paul; Greiner, Georg Christian Friedmann (1794): Anzeige vom 17. September 1794 an den preußischen König über die Eröffnung des Fabrikationsbetriebes in der Porzellanfabrik Tettau. Staatsarchiv Bamberg. Markgraftum Brandenburg-Kulmbach-Bayreuth, Hofkammer. Bl. 101r–101v

Schwarz, Ingo (Hg.) (2019): Alexander von Humboldt – Chronologie. In: edition Humboldt digital, hrsg. v. Ottmar Ette. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. Berlin. Version 5 vom 11.09.2019. [http://edition-humboldt.de/v5/H0000002]

Stieda, Wilhelm (1906): Die keramische Industrie in Bayern während des XVIII. Jahrhunderts. Leipzig 1906 (XXIV. Band der Abhandlungen der Philologisch-Historischen Klasse der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, [4–6])

Weber, Franz Joseph (1798): Die Kunst das ächte Porzellain zu verfertigen. Hannover

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 63–81*

Karl-Heinz Bernhardt

Alexander von Humboldts Wirken für die Klimatologie aus heutiger Sicht

1. Humboldt und kein Ende?

Die große Anzahl neuer Publikationen, Vortragsveranstaltungen, Ausstellungen und andere Formen öffentlicher Aufmerksamkeit im Jubiläumsjahr für *Alexander von Humboldt* (1769–1859), der zwanzig Jahre nach *Johann Wolfgang von Goethe* (1749–1832) und rund fünf Jahrzehnte vor *Karl Marx* (1818–1883) und *Friedrich Engels* (1820–1895) geboren wurde, legen den eingangs gewählten Slogan nahe. Die Gründe dafür liegen allerdings weniger, wie bei „Shakespeare und kein Ende" darin,

> „daß es scheinen möchte, als wäre nichts mehr zu sagen übrig, und doch ist das die Eigenschaft des Geistes, daß er den Geist ewig anregt",

wie *Goethe* (WA I/41,1, S. 52) 1813 meinte (übrigens wurde *Humboldt* selbst auf Festakten in Moskau anlässlich seines hundertsten Geburtstages im Jahre 1869 als „Shakespeare der Wissenschaften" bezeichnet, wie *Wulf* [2016, S. 25], quellengestützt zu berichten weiß).

Humboldt hingegen ist nicht nur als Naturforscher und Wissenschaftsvermittler, sondern auch als „früher Ökologe, Europa-Kritiker und Anti-Rassist" (Dill 2019) für die gegenwärtigen Auseinandersetzungen um die Zukunft der Menschheit in ihrem Verhältnis zur Natur hoch aktuell.

In diesem Kontext sollen im Folgenden fünf Beiträge *A. v. Humboldts* ideen- und institutionengeschichtlicher Art zur Klimatologie seiner Zeit in ihrem inneren Zusammenhang dargestellt werden – betrachtet aus heutiger Sicht, da die Klimatologie aus einer ehemals akademischen Wissenschaft zu einem politisch hoch relevanten und Volksmassen bewegenden Agens geworden ist. Zu einer kurzen Charakteristik des Standes von Meteorologie und Klimatologie zu Zeiten *A. v. Humboldts* sei auf unsere Arbeit (Bernhardt 2003, Abschnitt 2) verwiesen.

2. Der Klimabegriff bei Alexander v. Humboldt

> „Der Ausdruck Klima bezeichnet in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsre Organe merklich afficiren: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des atmosphärischen Druckes, den ruhigen Luftzustand oder die Wirkungen ungleichnamiger Winde, die Größe der electrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder ihre Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Exhalationen, endlich den Grad habitueller Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels, welcher nicht bloß wichtig ist für die vermehrte Wärmestrahlung des Bodens, die organische Entwicklung der Gewächse und die Reifung der Früchte, sondern auch für die Gefühle und ganze Seelenstimmung des Menschen.“ (Humboldt 1845, S. 340)

Dieser Klimabegriff ist keine Definition im Sinne der oder entgegen den zeitgenössischen Auffassungen der Klimatologie zu *Humboldts* Zeiten als „geographischer Teil der Meteorologie“, der späteren „klassischen“ Begriffsbestimmung des Klimas als mittlerer Zustand der Atmosphäre und durchschnittlicher Verlauf der Witterung oder der modernen Definition des Klimas als statistische Beschreibung des langzeitigen Verhaltens meteorologischer Elemente (z.B. Schneider-Carius 1961; Hupfer 1991, S. 37ff.).

Während diese Definitionen aber keinen unmittelbaren Bezug auf den Menschen nehmen, umfasst der um biometeorologische Aspekte erweiterte *Humboldt'sche* Klimabegriff gerade den Komplex der atmosphärischen Einwirkungen auf Physis und Psyche des menschlichen Organismus. Er sollte uns anregen, bei der Diskussion des Klimawandels – z.B. der Auswirkung von Hitzewellen – anstelle der Betrachtung allein des Temperaturverlaufs das Verhalten weiterer physikalischer und chemischer (!) Parameter zu verfolgen!

Schon die Wärmebelastung des Organismus wird nicht nur von der Lufttemperatur, sondern im Sinne *Humboldts* auch von Wind, Luftfeuchte, „Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels“ und „Wärmestrahlung des Bodens“ bestimmt, was heute durch die Einführung zusammengesetzter Parameter, wie der „gefühlten Temperatur“ oder der PET (physiological equivalent temperature) beschrieben werden kann.

„Afficirt“ werden aber auch die Sinnesorgane, wobei die Gesamtheit der Sinnesempfindungen in das auch ästhetische Aspekte einschließende *Humboldt'sche* Naturgemälde einfließt. Erinnert sei an die tagesperiodisch schwankende Hörbarkeit von Naturgeräuschen – den „Humboldteffekt“, die nächtliche Verstärkung des Schalles (vgl. Ertel 1955), über die *Humboldt* im Jahre 1820 vor der französischen Akademie der Wissenschaften berichtete (Humboldt 1850, S. 370–397) –, aber auch an atmosphärisch-optische Erscheinungen, wie Regenbögen und Halophänomene oder die Purpurdämmerung, zuletzt im Sommer 2019 über Mitteleuropa als Folge der strato-

sphärischen Aerosolanreicherung durch ausgedehnte Waldbrände in Alaska und Sibirien. Und der Geruchssinn zeugte im Jahre 2018 bis in die Bundeshauptstadt von den Waldbränden in ihrer Umgebung!

Besonders aktuell in Zeiten globalen Klimawandels ist der von *Humboldt* angesprochene luftchemische Wirkungskomplex im Rahmen einer Chemie des Klimasystems (Möller 2010), wobei die zitierte Monographie auch umfangreiche Daten (Abschnitt 2.8) über den Einfluss des Menschen auf die Luftchemie, darunter zu Emission und Immission von Luftverunreinigungen, von *Humboldts* Zeiten bis zur Gegenwart enthält. Aus heutiger Sicht wäre z.B. auf die spektakulären Smogkatastrophen des 20. Jahrhunderts (London 1952, Ruhrgebiet 1962 u.a.) zu verweisen, in der Zeit zunehmender Häufigkeit und Andauer extremer Witterungsereignisse auf die hohen Schadstoffkonzentrationen in einigen Metropolen Chinas und einigen Städten Italiens während der Hitzewellen des Sommers 2015 und neuestens auf die gefährlichen Feinstaubkonzentrationen im Umfeld der australischen Buschbrände.

Enthält so der weit gefasste *Humboldt'sche* Klima*begriff* zahlreiche Anregungen zur Bewertung der Auswirkungen von Klimaten und deren Veränderungen auf den Menschen als biopsychosoziale Einheit und damit zur „Klimakommunikation", so ist dieser Klimabegriff auf Grund seiner Bezugnahme auf zu „afficirende" Organe nicht auf menschenleere Regionen, wie die Stratosphäre – ganz zu schweigen von der Atmosphäre erdähnlicher Planeten! – anwendbar. Unverzichtbar für eine moderne Klima*definition* dürfte aber vor allem ein Bezug auf Raum- und Zeitstruktur atmosphärischer Zustände und Prozesse und deren Beschreibung mittels statistischer Methoden und Parameter sein (z.B. Hupfer 1991; IPCC 2014, S. 131).

3. Alexander v. Humboldts Karte der Jahresisothermen

In einer französischsprachigen Abhandlung aus dem Jahre 1817 (Humboldt 1817), die er später die „ausgezeichnetste" seiner Arbeiten nannte (nach Biermann 1971, S. 277f.), führte *Humboldt* zur Beschreibung der „Verteilung der Wärme auf der Erde" die „isothermen Linien" ein, von ihm im „Kosmos" später als „Beginn der vergleichenden Klimatologie" gewertet (Humboldt 1845, S. 340). Ganz in diesem Sinne hat *Engels* in seinen Notizen und Fragmenten zur Dialektik der Natur Jahrzehnte danach das

> „vergleichende Element in Anatomie, Klimatologie (Isothermen), Tier- und Pflanzengeographie (wissenschaftliche Reiseexpeditionen seit Mitte 18. Jahrhunderts), überhaupt physikalischer Geographie (Humboldt), das Zusammenbringen des Materials in Zusammenhang"

unter den „Breschen“ in die noch vorherrschende „konservative Naturanschauung“ gewürdigt (MEW 20, 1978, S. 466; vgl. auch MEGA I, Bd. 26, S. 34, 297 und unseren Kommentar dazu, ebenda, Apparat, S. 874).

Kartendarstellungen von Isolinien waren freilich schon vor den *Humboldt'schen* isothermen Linien bekannt, z.B. in Gestalt der Isogonen – der Linien gleicher Deklination, der Winkelabweichung zwischen magnetischer und geographischer Meridianrichtung, wie sie schon den Seefahrern des 16. Jahrhunderts bekannt waren und auch von *Edmond Halley* (1656–1742) ein Jahrhundert vor *A. v. Humboldt* gezeichnet wurden (vgl. Körber 1987, S. 172).

Die von *Humboldt* gezeichnete und an anderer Stelle publizierte Isothermenkarte (dazu Körber 1959) eines großen Abschnittes der Nordhalbkugel von 20° westlicher bis 120° östlicher Länge von Paris wurde im Anschluss an *Gustav Hellmann* (1854–1939) (Hellmann 1897) vielfach reproduziert (Abb. 1). Sie beruhte auf Jahresmitteltemperaturen von 58 sorgfältig ausgewählten Orten und damit auf Messdaten im Gegensatz zu seinerzeit geläufigen Darstellungen auf Grund mathematischer Spekulationen über die Abhängigkeit der Temperatur an der Erdoberfläche von der geographischen Breite. Der Isothermenkarte ist noch eine Skizze der mittleren Höhenlage isothermer Flächen von 0°C bis 20°C in Abhängigkeit von der geographischen Breite beigefügt, womit *Humboldt* neben dem Konzept der isothermen Linien auch das der isothermen Flächen zugeschrieben werden kann.

Isolinien fanden im Anschluss an *Humboldt* in der Klimatologie rasche Verbreitung. So führte *Heinrich Wilhelm Dove* (1803–1879) im Jahre 1848 Monatsmittelisothermen, 1851 auch „Isanomalen“ als Linien gleicher Abweichung vom Breitenkreismittel der Temperatur und schließlich 1864 „Isametralen“ zur Charakterisierung der interanuellen Schwankungen, d.h. der mittleren Temperaturschwankungen im Jahresverlauf, ein (Details bei Bernhardt 2008, S. 72ff.)

Isobaren als Linien gleichen Luftdruckes kamen ebenfalls in der Klimatologie, vor allem aber noch zu *Humboldts* Lebzeiten in der sich herausbildenden synoptischen Meteorologie, der eigentlichen „Wetterkunde“, zur Anwendung, z.B. bei der Analyse von zwei Sturmwetterlagen des Jahres 1842 über den Vereinigten Staaten durch *Elias Loomis* (1811–1889) und später in den von *Urbain J. J. Leverrier* (1811–1877) seit 1863 regelmäßig herausgegebenen täglichen Wetterkarten (Beispiele bei Körber 1987, S. 174ff.; Bernhardt 2003, S. 206).

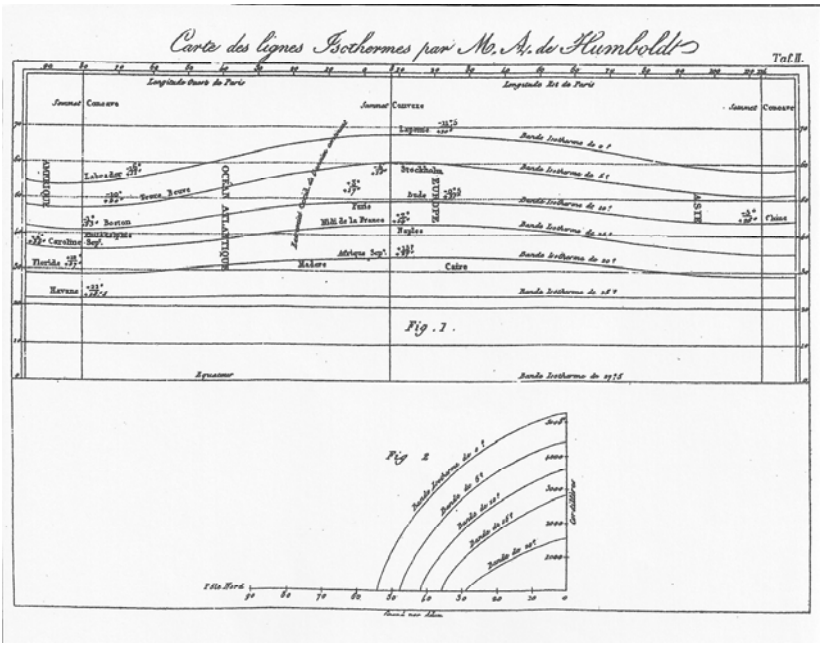

Abb. 1: Humboldts Isothermenkarte aus dem Jahr 1817
(Hellmann 1897, Tafel II)

4. Alexander von Humboldts Einblick in das Klimasystem

Bereits die noch sehr schematische Isothermenkarte *Humboldts* zeigte deutlich die – übrigens im westlichen und östlichen Kartenausschnitt unterschiedliche Krümmung – der Jahresmittelisothermen gegenüber den Breitenkreisen, also den Unterschied zwischen dem realen und dem „solaren“, nur vom breitenabhängigen Einfall der Sonnenstrahlung bestimmten Klima.

Entsprechend seinem später im „Kosmos“ (Humboldt 1845, S. 31) formulierten Prinzip einer „denkenden Betrachtung der durch Empirie gegebenen Erscheinungen als eines Naturganzen“ hat *Humboldt* bereits in der Arbeit über die isothermen Linien (Humboldt 1817) die „fremdartigen Ursachen“ für die Abweichungen des realen vom solaren, durch die geographische Breite bestimmten Klima namhaft gemacht und dabei die Zirkulationsverhältnisse, den Einfluss des Ozeans, Neigung und Beschaffenheit des Erdbodens, Orographie sowie Schnee- und Eisbedeckung des Festlandes genannt.

Damit sind die Komponenten des heute so genannten Klimasystems – Pedo- bzw. Lithosphäre, Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre – umrissen, aus deren ständiger Wechselwirkung („perpetuirlichem Zusammenwirken“) Klima- und Klimawandel erwachsen. Die Grenzen des betont an der Empirie orientierten Herangehens *Humboldts* zeigten sich in dessen (ähnlich wie *Goethes*, vgl. Bernhardt 2000, S. 72, 92) sehr skeptischer Beurteilung der Aussichten einer Wettervorhersage, die erst mit der Anwendung mathematisch-analytischer Methoden bei der Beschreibung des hochkomplexen Systems im Sinne einer „mathematischen Betrachtung der Klimate“ (Humboldt 1845, S. 341; Holl 2018, S. 41) Wirklichkeit wurde und die im weiteren auch erste Klimavorhersagen ermöglichte (Latif 2000) – Negation der Negation des durch einfache mathematische Formeln beschriebenen „solaren Klimas“!

> „Die specifische Beschaffenheit des Luftkreises ist abhängig von dem perpetuirlichen Zusammenwirken einer durch Strömungen von ganz entgegengesetzter Temperatur durchfurchten Meeresfläche mit der wärmestrahlenden trocknen Erde, die mannigfaltig gegliedert, erhöht, gefärbt, nackt oder mit Wald und Kräutern bedeckt ist“,

heißt es schließlich im „Kosmos“ (Humboldt 1845, S. 304).

Ungeachtet der häufigen Bezugnahme auf *Humboldts* Beiträge zur Klimatologie wurde seine Charakteristik des komplexen Klimasystems über mehr als ein Jahrhundert lang nicht aufgegriffen und stattdessen beispielsweise versucht, Wirkungen auf Klimaelemente durch „Klimafaktoren“ zu beschreiben (vgl. Bernhardt 2016a). Erst mit der „Entdeckung des Planeten Erde“ im Gefolge des Internationalen Geophysikalischen Jahres und der nachfolgenden weltweiten Kooperation zur Erforschung der Atmosphäre und des Ozeans, z.B. dem Globalen Atmosphärischen Forschungsprogramm (GARP, 1967–82), dem Weltklimaprogramm (WCP, 1979) und der Gründung des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC, „Weltklimarat“, 1988) werden Betrachtung und graphische Darstellung des Klimasystems, auch als „Erdsystem“ bezeichnet, seit dem letzten Viertel des 20. Jahrhunderts zum Standard in der Klimaforschung und -diskussion, aus denen in Sachstands- und Zustandsberichten regelmäßig über das Klimasystem und seine Komponenten informiert wird.

Abbildung 2 zeigt aus GARP 1975 eine der ersten modernen schematischen Darstellungen des Klimasystems einschließlich einiger externer und interner Wechselwirkungen, die den über viele Zeitbereiche permanenten Klimawandel hervorbringen, der gleichsam als Daseinsweise des Klimas

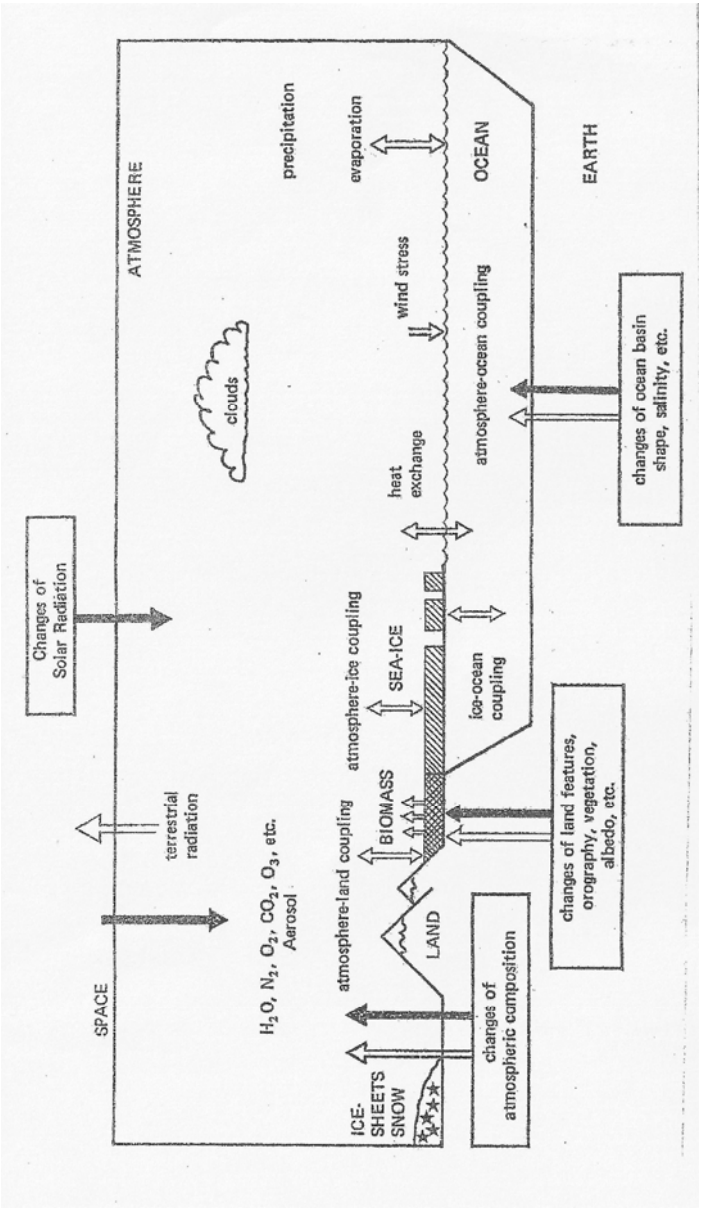

Abb. 2: Schema des Klimasystems der Erde

Nach GARP 1975, S. 14 mit Beispielen für externe (ausgefüllte Pfeile) und interne Wechselwirkungen (hohle Pfeile).

anzusehen ist. Das hier vorgestellte Klimasystem stellt ganz im Sinne *Humboldts* „eine allgemeine Verkettung nicht in einfach linearer Richtung, sondern in netzartig verschlungenem Gewebe dar“, als das er die gesamte Natur betrachtete (Humboldt 1845, S. 33; vgl. auch Holl 2018, S. 40).

Wenn auch eine unmittelbare Wirkung von *Humboldts* wohl bedeutsamstem Beitrag zum Verständnis von Klima und Klimawandel für die heutige systemische Betrachtung des Klimas und seiner Veränderungen wissenschaftshistorisch kaum nachweisbar sein dürfte, ist seine Aktualität unübersehbar. Das betrifft auch weitere Details der *Humboldt'schen* Ausführungen, z.B. die Hervorhebung der Rolle des Ozeans und der Meeresströmungen.

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand hat der Ozean circa ein Viertel des seit der industriellen Revolution anthropogen emittierten Kohlendioxids absorbiert und nimmt gegenwärtig etwa 93% des im Rahmen der globalen Strahlungsimbalance des Klimasystems anfallenden Energieüberschusses auf, von dem je 3% auf die Erwärmung der Festlandsmassen und den Energieverbrauch für die weltweite Gletscherschmelze, aber nur ca. 1% auf die Erwärmung der Atmosphäre entfallen. Die viel diskutierte „globale Erwärmung“ – gemeint ist der Anstieg der weltweit gemittelten Lufttemperatur an der Erdoberfläche! – betrifft also in Wahrheit vorrangig den Temperaturanstieg im Ozean, der zusammen mit dem Zufluss von Schmelzwasser einen weltweiten Meeresspiegelanstieg von derzeit über 1 mm/Jahr bewirkt!

Wegen weiterer Details wird auf IPCC (2014) sowie auf Bernhardt (2014, 2016b) verwiesen, zur Kenntnis des jeweils aktuellen Zustandes des Klimasystems auf die alljährlichen Verlautbarungen der Meteorologischen Weltorganisation, die in der Zitierweise analog zu (WMO 2018) im Internet verfügbar sind.

Neuestens sind im Jahre 2019 zwei Sonderberichte des IPCC über „Klimawandel und Landsysteme“ bzw. „Ozean und Kryosphäre“ erschienen – also zu drei der erstmals von *Humboldt* namhaft gemachten Komponenten des Klimasystems nach heutigem Verständnis, wobei in beiden Dokumenten sowohl die Effekte der genannten Komponenten *für* als auch ihre Reaktion *auf* den derzeitigen Klimawandel, also die gesamte Wechselwirkung zwischen dem Klimawandel und den betrachteten Komponenten des Klimasystems, analysiert werden.

Die Verkennung des hochkomplexen Klimasystems mit seinen vielfältigen positiven und negativen Rückkoppelungen ist andererseits erkenntnistheoretische Quelle für die Leugnung entweder des gegenwärtigen Klimawandels überhaupt bzw. des Umfangs und seiner Folgen, besonders aber seines anthropogenen Anteils durch eine weltweite Gilde von „Klimaskep-

tikern“, die sich selbst als „Klimarealisten“ im Gegensatz zu den „Alarmisten“ oder „Klimahysterikern“ sehen („Klimahysterie“ wurde zu Recht zum Unwort des Jahres 2019 gewählt!).

Eine exponierte Stellung nimmt dabei EIKE ein – ein nach eigenen Angaben im Jahre 2007 ins Leben gerufenes, ausschließlich privat finanziertes „Europäisches Institut für Klima und Energie“ mit Briefkastenadresse in Jena, das unter dem Motto „Nicht das Klima ist bedroht, sondern unsere Freiheit“, mit ständigen Stellungnahmen gegen anerkannte Klimaforscher, namhafte nationale wie internationale Institutionen (Wetterdienste, WMO, IPCC) sowie gegen Maßnahmen der rigoros abgelehnten Klimapolitik, insbesondere einer Energiewende, hervortritt. Im „Grundsatzpapier Klima“ wird verkündet: „Es gibt kein ‚Globalklima’, sondern nur Klimazonen von polar bis tropisch.“

Ein drastisches Beispiel für die Auswirkungen einer kleinräumig-kurzzeitigen Betrachtung und (Miss-)deutung von „Klima“-Phänomenen haben wir bereits an Hand der winterlichen Witterungsverhältnisse in Teilen Europas und der USA im Dezember des Jahres 2010 – am Ende des nach WMO-Angaben bis dahin beobachteten weltweit wärmsten Jahres – vorgestellt (vgl. Bernhardt 2012). EIKE hatte sich unter Hinweis auf die genannten Witterungsereignisse um die Jahreswende 2010/11 unter dem 23.12.2010 in rüden Beschimpfungen der „Klimaforscher und ihnen hörige(n) Politiker“ ergangen. Ein Blick in die Wetterkarte hätte den Schmähautoren zeigen können, dass in einer stark mäandrierenden Strömung zwar winterliche Witterungsverhältnisse in Mittel- und Westeuropa herrschten, zugleich aber an der ostgrönländischen Station Angmagssalik nahe dem Polarkreis im Dezember 2010 mehrere frostfreie Nächte beobachtet wurden und die Dezembermitteltemperatur dieser Station nahezu 3°C über der von Tegel lag! Und eine Kartendarstellung (*Humboldt’sche* Isolinien!) von Anomalien der Lufttemperatur im Dezember 2010 demonstriert neben erheblichen negativen Abweichungen im mitteleuropäischen Raum und über Teilen der USA teils extreme positive Anomalien über dem Osten Kanadas, dem europäischen Nordmeer und auch im Süden Osteuropas!

5. A. v. Humboldt und der Einfluss des Menschen auf das Klima

Der Mensch beeinflusst das Klima durch „Fällen der Wälder, durch Veränderung in der Vertheilung der Gewässer und durch die Entwicklung großer Dampf- und Gasmassen an den Mittelpunkten der Industrie“, wobei aber unter den verschiedenen, das Klima bestimmenden Ursachen „die bedeut-

samsten nicht auf kleine Localitäten beschränkt, sondern von Verhältnissen der Stellung, Configuration und Höhe des Bodens und von den vorherrschenden Winden abhängig“ sind (zitiert nach Holl 2018, S. 38), schrieb *Humboldt* 1844.

Entgegen „Mythen und Fakten“ zu „Alexander von Humboldt und der Klimawandel“, wie sie *Holl* in dem genannten Aufsatz jüngst analysiert hat, hat *Humboldt* nicht den globalen Klimawandel unter dem Einfluss des Menschen vorhergesehen und vor ihm gewarnt, wohl aber anthropogene Veränderungen der Erdoberfläche und Stoffeinträge in die Atmosphäre als Faktoren menschlichen Einflusses auf das Klima und dessen Veränderung in lokalem bis regionalem Maßstab benannt. Das mag trivial erscheinen, ist es aber nicht angesichts der Tatsache, dass „Klimaskeptiker“ anderthalb Jahrhunderte nach *Humboldt* wesentliche anthropogene Einflüsse auf das Klima rundweg leugnen: „Die Natur, nicht menschliche Aktivität, bestimmt das Klima“, heißt es beispielsweise apodiktisch im Titel eines von *Fred Singer* (1924–2020) – immerhin einem Atmosphären- und Raumfahrtphysiker sowie emeritierten Professor in einem Fachbereich Umweltwissenschaften! – herausgegebenen Buch (Singer 2008).

Unter den klimabeeinflussenden menschlichen Veränderungen der Erdoberfläche hat *Humboldt* am ausführlichsten die Rodung der Wälder behandelt, wie aus den zahlreichen, bei (Holl 2018, S. 41–44) zusammengestellten Zitaten hervorgeht. Dabei hat er in noch heute gültiger Weise die Rolle der Waldbestände für den Strahlungs-, Wärme- und Feuchteumsatz in der bodennahen Grenzschicht beschrieben, allerdings den modifizierenden Effekt auf das bodennahe Windfeld anscheinend nicht betrachtet. Bemerkenswerterweise hat *Humboldt* kurz vor seinem Tod daran erinnert,

> „[...] dass der größere Teil des Klimas nicht in dem Orte selbst, wo die Entholzung vorgeht, sondern viele hundert Meilen davon entfernt gemacht wird“ (zitiert nach Holl 2018, S. 44).

Er war sich also in diesem Zusammenhang der räumlichen Wechselwirkung in dem von ihm skizzierten Klimasystem (vgl. Abschnitt 4) wohl bewusst!

Weitere Warnungen *Humboldts* vor den Folgen der „Entholzung“ in verschiedenen Weltregionen und Klimagebieten und deren Rezeption durch zeitgenössische und spätere Autoren hat *Andrea Wulf* (Wulf 2015 S. 24, 86, 88) zusammengestellt und schließlich an *Humboldts* Überzeugung erinnert:

> „Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze nach Maß- und Zahlverhältnissen kennt.“ (Humboldt 1845, S. 79f.)

Die in dem Zitat am Anfang dieses Abschnittes angesprochenen klimaverändernden menschlichen Eingriffe in das Gewässersystem hat *Humboldt* in engem Zusammenhang mit Abholzung und Ackerbau behandelt, dies insbesondere im Gefolge seiner Expedition durch Südamerika (1799–1804) sowie der russisch-sibirischen Reise (1829) und deren Auswertung wiederum im Sinne einer denkenden Betrachtung der Empirie. Genannt seien seine Betrachtungen nach dem Besuch des Valenciasees in Venezuela (z.B. Wulf 2015, S. 88 u.a). Neben den Auswirkungen der Entwässerung, z.B. durch die von den spanischen Eroberern angelegten Kanäle im Hochtal von Mexiko, beschäftigten ihn besonders die im Detail bereits umrissene Rolle der Wälder im Wärme- und Wasserhaushalt und im Zusammenhang damit die Folgen der Abholzung durch die europäischen Siedler, die *Hans-Otto Dill* im Sinne *Humboldts* als „Sünden der Europäer wider die Ökologie" kennzeichnete (Dill 2019, S. 14).

Auf *Humboldts* Betrachtungen zu Wald, Wasser und Klima bezog sich nach *Holl* auch *Carl Fraas* (1810–1875) in seinen Arbeiten über die Geschichte von Klima und Pflanzenwelt, einschließlich der Auswirkungen menschlicher Tätigkeit auf die Bodenfruchtbarkeit (Holl 2018, S. 46). An die Publikationen von *Fraas* wiederum knüpfte *Marx* an (vgl. hierzu Saito 2016), z.B. mit der Feststellung,

> „dass die Kultur – wenn naturwüchsig fortschreitend – und nicht bewusst beherrscht [...] Wüsten hinter sich zurücklässt." (Marx an Engels, 25.3.1868, MEW 32, S. 53)

Und *Engels* warnte gerade im Zusammenhang mit den klimatischen Folgen der Entwaldung zur Gewinnung urbaren Landes vor den vermeintlichen „Siegen über die Natur", die „in zweiter und dritter Linie [...] ganz andre, unvorhergesehene Wirkungen" zeitigen (MEW 20, S. 452) – eine Mahnung wohl ganz im Sinne *Humboldts*!

Die in eingangs dieses Abschnittes an dritter Stelle unter den menschlichen Einflussfaktoren auf das Klima zitierte „Entwicklung großer Dampf- und Gasmassen" betrifft nicht die unteren Randbedingungen atmosphärischer Zustände und Prozesse, die in ihrer mit statistischen Methoden zu beschreibenden Gesamtheit das Klima darstellen, sondern verändert die Eigenschaften des atmosphärischen Mediums selbst, insbesondere in der Wechselwirkung mit den kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen, darunter dem „Glashauseffekt". Dessen Beschreibung durch *Joseph Fourier* (1768–1830) als Ursprung einer „Wärmestrahlung der Erdoberfläche gegen das Himmelsgewölbe", aber auch als „wichtig [...] für alle thermischen Ver-

hältnisse, ja man darf sagen für die ganze Bewohnbarkeit unseres Planeten“ hat *Humboldt* zur Kenntnis genommen (zitiert nach Holl 2018, S. 49; vgl. Humboldt 1850, S. 46), aber offensichtlich mit der industriellen Emission „großer Gasmassen“ nicht in Verbindung gebracht.

Erst *Svante Arrhenius* (1859–1927) umriss die Konsequenzen zunehmenden CO_2-Gehaltes der Atmosphäre für deren Temperaturregime (Arrhenius 1896), meinte allerdings später im Zusammenhang mit „Klagen darüber, daß die in der Erde angehäuften Kohlenschätze von der heutigen Menschheit ohne Gedanken an die Zukunft verbraucht werden“ beschwichtigend:

> „Durch Einwirkung des erhöhten Kohlensäuregehaltes der Luft hoffen wir uns allmählich Zeiten mit gleichmäßigeren und besseren klimatischen Verhältnissen zu nähern, besonders in den kälteren Teilen der Erde; Zeiten, da die Erde um das Vielfache erhöhte Ernten zu tragen vermag zum Nutzen des rasch anwachsenden Menschengeschlechtes.“ (Arrhenius 1908, S. 57)

Die Einsicht in die Folgen des anthropogen verstärkten Treibhauseffektes für die weitere globale Erwärmung und das ozeanisch-atmosphärische Zirkulationsregime, die nach heutiger Erkenntnis die Ernährungssicherheit erheblicher Teile der Weltbevölkerung in Gefahr zu bringen und die Bewohnbarkeit ganzer Regionen in Frage zu stellen drohen, ließ noch Jahrzehnte auf sich warten!

Zu *Humboldts* Lebzeiten übrigens stieg die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre von ihrem „vorindustriellen“ Wert um 280 ppm nur allmählich auf ca. 300 ppm an (vgl. die Darstellungen bei Möller 2010, S. 256–257), die globalen anthropogenen Kohlenstoff-Emissionen lagen unter 3Gt/Jahr und rührten im wesentlichen von Forstwirtschaft und anderen Formen der Landnutzung her (vgl. IPCC 2014, S. 45), und die Dekadenmitteltemperaturen von vier mitteleuropäischen Stationen blieben durchweg um mehr als 1,5 K unter denen (inzwischen weit übertroffenen Werten) der Dekade 2001–2010 (vgl. Bernhardt 2016b, S. 29). Auch die Mitteltemperaturen in Berlin und Umgebung, wohin *Humboldt* im Jahre 1827 zurückkehrte (Näheres vgl. Wulf 2015, S. 241ff.), stiegen zu seinen Lebzeiten zwar zunächst leicht an, fielen aber in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wieder deutlich ab und begannen erst um die Jahrhundertwende anhaltend zu steigen, bevor sie nach einem neuerlichen leichten Rückgang nach 1950 in den seither beherrschenden Anstiegstrend übergingen, wie z.B. aus den Kurvendarstellungen bei (Cubasch/Kadow 2011) hervorgeht.

Der globale Klimawandel in seiner heutigen Gestalt mit seinen dramatischen Folgen war für *Humboldt* weder von seinem physikalischen Hintergrund, noch von seinem in Maß und Zahl erfassbaren Verlauf vorhersehbar.

Humboldts Verdienst ist und bleibt es, die Mechanismen des menschlichen Einflusses auf das Klima in nach wie vor gültiger Weise aufgezeigt und in diesem Zusammenhang vor leichtfertiger Missachtung von Naturgesetzen gewarnt zu haben!

6. Alexander v. Humboldt und die Meteorologie in Berlin

> „Zwanzig Barometer und besonders Thermometer, gut vertheilt an sichere Personen, würden merkwürdige Contraste zeigen. An vielen Punkten wird schon beobachtet, aber nicht berechnet [...] In welchem Lande spricht man mehr von Wassermangel, Seichterwerden der Flüsse u.s.w., und wo im Preussischen Staate wird Regen gemessen? nicht einmal in Berlin! Viele haben die tiefste Verachtung für diese neuen Hauptelemente der Beurtheilung von Dürre, Misswachs, Verschiedenheit der Kornpreise, Anwendung auf Schifffahrt – und doch ist ohne Geld nichts, gar nichts zu thun!“,

schrieb *Humboldt* am 13. August 1844 an *Carl Friedrich Wilhelm Dieterici* (1790–1859), Direktor des Königlichen Statistischen Büros, bei dem auch Wetterbeobachtungen gesammelt und aufbewahrt wurden, wie sie in Berlin seit der Gründung der Brandenburgischen Sozietät der Wissenschaften – der späteren Preußischen Akademie der Wissenschaften – durch *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646–1716) im Jahre 1700 an verschiedenen Orten, allerdings uneinheitlich, angestellt wurden. (Zitate nach Hellmann 1887).

Und in einem Begleitschreiben zu einem Memorandum von *Dieterici* vom 17. Dezember 1845 an den Präsidenten des Handelsamtes, *Friedrich von Rönne* (1798–1865), verwies *Humboldt* auf den „innigen Zusammenhang, in dem unläugbar alle klimatischen Veränderungen und meteorologischen Prozesse mit den Kornpreisen und einem grossen Theile der Gewerbe stehen“ und führte weiter aus:

> „Wärme und Feuchtigkeit sind die wichtigsten Elemente des Pflanzenlebens und, ohne numerische Angaben des Maasses ihrer Veränderungen in verschiedenen Jahren, den Küsten nahe, oder im Innern des ebenen oder bergigen Landes, ist alles Raisonnement über die Ursachen des Misswachses ein leeres Gespräch. In keiner Region wird soviel über Dürre geklagt, als bei uns, und im ganzen Deutschland sind Regenmessungen häufiger, als in dem Preussischen Staate [...] Unvorsichtige Entholzung der Höhen hat nicht blos [...] seit Jahren die Wassermengen der Oder, der Elbe und des Rheins gleichmässig verändert, es hat auch durch Kultur des Bodens die allgemeine Luftfeuchtigkeit abgenommen [...] Es ist hier einer der glücklichen Fälle, wo die Erweiterung wissenschaftlicher Kenntnisse unmittelbar mit dem practischen Nutzen für Ackerbau, Gewerbe und Medicinalwesen zusammen hängt.“ (Zitate nach Hellmann 1887)

In die Vorschläge *Humboldts* zur Gründung eines Instituts flossen also seine Erkenntnisse über den Einfluss des Wettergeschehens auf Wirtschaft und Gesundheit, über kleinräumige mesoklimatische Unterschiede und über anthropogene Einflüsse auf das Klima durch Landnutzung ein! Auf *Humboldts* Rolle bei der Einrichtung meteorologischer und erdmagnetischer Messnetze „in dem weiten Russischen Reich", besonders bei der Gründung des Geophysikalischen Hauptobservatoriums (GGO) St. Petersburg, die er bei seiner Argumentation für die Gründung eines meteorologischen Instituts in Preußen geschickt zur Sprache brachte, sei hier nur verwiesen (u.a. ausführlich bei Bernhardt 1984 und insbesondere bei Körber 1997).

1847 wurde das Preußische Meteorologische Institut unter Leitung von *Wilhelm Mahlman* (1812–1848) gegründet, nach dessen Tod von *Dove* geleitet und 1885 reorganisiert. Sein neuer Direktor, *Wilhelm von Bezold* (1837–1907), war zugleich Inhaber des ersten Lehrstuhles für Meteorologie in Deutschland und seit 1886 ordentliches Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften.

Das Institut, dessen Entstehungs- und Wirkungsgeschichte bis in die Zeit nach dem zweiten Weltkrieg ausführlich von (Körber 1997) beschrieben ist, diente zugleich Lehrzwecken der Berliner Friedrich-Wilhelms-Universität, an der erst 1934 ein eigenes Meteorologisches Institut gegründet wurde, das sich in den Räumen der Bauakademie befand, die nach dem Bombenangriff am 3. Februar 1945 ausbrannte.

Den Neubeginn der Meteorologie an der am 29. Januar 1946 neu eröffneten Berliner Universität, der im Jahre 1949 noch vor Gründung der DDR auf Antrag von Rektor und Senat der Name Humboldt-Universität verliehen wurde, haben wir an anderer Stelle skizziert (Bernhardt 1989). Das im Zusammenhang mit der Spaltung Berlins im Kalten Krieg 1949 aus Berlin-Dahlem nach Berlin-Friedrichshagen verlagerte Meteorologische Institut – seit 1947 Institut für Meteorologie und Geophysik der Humboldt-Universität – bildete den späteren Bereich Meteorologie und Geophysik der Sektion Physik der Humboldt-Universität, wurde nach dem Beitritt der DDR zur BRD zunächst als Meteorologisches Institut weiter geführt, aber am 30. September 1996 geschlossen (vgl. Börngen et al. 2015, S. 82–86). An der Ende des Jahres 1948 gegründeten Freien Universität Berlin dagegen war im Jahr 1949 ein Institut für Meteorologie errichtet worden, an dem die von *Humboldt* inaugurierte meteorologische Forschung und Lehre praxisnah weiter betrieben wird (vgl. z.B. Gebauer 2016).

Die letztlich auf *Humboldts* Engagement zurückführbare Einrichtung meteorologischer Messnetze im Berliner Raum bildet bis heute die Grund-

lage für zahlreiche Veröffentlichungen über Klima und Klimawandel in dieser Region, von denen einige aus neuerer Zeit genannt seien: (Hupfer/Chmielewski 1990; Cubasch/Kadow 2011; Hupfer et al. 2013; Gebauer 2016).

Ein weiterer Bezug *Humboldts* zur Meteorologie in Berlin resultiert aus seiner Mitgliedschaft in der bereits erwähnten *Leibniz'schen* Gelehrtengesellschaft, in die – damals „Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres" genannt – er im Jahr 1800 während seiner Südamerikaexpedition in Abwesenheit zum außerordentlichen Mitglied gewählt, vom König bestätigt und im Jahre 1805 in den Rang eines ordentlichen Mitgliedes dieser Preußischen Akademie der Wissenschaften erhoben wurde. Beispiele seines vor allem wissenschaftsorganisatorischen und -fördernden Wirkens in der Akademie hat (Pieper 2002) mit weiteren Literaturhinweisen dargestellt.

Die entsprechend einem Gesuch des Chefs der Deutschen Verwaltung für Volksbildung und des letzten Präsidenten der Preußischen Akademie der Wissenschaften am 1. Juli 1946 auf deren Grundlage – insbesondere auch ihres Personalbestandes – durch Befehl der Sowjetischen Militäradministration eröffnete Deutsche Akademie der Wissenschaften (vgl. Archiv BBAW), seit 7.10.1972 Akademie der Wissenschaften der DDR, begnügte sich nicht mit der Konstituierung einer Alexander-von-Humboldt-Kommission (1956–1969) unter Leitung des damaligen Vizepräsidenten *Hans Ertel* (1904–1971) und der Durchführung von wissenschaftlichen Konferenzen und Festakten in den Humboldt-Jubiläumsjahren 1959, 1969 und 1984, sondern eröffnete der Meteorologie und verwandten geowissenschaftlichen Disziplinen ein neues Wirkungsfeld: Bereits mit ihrer Eröffnung und auf der Grundlage ihrer ersten Satzung wurde die Akademie Träger eigener Forschungsstellen und wissenschaftlicher Institute. *Werner Scheler* (1923–2018) hat diese Entwicklung bis zur Akademiereform im Jahre 1968 und danach (Scheler 2000, S. 181–271) dokumentiert und einen Überblick über Institute und Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften der DDR Anfang des Jahres 1990 gegeben (S. 391–456). Unter den acht Einrichtungen auf dem Wissenschaftsgebiet Geo- und Kosmoswissenschaften haben insbesondere das Heinrich-Hertz-Institut für Atmosphärenforschung und Geomagnetismus, das Institut für Meereskunde und das Institut für Geographie und Geoökologie im Sinne *Humboldts* Forschungen zum Klimasystem und seinen Komponenten, zur Einwirkung atmosphärischer Zustände und Prozesse auf den Menschen sowie zum Klimawandel und seinem anthropogenen Anteil durchgeführt.

Nach dem Beitritt der DDR zur Bundesrepublik wurden die Forschungsinstitute von der Gelehrtengesellschaft getrennt und deren Mitgliedern im

Juli 1992 von einem Berliner Senator mitgeteilt, dass ihre Mitgliedschaft „mit der Beendigung der früheren Gelehrtengesellschaft erloschen“ und eine Überführung der annähernd 400 Mitglieder in die neu konstituierte Berlin-Brandenburgische Akademie nicht vorgesehen sei (vgl. Klinkmann/ Wöltge 1999, S. 163ff.). Daraufhin gründeten Mitglieder der für beendet erklärten Gelehrtengesellschaft im darauffolgenden Jahr 1993 die Leibniz-Sozietät e.V. als privatrechtlichen Verein, der bis Jahresende etwa 100 Mitglieder der Akademie der DDR beitraten (a.O., S. 277ff.). Mit den seit 1994 wieder alljährlich durchgeführten geheimen Zuwahlen ist die Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin durch die nunmehr über mehr als drei Jahrhunderte fortgeführte Auswahl ihrer Mitglieder und deren Wirken historisch unauflöslich mit der im Jahre 1700 gegründeten Sozietät und den nachfolgenden, mit verschiedenen Namen belegten Wissenschaftsakademien verbunden.

Zahlreiche von ihren derzeit über 300 Mitgliedern sind in den Nachfolgeeinrichtungen der oben genannten ehemaligen Akademieinstitute auf dem Gebiet der Geo- und Kosmoswissenschaften tätig oder arbeiten auf *Humboldts* Spuren im Arbeitskreis Geo-, Montan-, Umwelt-, Weltraum- und Astrowissenschaften (GeoMUWA) mit, der im Jahr 2000 auf Anregung von *Heinz Kautzleben*, ehemals Direktor des Zentralinstituts für Physik der Erde (ZIPE) und später des Instituts für Kosmoswissenschaften der Akademie der Wissenschaften der DDR, gegründet und von ihm als Sprecher geleitet wurde (vgl. Banse et al. 2018, S. 75–82).

Die Leibniz-Sozietät sieht sich, wie ihre Vorgänger bis zurück zur Preußischen Akademie der Wissenschaften, der Pflege des *Humboldt'schen* Erbes, darunter seines Wirkens für die Wissenschaft in Berlin verpflichtet. Neuestes Zeugnis dafür ist das „Mosaicum zum Denken, Wollen und Wirken Alexander von Humboldts“ am 22.10.2019 anlässlich seines 250. Geburtstages, dem auch der vorliegende Beitrag entstammt. Wie alle wissenschaftlichen Veranstaltungen der Leibniz-Sozietät von ihrem Beginn an war auch diese öffentlich – sicher im Sinne *Humboldts* und seiner legendären „Kosmos“-Vorlesungen!

Literatur

Archiv der BBAW, Bestand AL 661, Befehl der SMAD Nr. 187

Arrhenius, S. (1896): On the influence of carbon acid in the air upon the temperature of the ground. In: Philosophical Magazine, 41 (215), S. 238–276

Arrhenius, S. (1908): Das Werden der Welten. Leipzig

Banse, G.; Küttler W.; Rothe, H.-J. (Hg) (2018): 25 Jahre Leibniz-Sozietät – Vielfalt des wissenschaftlichen Lebens 1993–2018. (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, 137)

Bernhardt. K.-H. (1978): Globale physikalische Prozesse und Gesellschaft. Humboldt-Vorlesung 1978. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe XXVII, Heft 2, S. I–XVII

Bernhardt, K.-H. (1984): Alexander von Humboldts Auffassung vom Klima und sein Beitrag zur Einrichtung von meteorologischen Stationsnetzen. In: Zeitschrift für Meteorologie, 34, S. 213–217

Bernhardt, K.-H. (1989): Zum Neubeginn der Berliner Meteorologie bis zum Jahre 1949. In: Beiträge zur Geschichte der Humboldt-Universität zu Berlin, Heft 23, S. 52–58

Bernhardt, K.-H. (2000): Goethe, die Meteorologie – und kein Ende? In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, 43, S. 63–100

Bernhardt, K.-H. (2003): Alexander von Humboldts Beitrag zu Entwicklung und Institutionalisierung von Meteorologie und Klimatologie im 19. Jahrhundert. In: Algorismus, 41, S. 195–221

Bernhardt, K.-H. (2008): Heinrich-Wilhelm Dove (1803–1879) und seine Stellung in der Geschichte der Berliner Meteorologie. In: Dahlemer Archivgespräche, 14, S. 61–100

Bernhardt, K.-H. (2012): Klima im Wandel. LIFIS ONLINE (http:/www.leibniz-institut.de/archiv/bernhardt_01_02_12.pdf; auch in: 10 Jahre LIFIS – 5 Jahre LIFIS ONLINE. Eine Auswahl von Beiträgen aus den Jahren 2007 bis 2012)

Bernhardt, K.-H. (2014): Das Klimasystem der Erde im Licht des fünften IPCC-Sachstandsberichtes. In: Leibniz Online, Nr. 16 (www.leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2014/11/bernhardt.pdf)

Bernhardt, K.-H. (2016a): Komplexität und Einfachheit im Klimasystem der Erde. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, 125/126, S. 25–47

Bernhardt, K.-H. (2016b): Klima und Menschheit im Wandel. In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, 129, S. 23–45

Biermann, K.-R. (1971): Streiflichter auf geophysikalische Aktivitäten Alexander von Humboldts. In: Gerlands Beiträge zur Geophysik, 80, S. 277–291

Börngen, M., Hupfer, P., Sonntag, D., Weickmann, L. A. (2015): Das Geophysikalische Institut der Universität Leipzig aus Anlass der 100. Wiederkehr des Gründungsjahres. (= Geschichte der Meteorologie in Deutschland 9). Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main

Cubasch, U.; Kadow, C. (2011): Global Climate Change and Aspects of Regional Climate Change in the Berlin-Brandenburg Region. In: DIE ERDE, 142, Heft 1–2, S. 3–20

Dill, H.-O. (2019): Alexander von Humboldt – früher Ökologe, Europa-Kritiker und Anti-Rassist. Marxistische Blätter. Sonderdruck zum 250. Geburtstag und zum Aktionstag von „fridays for future“. Essen, S. 3–21

Ertel, H. (1955): Ein Problem der meteorologischen Akustik (Die tagesperiodische Variation der Schallintensität). In: Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik, Physik und Technik 1955, Nr. 2

GARP: The physical basis of climate and climate modelling. GARP Publ. Ser. No. 16, 1975

Gebauer, P. (Red.) (2016): Berliner Klimafibel. 100 Jahre Wetteraufzeichnungen. Berliner Wetterkarte e.V. (2. Aufl.). Berlin

Goethe, W. v.: Shakespeare und kein Ende! In: Goethes Werke, Weimarer Ausgabe (WA) I/41, 1, S. 52–71

Hellmann, G. (1887): Geschichte des Königlich Preussischen Meteorologischen Instituts von seiner Gründung im Jahre 1847 bis zu seiner Reorganisation im Jahre 1885. In: Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1885, herausgegeben von dem Königlich Preussischen Meteorologischen Institut, S. XX–LXIX

Hellmann, G. (1897): Meteorologische Karten. Berlin (Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus, No. 8)

Holl, F. (2018): Alexander von Humboldt und der Klimawandel: Mythen und Fakten. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien. HiN XIX, 37, S. 37–56

Humboldt, A. v. (1817): Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur de la globe. In: Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil, 3, S. 462–602

Humboldt, A. v. (1844): Central-Asien. Untersuchungen über die Gebirgsketten und die vergleichende Klimatologie. Berlin

Humboldt, A. v. (1845): Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung, Bd. 1. Stuttgart, Tübingen

Humboldt, A. v. (1850): Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung, Bd. 3. Stuttgart, Tübingen

Humboldt, A. v.(1853): Kleinere Schriften. Erster Band. Stuttgart, Tübingen

Hupfer, P.; Chmielewski. F.-M. (1990): Das Klima von Berlin. Berlin

Hupfer, P. (Hg.) (1991): Das Klimasystem der Erde. Berlin

Hupfer, P.; Becker, P.; Börngen, M. (2013): 20.000 Jahre Berliner Luft. Klimaschwankungen im Berliner Raum. Leipzig

IPCC Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). [Hauptautoren, R. K. Pachauri und L. A. Meyer (Hg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn 2016

Klinkmann, H.; Wöltge, H. (Hg.) (1999): 1992 – Das verdrängte Jahr. (= Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, 2). Berlin

Körber, H.-G. (1959): Bemerkungen über die Erstveröffentlichung der schematischen Jahresisothermenkarte Alexander von Humboldts. Forschungen und Fortschritte, 33, S. 355–358

Körber, H.-G. (1987): Vom Wetteraberglauben zur Wetterforschung. Leipzig

Körber, H.-G. (1997): Die Geschichte des Preußischen Meteorologischen Instituts in Berlin. (= Geschichte der Meteorologie in Deutschland 3). Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main

Latif, M. (2000): From weather prediction to short-range climate prediction. 50th Anniversary of Numerical Weather Prediction. Commemorative Symposium, Potsdam, 9–10 March 2000. Book of Lectures (Deutsche Meteorologische Gesellschaf e.V.)

MEGA: Marx/Engels: Gesamtausgabe I, Bd. 26. Berlin 1985

MEW: Karl Marx, Friedrich Engels, Werke, Bd. 20. Berlin 1978

MEW: Karl Marx, Friedrich Engels, Werke, Bd. 32. Berlin 1973

Möller, D. (2010): Chemistry of the Climate System. Berlin, New York

Pieper, H. (2002): „Ungeheure Tiefe des Denkens, unerreichbarer Scharfblick und die seltenste Schnelligkeit der Kombination". Zur Wahl Alexander von Humboldts in die Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres" zu Berlin (= Berliner Manuskripte zur Alexander-von-Humboldt-Forschung 17). Berlin (3. Aufl.)

Saito, K. (2016): Natur gegen Kapital. Marx' Ökologie in seiner unvollendeten Kritik des Kapitalismus. Frankfurt/M.

Scheler, W. (2000): Von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin zur Akademie der Wissenschaften der DDR. Berlin

Schneider-Carius, K. (1961): Das Klima, seine Definition und Darstellung; zwei Grundsatzfragen der Klimatologie (= Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Karl-Marx-Universität Leipzig, Zweite Serie, Bd. XVII, Heft 2). Leipzig

Singer, S. F. (Hg.) (2008): Die Natur, nicht menschliche Aktivität, bestimmt das Klima. Jena

WMO: Statement on the State of the Global Climate in 2018. World Meteorological Organization, WMO-1233, 2019.

Wulf, A. (2016): Alexander von Humboldt und die Erfindung der Natur. München

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 83–87*

Peter Kühn

Alexander von Humboldt und die innere Wärme der Erde

Seit frühester Jugend ist *Alexander von Humboldt* (1769–1859) umfassend auf sein späteres Leben vorbereitet worden. Das betrifft den Privatunterricht gemeinsam mit seinem Bruder *Wilhelm von Humboldt* (1767–1835) der Berliner Zeit, die Studienaufenthalte in Frankfurt (Oder), Göttingen, Hamburg und Freiberg. Dazu zählen insbesondere von Seiten der physikalischen Geräte die in Mode gekommenen Thermometer. Zu einer Zeit, als noch nicht klar zwischen Wärme und Temperatur unterschieden war, man noch über Wärmestoff und die Wärmeparameter der Medien (Luft, Erde, Wasser ...) spekulierte, ergab sich für *Humboldt* während seines Studiums 1791/92 in Freiberg die Möglichkeit, die „wärmeleitende Kraft“ (Wärmeleitfähigkeit) verschiedenster Materialien zu untersuchen und Grubenlufttemperaturen in größeren Tiefen und an der Erdoberfläche zu messen. Diese mit *Johann Carl Freiesleben* (1774–1846) durchgeführten Messungen sind die ersten geothermischen Messungen in einem Freiberger Bergwerk und zugleich eine wesentliche Grundlage für die Umwelt der von *Humboldt* in Freiberger Bergwerken untersuchten „unterirdischen Pflanzen“, von seinem Bruder *Wilhelm* insgesamt als „Unterirdische Meteorologie“ bezeichnet und zwar in der Vorrede zu *Humboldts* Buch: „Ueber die unterirdischen Gasarten ...“ (Humboldt 1799). *Humboldt* hatte dieses umfangreiche Werk in Salzburg und Paris erarbeitet und es stellt eine Zusammenfassung seiner Erfahrungen über die Grubenwetter in allen von ihm besuchten Bergwerken dar. Insbesondere stellt er seine Erfindung einer Sicherheitslampe für Bergleute zum Aufenthalt in nicht atembarer Luft vor, die als so genannte „*Humboldt*-Töpfe“ in zwei Exemplaren an der TU Bergakademie Freiberg heute noch vorhanden sind. Der erste Teil behandelt ausführlich *Humboldts* bis 1799 durchgeführte unterirdische Temperaturbeobachtungen in den damals nicht sehr tiefen Bergwerken und Stollen und vermittelt einen Überblick über solche Beobachtungen aus verschiedenen Regionen:

> „In den Bergwerken sah ich aber die Hitze nie über 28°R steigen, und die gewöhnliche unterirdische Wärme (von 8° bis 15°) ist die, welche der Lichtentbindung sonst am günstigsten zu seyn scheint.“ (Humboldt 1799, S. 71)

Ausführlich geht er auf die „nirgends so lange und so sorgfältigen Thermometer-Beobachtungen angestellt als in den Kellern der National-Sternwarte zu Paris“ ein:

> „Das große Thermometer welches der unsterbliche Lavoisier verfertigen ließ, enthält mehrere Pfund Quecksilber. Jeder Grad hat eine Länge von 4,3 Zoll, und man unterscheidet sehr genau an einer Glas-Scale 0,001 eines Reaumurschen Grades.“ (Humboldt 1799, S. 82)

Die Messungen erfolgten seit 1680. Die mittlere Temperatur beträgt 9,6°R; der Jahresgang beträgt 0,03 Grad. Da die Temperaturmessungen im Kalkgebirge unter der Sternwarte in einer abgeschlossenen Kammer in 13 Lachter (84 Fuß) Tiefe erfolgen, benennt *Humboldt* diesen Temperaturwert als „Central- oder innere Erdwärme“.

Nach einer Zusammenstellung von unterirdischen Temperatur-Beobachtungen: Freiberg: 9° bis 10°; Wunsiedel: nie über 8°; Wieliczka: 10°; Joachimsthal: 10°; am Harze: 10° bis 12°; Balmshöle: 9,5°; Berchtolsgaden: 8° bis 9°; zu Ischl, Halstadt und zu Aarau: 9,9°; in Custoza bey Vicenza 9.6°... weist *Humboldt*

> „[...] auf die geringe Wärmeleitungskraft der trockenen Gesteinsschicht und auf die geringe Tiefe, zu der sich die Temperatur-Veränderungen bemerkbar fortpflanzen“ hin. [...]
>
> „Allgemeine Erfahrungen belehren uns, daß die Temperatur der oberen Erdschichten (der Wohnplatz der Pflanzen und Thiere) fast ganz unabhängig von der Temperatur der unteren Schichten ist.“ (Humboldt 1799, S. 91ff.)

Ausgehend von diesen sich sehr ähnlichen Temperaturwerten (8° bis 10°; in den nicht sehr tiefen Bergwerken) diskutiert *Humboldt* die seitens *Antoine de Gesanne* (1738–1780) beobachtete Wärmezunahme mit der Tiefe der Erdschichten in den Bergwerken von Giromagnie:

> „Die zu Giromagnie bemerkte Temperatur-Zunahme müßte für das Erdzentrum zu einer Glühhitze führen, welche die Buffonschen Hypothesen weit übersteigen.“

Diese Temperaturzunahme

> „[...] wird durch alle neueren Versuche widerlegt. Die Tiefe, zu der wir mit einem Schachte eindringen, ist so unbeträchtlich, daß sie keine Temperaturerhöhung von 0,000001 Grad begründen kann. Ja! betrüge sie auch 0,5° so würde sie doch [...] für uns verschwinden.“ (Humboldt 1799, S. 103f.)

Soweit also *Humboldts* Kenntnisstand zur Geothermie vor Antritt seiner Amerikareise.

Humboldt beschaffte sich eigene Thermometer mit Unterstützung seines Freundes *Freiesleben,* als er in (Bad) Steben Verantwortung für den Bergbau

übernahm und auf allen seinen bergmännischen und sonstigen Reisen sind auch seine Thermometer ständige Begleiter. *Humboldt* gelingt es jedoch, erste Gesetzmäßigkeiten der Temperaturverteilung auf der Erde zu erkennen, er führt hierfür isotherme Linien ein, untersucht die Temperaturabnahme mit der Höhe und in allen ihm zugänglichen Tiefen (in Seen, im Meer, in Tunneln und in Bergwerken). Als später immer tiefere Bohrungen die Möglichkeiten für Tiefentemperaturmessungen boten, war *Humboldt* unermüdlich bestrebt, solche Temperaturmessungen anzuregen (nachgewiesen für die Bergwerke und Tiefbohrungen [Salinebohrungen] des Preußischen Staates und für die Bergwerke Sachsens) und die Ergebnisse international auszutauschen. Die erste geologisch stark orientierte „Wärmelehre des Inneren unseres Erdkörpers" von *Gustav Bischof* (1792–1870) in Bonn ist 1837 mit Recht „dem großen Geologen Herrn Freiherrn Alexander von Humboldt, dem umsichtigen Begründer und unermüdeten Beförderer unserer Kenntnisse von den Temperatur-Verhältnissen der Erde" gewidmet. In der ersten globalen Zusammenstellung von „Underground Temperatures" der Royal Society aus dem Jahre 1885 von *Joseph Prestwich* (1812–1896) mit einer Liste von 231 Orten belegen *Humboldts* Freiberger Werte und die seiner Amerikareise die vordersten Positionen.

Die reifen Vorstellungen *Humboldts* über die innere Wärme der Erde sind im KOSMOS niedergelegt. Im Ersten Band (1845), im Abschnitt „Naturgemälde. Allgemeine Uebersicht der Erscheinungen" gibt *Humboldt* in Anmerkung Nr. 124 (S. 80f.) eine Zusammenstellung der größten absoluten und relativen Tiefen der Grubenbaue und Bohrlöcher an, wobei hier nur auf die Bohrung Neusalzwerk verwiesen sei, die 1844 eine absolute Tiefe von 2094 $^{1}/_{2}$ Pariser Fuß (680 m) erreichte.

> „Die Temperatur des Wassers im Tiefsten stieg damals auf 32°,7 cent., was bei der Annahme von 9°,6 mittlerer Luftwärme eine Wärmezunahme von 1° auf 29^{m},6 giebt."

Humboldt verweist auf weitere Beispiele aus aller Welt und „auf die vortrefflichen analytischen Arbeiten [...]" von *Jean-Baptiste-Joseph de Fourier* (1768–1830), *Jean-Baptiste Biot* (1774–1862), *Pierre Simon Laplace* (1749–1827), *Simeon Denis Poisson* (1781–1840) u.a., die sich mit den physikalischen Grundlagen der Wärmeverhältnisse auseinandersetzen. *Humboldt* beschreibt „die unterirdische Wärme als eine allverbreitete Naturmacht, als eine Reaktion des Inneren gegen das Äußere des Erdkörpers" wie es sich in heißen Quellen, vulkanischen Prozessen und Erdbeben zeigt. Die mit der Tiefe zunehmende Wärme im Inneren des Planeten ist für ihn selbstverständlich, wobei

„[...] wir nicht mit Sicherheit bestimmen können, in welchen Tiefen die Gebirgsschichten als zäherweicht oder geschmolzen flüssig betrachtet werden sollen."

Im Vierten Band geht *Humboldt* nochmals zusammenfassend auf die „Innere Wärme des Erdkörpers und Vertheilung derselben" ein. Er steht hier vollständig auf vulkanistischer Position:

- die Erde war ursprünglich flüssig und heiß,
- ihre Oberfläche hat sich bis auf die heutige Temperatur abgekühlt,
- die Temperatur der Erde hat einen stabilen Zustand erreicht,
- die Temperatur nimmt mit der Tiefe ununterbrochen zu, was für beträchtliche Tiefen nachgewiesen wurde, z.B. durch die Wärme der Wässer artesischer Brunnen, durch Gesteinstemperaturmessungen in Bergwerken und die vulkanische Tätigkeit.

Humboldt berechnet die Tiefe der beginnenden „Schmelzhitze des flüssigen Erdinnern" auf etwa 40 km. Es standen zur damaligen Zeit nur sehr wenige Messungen über eine Temperaturzunahme mit der Tiefe zur Verfügung (geothermische Tiefenstufe X in: m/1 K)

Grenelle/Paris	32 m	Neusalzwerk/Minden	29,6 m
Pregny/Genf	29,6 m	Jakutzk – Dauerfrostboden	22 ... 26 m

Doch zeichnet sich die Größenordnung dieser Temperaturzunahme bereits deutlich ab. Einige Jahrzehnte nach *Humboldt* wurden diese Werte in der ersten über 1.000 m tiefen Bohrung Sperenberg (bei Berlin) mit ca. 30°C/km bestätigt. (vgl. Kühn 1986).

Humboldt hat sich ein tiefes Verständnis der Erscheinung Erdwärme erarbeitet. Er erkennt auch bereits den Wärmefluss durch die Erdoberfläche, ohne dafür eine Größenordnung angeben zu können.

Von den vielen unterschiedlichen Thermometern, die *Humboldt* im Laufe seines Lebens besessen hat, ist nur ein kleines Reisethermometer erhalten geblieben, welches er auf seiner Amerikareise in Honda am Rio Magdalena zum Geschenk erhalten hatte und das er *Balduin Möllhausen* (1825–1905) für dessen dritte Amerikareise geschenkt hatte (vgl. Holl 1999, Abb. S. 61)[1] – doch das ist eine weitere spannende Geschichte.

Natürlich hat sich *Humboldt* nicht nur intensiv mit Thermometern und ihren Anwendungen befasst. In seinen KOSMOS-Vorlesungen an der Berliner Sing-Akademie verweist er auf vier Werkzeuge,

1 Die Bildunterschrift lautet: Reisethermometer von Cary, London, um 1800, eines der wenigen noch existierenden Originalinstrumente Humboldts. Er schenkte es dem Reiseschriftsteller Möllhausen.

„[...] welche die Fortschritte der Wissenschaft merkwürdig gefördert haben: das Fernrohr, das Thermometer, das Barometer, und wenn es erlaubt ist eine der schönsten Entdeckungen ein Organ zu nennen, die Infinitesimal-Rechnung.“ (Humboldt 2019, S. 234)

Literaturauswahl

Bischof, G. (1837): Die Wärmelehre des Inneren unseres Erdkörpers. Ein Inbegriff aller mit der Wärme in Beziehung stehender Erscheinungen in und auf der Erde. Nach phys., chem. und geol. Untersuchungen. – Alexander von Humboldt gewidmet. Leipzig

Gerhard, J. C. L. (1831): Beobachtungen über die Temperatur im Inneren der Erde, angestellt auf verschiedenen Bergwerken im Preußischen Staate. In: Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie, Vol. 22. Berlin, S. 497–533

Holl, F. (Red.) (1999): Alexander von Humboldt. Netzwerke des Wissens (Hg.: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland GmbH). Bonn

Humboldt, A. v. (1799): Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern. Ein Beytrag zur Physik der praktischen Bergbaukunde. Braunschweig

Humboldt, A. v. (2004): KOSMOS Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Frankfurt/M.

Humboldt, A. v.; Kohlrausch, H. (2019): Die Kosmos-Vorlesung an der Berliner Sing-Akademie. Berlin

Kühn, P. (1986): Die wissenschaftliche Bedeutung der Bohrung Sperenberg bei Berlin. In: Fundgrube, Berlin XXII, Heft 1, S. 12ff.

Prestwich, J. (1886): On Underground Temperatures with Observations on the Conductivity of Rocks; on the Thermal Effects of Saturation and Imbibition: and on a Special Source of Heat in Mountain Ranges. In: Proceedings of the Royal Society, XLI. London, S. 1–116

Reich, F. (1834): Beobachtungen über die Temperatur des Gesteins in den Gruben des Sächsischen Erzgebirges in den Jahren 1830–1834. Freiberg

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 89–102*

Axel Müller, Henrik Friis, Ralf Thomas Schmitt

Alexander von Humboldt (1769–1859) – ein Protagonist der Erstellung und Förderung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung

Vorwort

Der folgende Beitrag ist die schriftliche Wiedergabe des gleichnamigen Vortrages, der im Rahmen des von der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V. organisierten Symposiums „Mosaicum zum Denken, Wollen und Wirken Alexander von Humboldts“ am 10. Oktober 2019 im Rathaus Berlin-Tiergarten gehalten wurde. Der Beitrag gliedert sich in drei Themenbereiche: (1) die Bedeutung und Funktion naturwissenschaftlicher insbesondere geowissenschaftlicher Sammlungen und Museen; (2) die Entstehung von naturwissenschaftlichen insbesondere geowissenschaftlichen Sammlungen und Museen; und (3) *Alexander von Humboldts* Beitrag zur Erstellung und Förderung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung. Thema (2) vergegenwärtigt den Stand und die Nutzung geowissenschaftlicher Sammlungen zu Lebzeiten von *Alexander von Humboldt*, um seinen Beitrag zur Erstellung und Förderung wissenschaftlicher Sammlungen besser beurteilen zu können. Dieser Vortrag ist die Einleitung für den Folgebeitrag von *Ralf Thomas Schmitt* und *Ferdinand Damaschun* „Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin“.

Die Bedeutung und Funktion von naturwissenschaftlichen insbesondere geowissenschaftlichen Sammlungen und Museen

Wissenschaftliche Sammlungen und ihr Aufbewahrungsort, die Museen, sind die kollektive Datenbank der Gesellschaft. Heutzutage haben naturwissenschaftliche Sammlungen folgende generelle *Funktionen für die Gesellschaft:*

- Naturwissenschaftliche Sammlungen sowie ihr Aufbewahrungs- und Ausstellungsort, die Naturhistorischen Museen, sind die kollektiven Datenbanken der Gesellschaft. Proben und Objekte als physische Elemente

dieser Sammlungen *dokumentieren* die Vielfalt der Natur (Diversität) und die Natur- und Kulturgeschichte von Nationen und Regionen.

- Naturwissenschaftliche Sammlungen repräsentieren die Natur, Kultur und Identität einer Nation oder Region. Somit *erzeugen* Sammlungen nationale und regionale *Identität*.
- Naturhistorische Museen sind durch die Schaustellung und Erklärung von Sammlungsobjekten eine einzigartige, vermittelnde Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Naturwissenschaftliche Ausstellungen haben das Hauptziel historische und aktuelle Wissenschaft und deren Nutzen für die Gesellschaft anschaulich und leicht verständlich zu *vermitteln*.
- Naturwissenschaftliche Sammlungen sind ästhetisch und repräsentativ. Sie *inspirieren* die Museumsbesucher und vor allem Künstler.

Heutzutage werden Museen von der Öffentlichkeit meist als „gegeben" hingenommen. Dabei wird oft vergessen, dass der Allgemeinheit zugängliche Museen eine gesellschaftliche Errungenschaft der letzten ca. 150 Jahre sind. Leider wird oft erst durch den Verlust, z.B. durch Schließung oder Zerstörung, die Bedeutung von Museen und Sammlungen der Bevölkerung bewusst. Ein aktuelles tragisches Ereignis, das dies verdeutlicht, ist das am 2. September 2018 in Rio de Janeiro niedergebrannte Naturkundemuseum von Brasilien. Innerhalb eines Tages wurden ca. 18 Millionen Sammlungsobjekte (Tierpräparate, Herbarien, Fossilien, Minerale und kulturhistorische Objekte) durch den Brand vernichtet. Der ehemalige brasilianische Präsident *Michel Temer* bezeichnete die Verluste als „nicht abschätzbar" und twitterte:

> „Heute ist ein tragischer Tag für die Museologie unseres Landes [...] Zweihundert Jahre Forschung und Wissen sind verloren gegangen." (Phillips 2018)

Marina Silva, ehemalige Umweltministerin von Brasilien, sagte, dass das Niederbrennen des Museums eine „Lobotomie [neurochirurgische Operation die zur Persönlichkeitsänderung führt] der brasilianischen Erinnerung" ist. *Luiz Duarte*, ein ehemaliger Vizedirektor des Museums, sagte gegenüber TV Globo:

> „Es ist eine unerträgliche Katastrophe. Das sind 200 Jahre Erbe unseres Landes. Das sind 200 Jahre Erinnerung. Das sind 200 Jahre Wissenschaft. Das sind 200 Jahre Kultur, Bildung."

Mércio Gomes, brasilianischer Anthropologe, bemerkt dazu:

> „Wir Brasilianer haben nur 500 Jahre Geschichte. Unser Nationalmuseum war 200 Jahre alt, aber das hatten wir und das ist nun für immer verloren." (Phillips 2018)

In diesen Aussagen wird die gesellschaftliche Bedeutung von naturwissenschaftlichen und kulturhistorischen Sammlungen vergegenwärtigt.

Neben den gesellschaftlichen Funktionen haben Sammlungen folgende wichtige *Funktionen für die Wissenschaft und Forschung:*

- Jede systematische Sammlung, d.h. gesammelte und katalogisierte Objekte, dient der Erforschung der Natur und/oder der menschlichen Geschichte und Gesellschaft.
- Sammlungen belegen Erstfunde bzw. Typen, die den Spezies- und Artbeschreibungen zugrunde liegen und auf die immer wieder zurückgegriffen wird, um diese Beschreibungen unter Anwendung neuester Analysetechnik zu präzisieren bzw. zu korrigieren.
- Sammlungen und Museen dokumentieren die Geo- und Biodiversität in zeitlicher und räumlicher Dimension und sind die logistische Grundlage für deren Verständnis und Bewahrung.
- Sammlungen sind Referenzarchive von durchgeführter Forschung.
- Sammlungen sind eine wichtige Quelle für zukünftige Forschung unter anderem um die Technologieentwicklung voranzutreiben.
- Naturwissenschaftliche Sammlungen regen zur interdisziplinären Forschung an.

Die Funktion von Sammlungen als Referenzarchive und als wichtige Quelle für zukünftige Forschung sei hier kurz an einem aktuellen Beispiel verdeutlicht. Ästhetische, historische Proben von gediegenem Silber aus den Silbergruben von Kongsberg in Norwegen schmücken heute zahlreiche Museen und Sammlungen weltweit. Diese Proben stammen teilweise aus der Anfangszeit des Silberbergbaus, d.h. dem 17. Jahrhundert. Ursprünglich wurde angenommen, dass das gediegene Silber aus reinem Silber besteht. 1852 publizierte *Carl F. A. Hartmann* (1796–1863) die Ergebnisse einer von *Theodor Scheerer* (1813–1875) durchgeführten Analyse eines Silberkristalls, die 1,9 Gew.-% Quecksilber und 0,7 Gew.-% Antimon im Silber nachwies (Hartmann 1852). Mit der damaligen Analysetechnik konnte jedoch nicht geklärt werden, wie Quecksilber und Antimon im Silber verteilt sind und ob unterschiedliche Minerale das gediegene Silber aufbauen. Eine neue Studie von *Jana Kotková* und Co-Autoren (Kotková et al. 2018) unter Verwendung von 44 historischen Silberproben aus der Mineralsammlung des Bergwerkmuseums von Kongsberg zeigt, dass das gediegene Silber mineralogisch komplex aufgebaut ist. Neben dem „intrinsischen“ Quecksilber- und Antimon-Gehalt des Silbers sind Einschlüsse von Allargentum ($Ag_{1-x}Sb_x$), Dyskrasit (Ag_3Sb), Pyrargyrit (Ag_3SbS_3), Jalpait (Ag_3CuS_2), Akanthit (Ag_2S)

und Tetraedrit ($Cu_6Cu_4(Fe, Zn)_2Sb_4S_{13}$) nachgewiesen worden. Diese an historischen Proben gewonnenen Erkenntnisse geben neue Hinweise über den Ursprung des Silbers und der Genese der Kongsberger Silberlagerstätte.

Weiterhin haben Sammlungen *Funktionen für die Ausbildung und Lehre:*

- Sammlungsobjekte sind, bedingt durch ihre Materialität unersetzlich für die naturwissenschaftliche als auch technische Ausbildung und Lehre. Ein Beispiel hierfür ist die *Mohs'sche* Härte von Mineralen, die nur physisch bestimmt werden kann.
- Schausammlungen, der ausgestellte Teil der Sammlungen, dienen der Allgemeinbildung.

Aus den Funktionen der Sammlungen ergeben sich die Werte: der wissenschaftliche, der kulturhistorische, der ästhetische und der materielle Wert. Es muss hier betont werden, dass der materielle Wert oder der Marktwert einer Sammlung kein Qualitätskriterium einer Sammlung ist. Die Aufgabe der Museen und anderer sammlungsaufbewahrender Institutionen als auch der Gesellschaft ist die Bewahrung und die Erweiterung von Sammlungen für kommende Generationen. Wir können heute nicht die zukünftige Bedeutung und Nutzung von Sammlungen ermessen, tragen jedoch die Verantwortung, die Sammlungen den nächsten Generationen im bestmöglichen Zustand zu übergeben.

Geowissenschaftliche Sammlungen unterscheiden sich von biologischen durch ihre zusätzliche zeitliche Dimension. Sie erfassen den Zeitraum von der Entstehung unseres Sonnensystems vor etwa 4,6 Milliarden Jahren (z.B. Chondrite) bis heute (z.B. durch gegenwärtige Vulkanausbrüche oder Ablagerungen erzeugte Gesteine). Darüber hinaus dokumentieren Gesteine und Minerale in Form von Kunstwerken (Steinskulpturen, Felsritzungen) und Steinwerkzeugen gemeinsam mit Relikten des Bergbaus und der Metallproduktion, wie Schlacken und Legierungen (z.B. Bronze), die kulturelle und technologische Entwicklung der Menschheit.

In jüngster Zeit, bedingt durch die Entwicklungen auf dem Gebiet der Digitalisierungstechniken, wird zunehmend hinterfragt, ob naturwissenschaftliche Objekte nicht durch Digitalisate in Datenbanken komplett ersetzt werden können. Die Frage muss mit einem klaren „nein" beantwortet werden. Objekte haben im Gegensatz zum Digitalisat eine spezifische Materialität (Zusammensetzung, Oberflächenbeschaffenheit, Härte, Geruch etc.), die aktuell durch den Digitalisierungsprozess noch nicht erfasst werden kann.

Bedingt durch die Materialität ist die wichtigste Charakteristik objektbezogener naturwissenschaftlicher Sammlungen, dass Objekte unter Zuhilfe-

nahme ständig neuer Methoden immer wieder neu beprobt und analysiert (z.B. chemisch, spektroskopisch, etc.) werden können, um das Wissen über die Probe zu erweitern. Andererseits haben Datenbanken und Digitalisierung gegenüber Objekten den Vorteil, dass sie einen schnellen Austausch objektbezogener Daten mit anderen Forschungsinstitutionen oder mit der Öffentlichkeit ermöglichen. Digitalisierte Daten erleichtern die Katalogisierung und damit den Zugriff auf Sammlungsobjekte. Sie erlauben statistische Erhebungen und die digitale Verknüpfung von Datenbanken unterschiedlicher Sammlungen.

Die Entstehung von naturwissenschaftlichen insbesondere geowissenschaftlichen Sammlungen und Museen

Menschen waren seit jeher Sammler, ob zum Nahrungserwerb, aus Wissensgier oder Liebhaberei. Der Ausgangspunkt der Entstehung wissenschaftlicher Sammlungen ist die dem Menschen innewohnende Sammelleidenschaft, Neugierde aber auch Selbstdarstellung.

In der Renaissance vom 14. bis zum 16. Jahrhundert begann sich das Sammeln von Raritäten in der Aristokratie zu verbreiten, zum Teil bedingt durch das steigende Interesse an Naturphänomenen, aber auch durch die Entdeckung und Erkundung der Neuen Welt. Die mehr oder weniger zufällig erworbenen Objekte, „Exotizität“ war das Haupterwerbskriterium, wurden in Wunderkammern und Kuriositätenkabinetten gesellschaftlich Gleichgestellten zur Schau gestellt. Zweck war hauptsächlich die Selbstpräsentation.

Aus dem 16. Jahrhundert sind die ersten spezialisierten Mineraliensammler bekannt. Diese sammelten und dokumentierten insbesondere Mineralfunde aus dem sich in Europa ausbreitenden Bergbau. Der bekannteste Mineraliensammler dieser Zeit war der deutsche Arzt, Apotheker und Wissenschaftler *Georgius Agricola* (1494–1555), der auch eines der ersten modernen Lehrbücher der Mineralogie *De Natura Fossilium* (Agricola, 1546) verfasste.

Paulus Eber (1511–1569) schrieb über *Agricola:*

> „Er pries die Güte derer, die von verschiedenen Orten mannigfaltige Arten von Erzen schickten, und zählte die Gruben vieler Völker auf, aus denen er etliche Erzstücke in seiner Sammlung besitze, die an dem einen Orte in dieser Gestalt und auf diese Weise, an dem anderen in anderer Gestalt und auf andere Weise entständen.“ (Engewald 1994)

Agricola besaß demnach eine umfangreiche Mineralsammlung, die er kontinuierlich durch neue Belegstücke ergänzte (Engewald 1994). Leider ist der Verbleib dieser Sammlung unbekannt.

Um 1640 eröffnete der dänische Naturphilosoph *Ole Worm* (1588–1654) das *Museum Wormianum*, das erste „moderne“ naturhistorische Museum. Das Museum umfasste umfangreiche Sammlungen von Mineralen, Pflanzen, Tieren und vom Menschen hergestellten Gegenständen, die *Worm* katalogisierte, in seinem Museum ausstellte und Wissbegierigen zeigte. Sein Museum sollte nicht nur ein Kuriositätenkabinett sein, sondern eine Quelle des Lernens und Verstehens. Man sollte die Objekte selber sehen und anfassen können und darüber nachdenken.

Aus einigen Sammlungen der Kuriositätenkabinette der Aristokratie entstanden in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die ersten öffentlichen Naturalienkabinette, die einem breiteren Publikum, vor allem Wissenschaftlern und dem aufsteigenden Bürgertum, zugänglich gemacht wurden. Zweck dieser Sammlungen war das zunehmende Interesse der Dokumentation von Naturphänomenen und das themenorientierte, systematische Sammeln. Etwa zur gleichen Zeit wurden die ersten umfangreichen Lehrsammlungen der entstehenden europäischen Bergakademien aufgebaut (1757 Gründung des Bergseminares in Kongsberg, Norwegen; 1765 Gründung der Bergakademie in Freiberg; 1770 Gründung der Bergakademie in Berlin und 1773 Gründung des Bergbauinstitutes in St. Peterburg). Die Sammlungen, die in diesen zwei Parallelentwicklungen entstanden, bildeten ab Mitte des 19. Jahrhunderts die Grundlage für die Etablierung der nationalen naturhistorischen Museen.

Systematisierung von Naturobjekten, insbesondere Mineralen

Eine Voraussetzung der effektiven Nutzung von Sammlungen für die Lehre und Wissenschaft war die Systematisierung der Objekte und damit auch der Sammlungen. Die entscheidende Grundlage für die Systematisierung war die von dem schwedischen Naturforscher *Carl von Linné* (1707–1778) eingeführte moderne botanische und zoologische Taxonomie, ein einheitliches Klassifikationsschema. In seinem Werk *Systema Naturae* (Linné 1735) beschrieb und klassifizierte er alle bekannten Pflanzen und Tiere. Jedoch erst in der 10. Auflage von *Systema Naturae* von 1758 erweiterte *Linné* seine Taxonomie um eine grobe Klassifizierung für Minerale und Gesteine, wobei er drei Klassen unterschied: Petræ (Gesteine), Mineræ (Minerale und Erze) und Fossilia (Fossilien und „Aggregate“).

Tabelle 1 listet die weitere Entwicklung der Systematisierung am Beispiel der Minerale auf. Die erste umfassende, auf der Morphologie bzw.

Tab. 1: Einige Meilensteine der Entwicklung der Systematisierung am Beispiel der Minerale

Erscheinungs-jahr	Autor	Klassifizierungskriterien	Bedeutung
1805	Friedrich Mohs	Morphologie/Kristallform	Erste kristallographische Klassifikationen
1816	Jöns Jacob Berzelius	Mineralchemie	Erste chemische Klassifikationen
1837	James Dwight Dana	Kristallform	Weiterentwicklung einer morphologischen Klassifikation
1852	Gustav Rose	Kristallform und Mineralchemie	Erste Verknüpfung von kristallographischen und chemischen Kriterien
1854	James Dwight Dana	Kristallform und Mineralchemie	Übernahme der Klassifikationskriterien von Rose
1941	Hugo Strunz	Mineralchemie und Kristallstruktur	Verwendung der Kristallstruktur an Stelle der Kristallform
1950	Max Hutchinson Hey	Mineralchemie	Heute zum Teil noch in Großbritannien angewendet
1997	Richard V. Gaines et al.	Mineralchemie und Kristallstruktur	Aktualisierung der Dana-Systematik, heute vor allem in Nordamerika angewendet
2001	Hugo Strunz und Ernst H. Nickel	Mineralchemie und Kristallstruktur	Aktualisierung der Strunz-Systematik, heute vor allem in Europa angewendet

Kristallform der Minerale basierende Klassifikation wurde 1805 von *Friedrich Mohs* (1773–1839) vorgeschlagen (Mohs 1805). Dieses wurde später durch *James Dwight Dana* (1813–1895) übernommen und weiterentwickelt (Dana 1837). Bereits 1816 folgte, aufgestellt von dem schwedischen Chemiker *Jöns Jacob Berzelius* (1779–1848), die erste Klassifikation, die die Mineralchemie als Kriterium benutzt (Berzelius 1816). Dieser Ansatz wurde von *Max Hutchinson Hey* (1904–1984) weiterverfolgt und modernisiert (Hey 1950). Der deutsche Mineraloge *Gustav Rose* (1798–1873) publizierte 1852 die erste Systematisierung, die auf der Verknüpfung von kristallmorphologischen und chemischen Kriterien basiert (Rose 1852). Auch *Dana* übernahm 1854 für seine Systematik dieses Grundprinzip. Diese Art der Systematisierung wurde 1940 durch *Hugo Strunz* (1910–2006) modernisiert, in dem an Stelle der Kristallmorphologie nun die nach Entdeckung der Röntgenstrahlung analysierbare Kristallstruktur berücksichtigt wird (Strunz 1941). Die heute angewendeten Klassifikationen basieren auf der von *Rose* entwickelten Systematik und verwenden zur Einteilung die Mineralchemie in Kombination mit der Kristallstruktur (Gaines et al. 1997; Strunz/Nickel 2001),

während in Großbritannien auch noch weiterhin die ausschließlich auf der Mineralchemie basierende Systematik von *Hey* benutzt wird (Hey 1950).

In der Biologie hatte *Linné* mit der 1735 eingeführten Systematik ein praktikables Gerüst für die wissenschaftliche Nutzung von Sammlungen eingeführt. Spätestens ab diesem Zeitpunkt waren die Sammlungsobjekte neben Lehrobjekten eine wichtige Forschungsgrundlage und Beleg für reproduzierbare und vergleichende Untersuchungen.

Mit dem steigenden wissenschaftlichen Anspruch entwickelten sich die Sammlungen weiter und wurden ab der Mitte des 19. Jahrhunderts integraler Bestandteil der neu gegründeten naturwissenschaftlichen Museen, in welchen die Objekte in systematischer Weise aufbewahrt und ausgestellt sind. Nicht mehr die „Kuriosität" stand nun im Vordergrund, sondern der Informationsgehalt und dessen Nutzung für Forschung und Bildung. Die Gründung der naturwissenschaftlichen Museen wurde begünstigt durch das Erstarken des Bürgertums und des Bedürfnisses nach breiterer Bildung, den ersten großen Forschungsreisen, der Industrialisierung und der nun die Gesellschaft stark beeinflussenden Wissenschaft.

Alexander von Humboldts Beitrag zur Erstellung und Förderung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung

Alexander von Humboldt als Sammler und Begründer von Lehrsammlungen

Alexander von Humboldt (1769–1859) war von der Natur stark fasziniert und sammelte bereits als Kind Gesteine, Minerale und Pflanzen. Während seines 8-Monate-Studiums 1791 in Freiberg an der Bergakademie (Abb. 1) begann er die Sammeltätigkeit für das Königliche Mineralienkabinett in Berlin. 1791 schrieb er an *Dietrich Ludwig Gustav Karsten* (1768–1810), den Direktor des Mineralienkabinetts und der Königlichen Bergakademie in Berlin:

> „Ich sammle immerfort Pflanzen und Fossilien, und wenn ich heute etwas Seltenes habe und morgen seh' ich, daß es einem Dritten mehr Freude macht, so geb' ich es weg. So komm' ich freilich nie zu einer Sammlung." (Jahn/Lange 1973, S. 160)

Der Brief dokumentiert die frühe Sammleraktivität von *Humboldt*. Diese zielte aber nicht darauf ab, eine eigene private Sammlung aufzubauen, sondern um andere Sammlungen mit Objekten zu bereichern und zu vervoll-

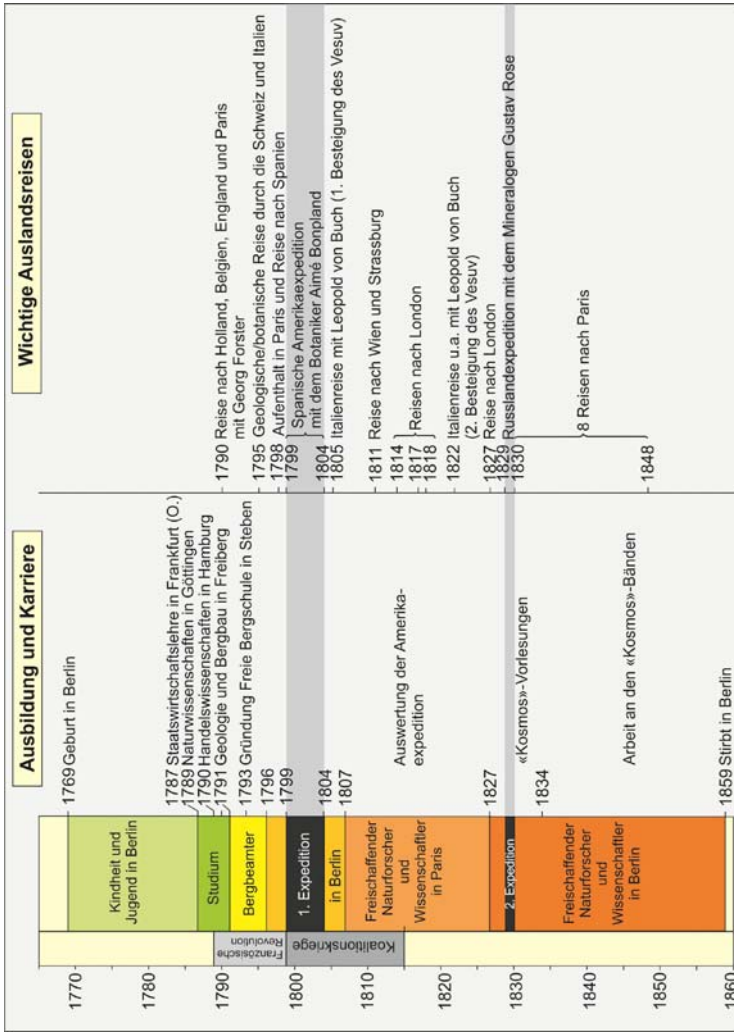

Abb. 1: Zeittafel zum Leben von Alexander von Humboldt mit den Meilensteinen seiner Ausbildung und Karriere und wichtige Auslandsreisen bzw. Expeditionen

ständigen. Die Sammeltätigkeit setzte er bei seinen großen Expeditionen nach Amerika und Russland fort, sammelte aber auch bei seinen kleineren Reisen. Er hat auf seinen Reisen selbst gesammelt, viele Objekte hat er aber auch von anderen erhalten oder sogar gekauft (Damaschun/Schmitt 2019).

Als Bergbeamter stiftete *Humboldt* 1793 die Freie Bergschule Steben in Oberfranken. Hier legte er eine Lehrsammlung von Erzmineralen an, in Anlehnung an die Freiberger Lehrsammlungen. Seinem Freund und Studienkollegen *Johann Carl Freiesleben* (1774–1846) berichtete er am 20. Januar 1794:

> „Ich legte also eine freie Bergschule für die gemeine Bergjugend an, [...] Der Unterricht ist jeweilen für Knaben bis ins 18te Jahr und für Haspelknechte und Lehrhäuer bis ins 26te. [...] Hierbei werden auch deutliche von mir bestimmte Muster der gemeinsten Erze und anderer nutzbarer Fossilien vorgezeigt. Sie sind wenigstens 6-8 Zoll lang. Ich habe sie teils aus Sachsen kommen lassen, teils hier gesammelt.“ (Köhl 1913)

Diese Mitteilung belegt, dass *Humboldt* Lehrsammlungen große Bedeutung beimaß. Deshalb baute er auch eine Lehrsammlung für die neu gegründete Freie Bergschule Steben auf.

In einem anderen Brief an *Freiesleben* schrieb *Humboldt* 1795:

> „2tens habe ich Ihnen [Johann Carl Freiesleben] ein Andenken in unserem Königl. Kabinette gestiftet, das mir freilich viel kostet. Ich gebe alle meine böhmischen Stükke weg, ordne sie nach Ihrer Reise und lege Zettel dabei [...]Es ist mir ein angenehmer Gedanke, uns beiden so in diesem öffentlichen Orte ein Andenken zu stiften. Alles bleibt für ewige Zeiten in der Ordnung wie ich es lege. Das ist Bedingung. Schwer wird es mir freilich, mich von so lieben Stükken zu trennen, doch behalte ich ein Paar Hornblende-Kristalle vom Gamäger Berg, um mich ewig des glüklichen Abend in der Granatenschenke zu erinnern.“ (Jahn/Lange 1973, S. 182)

In einem der nächsten Briefe versuchte er, *Freiesleben* davon zu überzeugen, weiteres Material nach Berlin zu schicken, um die dortige Sammlung zu bereichern:

> „Wollen Sie aber Ihr Andenken in dem Kön. Kabinett noch mehr verherrlichen, so schikken Sie sie. Ein nützliches Geschenk ist es immer. Denn das Kön. Kabinett steht wirklich jedermann offen und Karsten verbinden Sie sich unendlich,“ (Jahn/Lange 1973, S. 196).

Alexander von Humboldt als Sammler für die Wissenschaft und Wirtschaft

Mit 30 Jahren konnte *Humboldt* seinen Traum einer großen wissenschaftlichen Expedition verwirklichen. Von 1799 bis 1804 forschte er in Süd- und

Mittelamerika gemeinsam mit dem französischen Botaniker *Aimé Bonpland* (1773–1858) besonders über Botanik, Geologie und Erzlagerstätten. Er sammelte systematisch Pflanzen, Gesteine und Minerale, aber auch Artefakte exotischer Kulturen. Diese Aufsammlungen bildeten gemeinsam mit seinen Studien in lokalen Archiven und Bibliotheken die Grundlage für seine wissenschaftlichen Forschungen. *Humboldts* Ziel für das Anlegen von Sammlungen hatte sich geändert bzw. erweitert: Von nun an wollte er die Sammlung nicht nur als Lehrmaterial, sondern vor allem für die Forschung verwenden. So gab er z.B. Mineralproben dieser Reise zur Analyse an den Berliner Chemiker *Martin Heinrich Klaproth* (1743–1817) weiter. Sieben Kisten mit Mineral- und Gesteinsproben seiner Amerika-Expedition für das Königliche Mineralienkabinett in Berlin zusammen mit einigen Proben für *Klaproth* schickte *Humboldt* im Sommer 1805 aus Paris. Hiervon sind heute noch ca. 300 Proben im Museum für Naturkunde Berlin, der Nachfolgeinstitution des Königlichen Mineralienkabinetts, nachweisbar (Damaschun/Schmitt 2019). Wie viele geowissenschaftliche Proben *Humboldt* in Amerika insgesamt gesammelt hat, ist jedoch unbekannt.

1829, im Alter von 60 Jahren, unternahm *Humboldt* seine zweite große Expedition, diesmal in den Ural und Altai, mit dem Schwerpunkt auf der Untersuchung von Erzlagerstätten und der regionalen Geologie. Die vom russischen Zaren finanzierte Reise hatte das Ziel, die Höffigkeit russischer Bergbaugebiete zu untersuchen. Damit hatte die Reise hauptsächlich wirtschaftliche Hintergründe. *Humboldt* wählte den 31 Jahre alten Berliner Mineralogen *Gustav Rose*, mit dem er spätestens seit seiner Rückkehr nach Berlin 1827 Kontakt hatte, als einen Begleiter seiner Russlandexpedition. *Rose* war seit 1826 Professor für Mineralogie an der Berliner Universität und bereits seit 1822 unter dem Direktor *Christian Samuel Weiss* (1780–1856) Gehilfe der Mineralogischen Sammlung der Berliner Universität, in die das Königliche Mineralienkabinett im Zuge der Gründung der Berliner Universität 1810 überführt wurde. *Rose* sammelte auf der 18.000-Kilometer langen Reise zahlreiche Mineral- und Gesteinsproben (davon sind derzeit 604 am Museum für Naturkunde Berlin registriert), die in den folgenden Jahren akribisch vor allem von *Rose* mit den modernsten zur Verfügung stehenden Methoden untersucht wurden. Dabei entdeckte *Rose* neue Minerale und erlangte wichtige Ergebnisse über die besuchten Lagerstätten, die er in seinen zweiteiligen Reisebericht zusammenfasste (Rose 1837, 1842), aber auch in zahlreichen Zeitschriftenartikeln publizierte. *Humboldt* selbst interessierten von Anfang an mehr die globalen Zusammenhänge, so z.B. der Vergleich der Gebirgsketten der Anden mit denen Russlands.

Nach seiner dauerhaften Rückkehr nach Berlin 1827 übergab *Humboldt* bis zu seinem Lebensende zahlreiche geowissenschaftliche Objekte, die er von Dritten erhalten hatte, an die Mineralogische und Paläontologische Sammlung der Berliner Universität, darunter auch Proben von sehr abgelegenen Gegenden der Erde wie z.B. den Galapagos-Inseln oder der Antarktis. Aktuell sind insgesamt 512 Proben von *Humboldt* in der Mineralogischen Sammlung des Museums für Naturkunde Berlin nachweisbar. Weiterhin spielte *Humboldt* eine wichtige Rolle in der Vermittlung von Sammlungsankäufen für die Berliner Universität und deren Finanzierung durch den Preußischen Staat. So wurden z.B. 1833 die paläontologischen Objekte der Sammlung von *Ernst Friedrich von Schlotheim* (1764–1832) und 1854 der Nachlass seines engen Freundes und mehrfachen Reisebegleiters *Leopold von Buch* (1774–1853) für die Universitätssammlungen angekauft (Damaschun/Schmitt 2019).

Zusammenfassung – Alexander von Humboldt als Protagonist der Erstellung und Förderung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung

Im Gegensatz zu den meisten zeitgenössischen Naturforschern legte *Humboldt* selbst keine eigenen Sammlungen an. Er stellte sein gesammeltes Material genauso wie seine vielfältigen Geschenke staatlichen Institutionen zur Verfügung, damit diese Objekte für die Bildung und Forschung genutzt werden konnten. *Humboldt* setzte sich für den Erwerb einzelner Objekte und ganzer Sammlungen durch staatliche Institutionen ein. Zahlreiche Minerale und Gesteine gelangten so in die Sammlung des heutigen Museums für Naturkunde Berlin. Er bemühte sich stets – oft erfolglos – Politikern und Beamten zu erklären, wie man entwurzelte Objekte in Museen und Sammlungen am Leben hält: indem man sie in unmittelbarer Nähe zu den Dokumenten (Zeichnungen, Notizbücher, Verzeichnisse) aufbewahrt, die ihre Provenienz und natürliche Umgebung belegen. In diesem Sinne kann *Alexander von Humboldt* als Protagonist und Pionier der Erstellung und Nutzung wissenschaftlicher Sammlungen für die öffentliche Bildung und Forschung angesehen werden.

Literatur

Agricola, G. (1546): De Natura Fossilium. Libri X, Basel

Berzelius, J. J. (1816): Neues System der Mineralogie. Nürnberg

Damaschun, F.; Schmitt, R. T. (Hg.) (2019): Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin. Göttingen

Dana, J. D. (1837): A system of mineralogy, including extended treatise on crystallography: with an appendix, containing the application of mathematics to crystallographic investigation, and a mineralogical bibliography. New Haven/Connecticut

Dana, J. D. (1854): A system of mineralogy, compiling the most recent discoveries including the full description of species and their localities, chemical analyses and formulas, tables for the determination of minerals with a treatise on mathematical crystallography and the drawing of figures of crystals. New York, London

Engewald, G.-R. (1994): Georgius Agricola. Stuttgart, Leipzig

Gaines, R. V.; Skinner, H. C.; Foord, E. E.; Mason, B.; Rosenzweig, A. (1997): Dana's new mineralogy: the system of mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana. New York

Hey, M. H. (1950): An index of mineral species and varieties arranged chemically. British Museum

Hartmann, C. (1852): Verhandlungen des Bergmännischen Vereins zu Freiberg. In: Berg- und hüttenmännische Zeitung, Nr. 37, S. 638

Jahn, I.; Lange F. G. (Hg.) (1973): Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts 1787–1799. Berlin

Phillips, D. (2018): Brazil museum fire: 'incalculable' loss as 200-year-old Rio institution gutted. In: The Guardian, 3 September 2018. https://www.theguardian.com/world/2018/sep/03/fire-engulfs-brazil-national-museum-rio; zugegriffen am 28. Oktober 2019

Kotková, J.; Kullerud, K.; Šrein, V.; Drábek, M.; Škoda, R. (2018): The Kongsberg silver deposits, Norway: Ag-Hg-Sb mineralization and constraints for the formation of the deposits. In: Mineralium Deposita, 53; S. 531–545

Köhl, O. (1913): Zur Geschichte des Bergbaues im vormaligen Fürstentume Kulmbach-Bayreuth – mit besonderer Berücksichtigung der zum Frankenwalde gehörigen Gebiete. Eine kulturgeschichtliche Studie. Hof

Mohs, F. (1805): Über die Klassifikation der Mineralkörper. In: Annalen der Berg- und Hüttenkunde, Band 3, S. 187

Rose, G. (1837): Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere. Erster Band: Reise nach dem nördlichen Ural und dem Altai. Berlin

Rose, G. (1842): Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere. Zweiter Band: Reise nach dem südlichen Ural und dem Kaspischen Meer. Uebersicht der Mineralien und Gebirgsarten des Ural. Berlin

Rose, G. (1852): Das Kristallo-chemische Mineralsystem. Leipzig

Strunz, H. (1941): Mineralogische Tabellen. Leipzig

Strunz, H.; Nickel, E. H. (2001): Strunz Mineralogical Tables. Chemical-structural Mineral Classification System. Stuttgart

Von Linné, C. (1735): Systema naturæ, sive regna tria naturæ systematice proposita per classes, ordines, genera, & species. Lugduni Batavorum. Leiden/Niederlande

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 103–115*

Ralf Thomas Schmitt, Ferdinand Damaschun

Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin

Der 250. Geburtstag von *Alexander von Humboldt* (1769–1859) am 14. September 2019 war Anlass, sich in der Mineralogischen Sammlung des Museums für Naturkunde Berlin auf Spurensuche nach Proben zu begeben, die über ihn in die Sammlung gekommen sind und ihren Kontext zu recherchieren. Im Gegensatz zu seinen Publikationen und Archivalien, die seit vielen Jahrzehnten sehr intensiv durch die *Humboldt*-Forschung verschiedenster Organisationen und Arbeitsgruppen bearbeitet werden, sind seine Sammelobjekte weitaus weniger beachtet worden. Seine botanischen Proben wurden bereits vor einigen Jahren durch *Hans Walter Lack* zusammenfassend beschrieben und gewürdigt. Daraus resultierte das prächtige *Buch Alexander von Humboldt und die botanische Erforschung Amerikas* (Lack 2009). Im Gegensatz dazu sind seine Mineral- und Gesteinsproben bislang selbst in der Fachwelt kaum bekannt und in der umfangreichen Literatur über *Humboldt* nur wenig beachtet worden. Eine zusammenfassende Darstellung dieser geowissenschaftlichen Proben, die sich nach den bislang vorliegenden Kenntnissen zum weitaus überwiegenden Teil im Museum für Naturkunde Berlin befinden, fehlte gänzlich. Diese Lücke schließt nun das von *Ferdinand Damaschun* und *Ralf Thomas Schmitt* herausgegebene Buch *Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin* (Damaschun/Schmitt 2019). Im Nachfolgenden wird in drei Kapiteln diese Spurensuche und das daraus resultierende Buch reflektiert.

Alexander von Humboldt als Sammler

Der Naturforscher *Alexander von Humboldt* studierte von 1791 bis 1792 an der Bergakademie Freiberg. Seit dieser Zeit sammelte er Minerale und Gesteine, baute jedoch nie systematisch eine eigene Sammlung auf. Dies belegt bereits ein während des Studiums in Freiberg am 26. November 1791 geschriebener Brief an den damaligen Direktor des Preußischen Königlichen

Mineralienkabinetts und Direktor der Königlichen Bergakademie Berlin, *Dietrich Ludwig Gustav Karsten* (1768–1810). Darin schreibt er:

> „Ich sammle immerfort Pflanzen und Fossilien[1], und wenn ich heute etwas Seltenes habe und morgen seh' ich, daß es einem Dritten mehr Freude macht, so geb' ich es weg. So komm' ich freilich nie zu einer Sammlung." (Jahn/Lange 1973, S. 160)

Das Gesammelte gab er in aller Regel an ‚Dritte' weiter, zumeist handelte es sich hierbei um öffentliche Sammlungen. Dies hatte zwei wesentliche Beweggründe: Zum einen war er sich sicher bewusst, dass bei seinem unsteten Leben eine eigene große Sammlung hinderlich sein könnte, und zum anderen wollte er stets das gesammelte Material Fachkollegen und -spezialisten für weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen zugänglich machen. Ein Brief an seinen Studienkollegen und engen Freund *Johann Carl Freiesleben* (1774–1846) belegt, dass er sich damit auch ein Denkmal setzen wollte (Jahn/Lange 1973, S. 182). Auf seinen späteren großen und kleinen Reisen hat er selbst gesammelt, vieles hat er aber auch von anderen erhalten oder sogar gekauft. Leider wurde dies von ihm nicht immer entsprechend dokumentiert. Wo der Schwerpunkt der Sammeltätigkeit auf seinen Reisen lag, hing ganz wesentlich von seinen Begleitern ab, in Amerika der Botaniker *Aimé Jacques Alexandre Bonpland* (1773–1858) und in Russland der Mineraloge *Gustav Rose* (1798–1873) und der Zoologe und Botaniker *Christian Gottfried Ehrenberg* (1795–1876).

Viele seiner Mineral- und Gesteinsproben gelangten in das Königliche Mineralienkabinett in Berlin bzw. nach Gründung der Berliner Universität 1810 in seine Nachfolgeinstitution, das Mineralogische Museum der Berliner Universität. Die guten und langfristigen Beziehungen zum Königlichen Mineralienkabinett und seiner Nachfolgeinstitution wurden frühzeitig durch *Karsten* begründet. Dieser erhielt ein Exemplar von *Humboldts* erster 1790 anonym erschienenen geowissenschaftlichen Publikation *Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein* (Anonymus 1790). Seine nachfolgende positive Reaktion, die in einen längeren Briefwechsel mit *Humboldt* mündete, ist deren Grundlage (Jahn/Lange 1973; Hoppe 1989). So sind erste Mineral- und Gesteinsproben von *Humboldt* bereits während seiner Studienzeit an der Bergakademie Freiberg (1791/92) und der anschließenden Tätigkeit im preußischen Staatsdienst (1792–1796) an das Königliche Mineralienkabinett übergeben worden. Bekräftigt wurde dies nach der Amerikanischen Reise, so schreibt *Humboldt* am 10. März 1805 aus Paris in

1 Unter Fossil verstand man zu *Humboldts* Zeiten Minerale und Gesteine.

einem Brief an *Karsten*: „Was ich von Mineralien besessen, habe ich Ihnen bestimmt“ (Humboldt 1805). Entsprechend erhielt das Königliche Mineralienkabinett 1805 sieben Kisten mit Mineral- und Gesteinsproben der Amerikanischen Reise (Hoppe 1989). Sowohl von seinen drei Italienreisen 1795, 1805 und 1822, als auch von der Russischen Reise 1829 sind zahlreiche Proben durch *Humboldt* an das Mineralogische Museum übergeben worden. In späteren Jahren erhielt *Humboldt* durch sein umfangreiches persönliches Netzwerk auch geowissenschaftliche Proben aus allen Teilen der Welt. Nur sehr wenige davon behielt er selbst, die meisten – obwohl oft sehr wertvoll – gab er weiter, vor allem an das Mineralogische Museum in Berlin. Leider lässt sich auch hier nicht immer nachverfolgen, von wem er die Geschenke erhalten hatte.

Ein aufschlussreiches Zitat von *Humboldt* findet sich im *Kosmos – Entwurf einer physischen Weltbeschreibung* (Band 4):

> „Da Reisende nur immer die Träger des unvollständigen Wissens ihrer Zeit sind, und ihren Beobachtungen viele der leitenden Ideen, d.h. die Unterscheidungs-Merkmale fehlen, welche die Früchte eines fortschreitenden Wissens sind; so bleiben dem materiell Gesammelten und geographisch Geordneten fast allein ein langdauernder Werth.“ (Humboldt 1858, S. 467)

Dies kann so interpretiert werden: *Humboldt* war sich selbst bewusst, dass seine wissenschaftlichen Publikationen – hier speziell die zum Andenvulkanismus – stets unter dem Blickwinkel des zum Zeitpunkt ihrer Entstehung bekannten Kenntnisstandes zu betrachten sind. Durch den wissenschaftlichen Fortschritt können im Laufe der Zeit die darin enthaltenen Thesen und Theorien durchaus überholt sein. Die materiellen Sammlungsobjekte, die diesen Thesen und Theorien zu Grunde liegen, besitzen jedoch, wenn diese in einer gut kuratierten wissenschaftlichen Sammlung aufbewahrt werden, einen dauerhaften Wert. Dies belegt eindeutig, dass *Humboldt* selbst den Wert wissenschaftlicher Sammlungen und den seiner Objekte als sehr hoch einschätzte.

Die Mineralogische Sammlung am Museum für Naturkunde Berlin und die Suche nach *Humboldt*-Objekten

Die Suche nach *Humboldt*-Objekten in der Mineralogischen Sammlung des Museums für Naturkunde Berlin begann bereits in den 1980er Jahren durch *Günter Hoppe*. Er befasste sich intensiv mit wissenschaftshistorischen Themen und so gelangte auch *Alexander von Humboldt* in seinen Fokus (z.B. Hoppe 1989, Hoppe et al. 1990). Diese Suche gestaltete sich allerdings aus

verschiedenen Gründen schwierig. Die Mineralogische Sammlung ist fachspezifisch aufgestellt, d.h. die Mineraliensammlung ist systematisch und die Petrographisch-lagerstättenkundliche und die Meteoritensammlung sind je nach Sammlungsteil entweder systematisch oder regional geordnet aufgestellt. Dies führt dazu, dass Objekte einer Provenienz, wie z.B. *Humboldt*, sich nicht in einer Schublade oder einem Schrank innerhalb der Sammlung auffinden lassen, sondern dispers in der Sammlung verteilt sind. Nachdem aus historischen Gründen in der Mineralogischen Sammlung bis zum Jahre 1977 nie Eingangsbücher geführt wurden, ist auch gar nicht bekannt, welche Objekte durch *Humboldt* überhaupt in die Sammlung gelangt sind. Der Kenntnisstand beruht daher ausschließlich auf den noch in der Sammlung vorhandenen und aufgefundenen *Humboldt*-Objekten, wobei die entsprechende Provenienz nur durch die zu den Objekten gehörenden Etiketten (Abb. 1) bzw. die ab den 1880er Jahren angefertigten Objektaufkleber zu erkennen ist. Die *Humboldt*-Objekte mussten daher auf der Grundlage von Literaturrecherchen und Kenntnissen seiner Reiserouten erst mühsam in detektivischer Kleinarbeit unter den insgesamt mehr als 262.000 Sammlungsobjekten der Mineralogischen Sammlung recherchiert werden. Trotz intensiver Bemühungen war *Hoppe* daher nur ein Bruchteil der heute noch vorhandenen *Humboldt*-Objekte bekannt.

Ein umfassender Überblick über die Sammlungsbestände unter verschiedensten Gesichtspunkten und Rechercheoptionen, wie z.B. nach der Provenienz, ist erst mit Einführung einer elektronischen Sammlungsdatenbank möglich. In der Mineralogischen Sammlung wurde bereits 1994 mit der elektronischen Inventarisierung der Meteoritensammlung begonnen, die aufgrund ihrer geringen Stückzahl von ca. 6.600 Objekten in einem Jahr vollständig erfasst werden konnte. Ab 1995 startete dann die elektronische Inventarisierung der Mineralien- und Petrographisch-lagerstättenkundlichen Sammlung. Diese beiden Sammlungsteile umfassen allerdings mehr als 255.000 Objekte, so dass die elektronische Inventarisierung noch nicht komplett abgeschlossen werden konnte. Die Inventarisierung folgt einer Erfassungsstrategie, die die wissenschaftliche und historische Bedeutung der jeweiligen Sammlungsteile berücksichtigt (Schmitt/Brückner 2016). Mit Stand 2019 ist die elektronische Inventarisierung schon sehr weit fortgeschritten. In der Mineraliensammlung sind ca. 90 Prozent von 180.000 und in der Petrographisch-lagerstättenkundlichen Sammlung ca. 65 Prozent von 75.000 Proben erfasst. Dieser Datenbestand bildet nun die Grundlage für die Recherche nach *Humboldt*-Objekten. Dennoch besteht bis zur vollständigen Inventarisierung der Sammlungen immer noch die Möglichkeit, bislang verborgene

Objekte von *Humboldt* wiederzuentdecken, so dass die hier genannten Zahlen zu den Beständen von *Humboldt* derzeit nur als vorläufige Zahlen zu betrachten sind.

Mit Stand 2019 sind in der Mineralogischen Sammlung 512 Mineral- und Gesteinsproben von *Humboldt* bekannt, darunter zwölf Meteorite. Von diesen Stücken haben 184 noch Originaletiketten von *Humboldt*. Oft enthalten

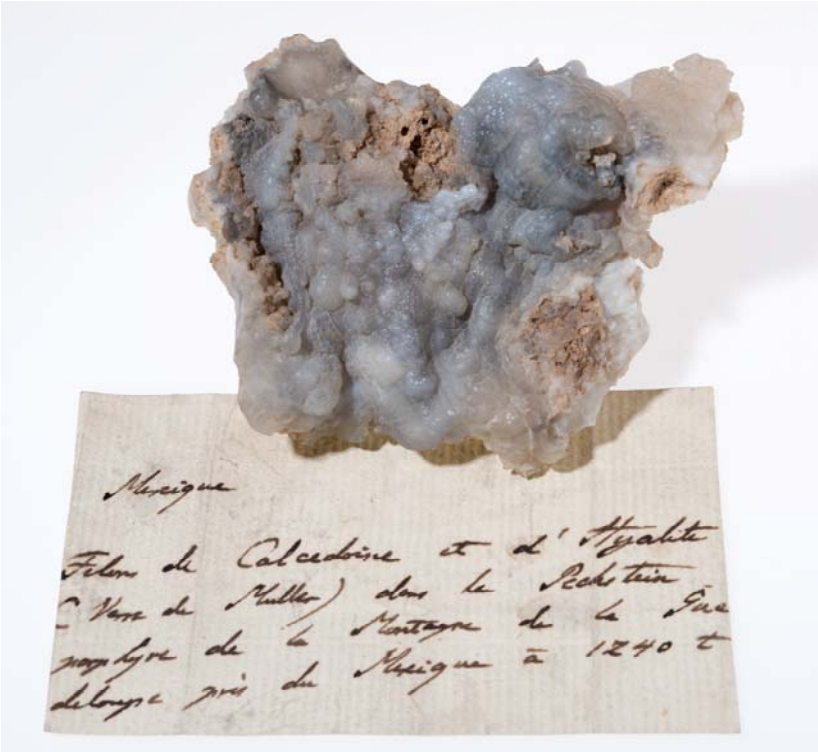

Abbildung 1

Weiße bis farblose kugelig ausgebildete Krusten von Hyalit auf grau-weißem Chalcedon, Sierra de la Guadaloupe im Gebiet von Mexiko-Stadt, Distrito Federal, Mexiko (Inv.-Nr.: 1985-0004, Größe 8,5 x 6 x 2,5 cm), mit ausführlichem Etikett von Alexander von Humboldt in französischer Sprache: »Mexique. Filons de Calcedoine et d'Hyalite (Verre de Muller) dans le Pechstein porphyre de la Montagne de la Guadeloupe pres du Mexique a 1240 t« (Mexiko. Lagen von Chalcedon und Hyalit (Müllersches Glas) im Pechsteinporphyr des Gebirgszugs Guadeloupe bei Mexiko in einer Hohe von 1.240 Toisen [entspricht etwa 2.420 m]).

Foto: Hwa Ja Götz, Museum für Naturkunde Berlin.

diese Etiketten nur kurze Angaben zum Fundort und keine Objektklassifikation. Ausführlichere Etiketten von ihm stammen hauptsächlich von der Amerikareise (z.B. Abb. 1, 2, 3), sind in französischer Sprache geschrieben und dürften erst bei der Sortierung dieser Proben nach seiner Rückkehr in Paris 1805 entstanden sein. Bei ca. 20 weiteren Etiketten, insbesondere von Proben aus Sachsen und Franken, ist eine eindeutige Zuordnung der Handschrift zu *Humboldt* fraglich. Unter heutigen Gesichtspunkten stellen diese Proben oft nur einfaches Belegmaterial dar. Neben den wissenschaftlich be-

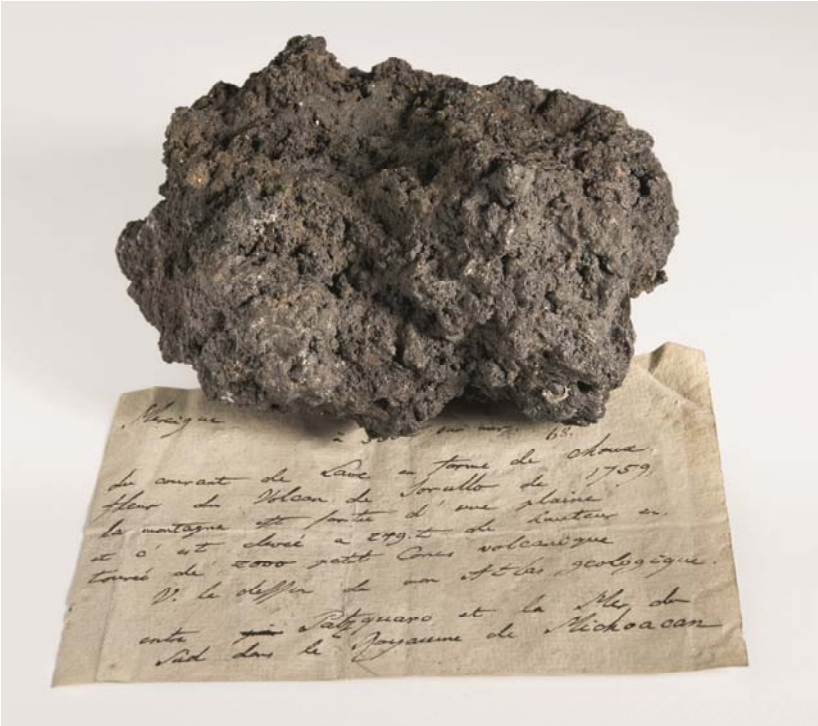

Abbildung 2

Andesitische Lava, Vulkan El Jorullo bei La Huacana, Bundesstaat Michoacan, Mexiko (Inv.-Nr. 1996-7399, Größe 10 x 9 x 6,5 cm), mit ausführlichem Etikett von Alexander von Humboldt. Diese Probe wurde von Humboldt bei der Besteigung des Jorullo am 19. September 1803 gesammelt (Schwarz 2019). Diese ausführlichen Etiketten dürften erst bei der Sortierung der Proben 1805 in Paris nach Rückkehr von der Amerika-Reise entstanden sein.

Foto: Hwa Ja Götz, Museum für Naturkunde Berlin.

Abbildung 3

a. Gemenge von Limonit, Silber und Fahlerz zusammen mit stark alteriertem Andesit, Grube Purgatorio, Hualgayoc, Provinz Cajamarca, Peru (Inv.-Nr. 2000-7359, Größe 5,5 x 4 x 4 cm), mit Etikett von Alexander von Humboldt. Der Vermerk »Ou est ce la Graugültig-Erz de Mr. Klaproth. Le grand Chymiste voudra bien l'analiser.« (Wo ist Herrn Klaproths Graugültig-Erz? Der große Chemiker wird es gerne analysieren wollen.) deutet darauf hin, dass dieses Etikett erst bei der Sortierung der Proben 1805 in Paris entstanden ist und als eine Art von Notizzettel von Humboldt benutzt wurde.

b. Die vorher gesuchte, für Martin Heinrich Klaproth bestimmte Erzprobe konnte im 1817 nach seinem Tod angekauften Sammlungsbestand wieder aufgefunden werden: Fahlerz, Grube Purgatorio, Hualgayoc, Provinz Cajamarca, Peru (Inv.-Nr. 1993-0163, Größe 6 x 4 x 4 cm), mit Etikett von Humboldt mit Zusatz »Graugültigerz« von Klaproth. Diese Erzprobe wurde von Klaproth chemisch analysiert und die Ergebnisse 1807 in seinen Beiträgen zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper publiziert (Klaproth 1807).

Fotos: Hwa Ja Götz, Museum für Naturkunde Berlin.

deutsamen Meteoriten befinden sich lediglich vereinzelt qualitativ hochwertige Mineralstufen unter diesen Stücken. Einige der *Humboldt*-Proben kamen über Dritte in die Sammlung. Am wichtigsten ist hierbei der Umweg über die 1817 nach seinem Tod angekaufte Sammlung des Berliner Chemikers *Martin Heinrich Klaproth* (1743–1817), der Proben der Amerikanischen Reise analysierte (z.B. Abb. 3b) und in seinen *Beiträgen zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper* (Klaproth 1795–1815) publizierte.

Regional betrachtet stammt der größte Anteil der *Humboldt*-Objekte aus Süd- und Mittelamerika (316 Objekte) und ist, von einigen Ausnahmen abgesehen, Material von seiner Amerika-Reise in den Jahren 1799 bis 1804. Umfangreichere Südamerika-Bestände stammen aus Mexiko (181 Objekte), Peru (81), Ekuador (20) und Kolumbien (12). Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Minerale (über 90 Prozent), wobei Erzmineralproben deutlich dominieren und so einen Rückschluss auf die intensive Untersuchung des Erzbergbaues und seiner wirtschaftlich wichtigen Erze erlauben (z.B. Humboldt 1813). Gesteinsproben von dieser Reise sind nur relativ wenige erhalten. Bei diesen handelt es sich oft um vulkanische Gesteine, die bei der Untersuchung der Vulkane gesammelt wurden. Proben von seiner weltbekannten Chimborazo-Besteigung in Ecuador am 23. Juni 1802 (Schwarz 2019) sind allerdings nicht vorhanden.

Von den drei Italien-Reisen 1795, 1805 und 1822 stammen insgesamt 50 Objekte. Den Schwerpunkt bilden hier Naturwerksteine (35 Proben), die 1805 in Rom gesammelt, gekauft oder geschenkt wurden. Diese waren Bestandteil einer Sammlung *Antiker Marmorarten* (siehe Rapisarda 2018).

Auf der Russischen Reise 1829 wurde *Humboldt* vom Mineralogen *Gustav Rose* und dem Zoologen und Botaniker *Christian Gottfried Ehrenberg* begleitet. Mineralogische und geologische Proben sammelte dort vor allem *Rose*, so dass dieses Material im Kontext mit *Humboldt* zu sehen ist. Diese Objekte stammen fast ausschließlich aus dem Ural und Altai. Es handelt sich hierbei um weitere 604 Mineral- und Gesteinsproben, davon 382 mit einem Originaletikett von *Rose* (z.B. Abb. 4). Auch hier gibt es eine gewisse Unsicherheit, da *Rose* auf seinen vermutlich erst deutlich nach der Reise, wahrscheinlich erst in Verbindung mit der Erstellung der Reisebeschreibungen (Rose 1837, 1842) geschriebenen Etiketten weder die Herkunft von der Reise noch das Sammeljahr oder -datum anführt. Deshalb ist teilweise nicht mehr nachzuvollziehen, ob er diese Proben auf der Reise selbst gesammelt oder von Dritten auf der Reise oder in den nachfolgenden Jahren geschenkt bekommen hat. Letzteres ist zwar in seinen Publikationen zum Teil ver-

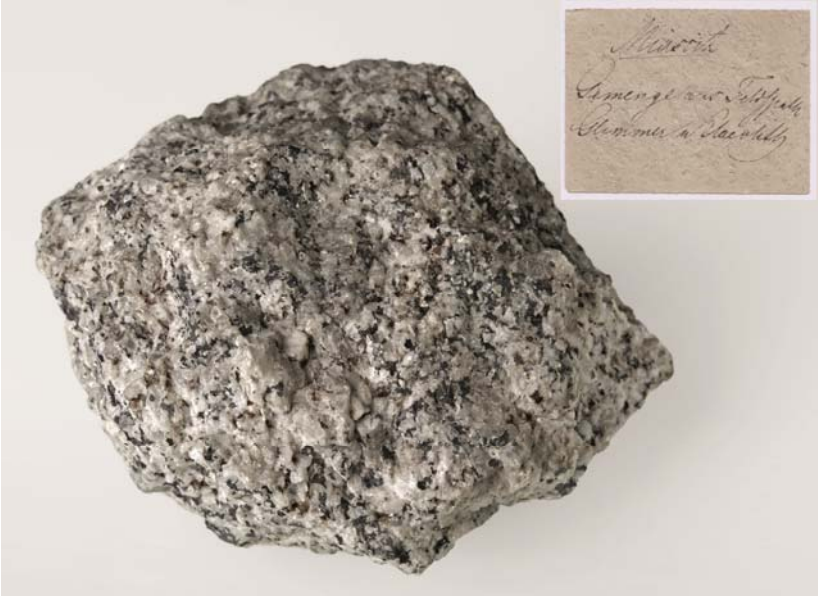

Abbildung 4

Nephelinsyenit mit der historischen Bezeichnung Miascit, bestehend aus Nephelin (historisch als »Elaeolith« bezeichnet), Feldspat und Biotit (»Glimmer«), Ilmengebirge, Miass, Ural, Russland (Inv.-Nr. 2011-03080, Größe 8 x 7,5 x 6 cm), mit Etikett von Gustav Rose. Diese Gesteinsprobe wurde von Rose am 5. September 1829 gesammelt und vor Ort für Granit gehalten. Erst bei der späteren genauen Untersuchung in Berlin stellte sich heraus, dass die Probe keinen Quarz, sondern Nephelin enthält (Rose 1842). Für dieses Gestein wurde dann von Rose der Name Miascit nach dem Fundort »Miask« vergeben. Das von Rose geschriebene Etikett entstand daher erst in Berlin nach Abschluss seiner Untersuchungsarbeiten.

Foto: Hwa Ja Götz, Museum für Naturkunde Berlin.

merkt, aber grundsätzlich nicht auf den Etiketten der Objekte aufgeführt. Einen größeren zusammenhängenden Bestand bilden 107 Tüten oder Röhrchen mit ‚Goldsand'. Hierbei handelt es sich um Sand-, Kies- oder Gesteinsproben aus Gold- oder Platinwäschereien, die zur Untersuchung der Goldführung und zur Klärung der Herkunft des Goldes bzw. Platins gesammelt wurden. Das Probenmaterial der Russischen Reise sowie weitere Proben dieser Region wurde von *Rose* über viele Jahre sehr detailliert untersucht. Die Ergebnisse wurden dann in seinem zweibändigen Reisebericht *Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere* (Rose 1837, 1842) und zahlreichen weiteren Zeitschrif-

tenartikeln publiziert. Deshalb sind die mineralogischen und geologischen Ergebnisse der Russischen Reise besonders hoch einzuschätzen. So beschrieb *Rose* z.B. 14 neue Minerale aus dem Ural und Altai, von denen sechs (Altait, Cancrinit, Chevkinit, Hessit, Perowskit, Rhodizit) noch heute anerkannte Minerale sind. Von *Humboldt* direkt stammen von der Russischen Reise bzw. aus deren Nachgang nur 22 Objekte, im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Platin-/Platingruppenmetalle und um bedeutende Geschenke, wie z.B. Meteorite, einen der ersten im Ural gefundenen Diamanten (Eckert 2019) und einen Smaragd-Kristall (Damaschun 2019).

Bei den restlichen 116 *Humboldt*-Proben handelt es sich um Minerale, Gesteine und Meteorite aus den verschiedensten Lebensphasen von ihm, die er selbst gesammelt oder die ihm von Dritten geschenkt wurden und die er dann an die Sammlung weitergegeben hat. Die Geschenke, die er nach seiner dauerhaften Rückkehr nach Berlin ab 1827 erhalten hat, stammen von allen Kontinenten (Schmitt 2019a) und zum Teil aus sehr abgelegenen Gegenden, wie z.B. der Ostantarktis und den Galapagosinseln (Abb. 5, Schmitt 2019b).

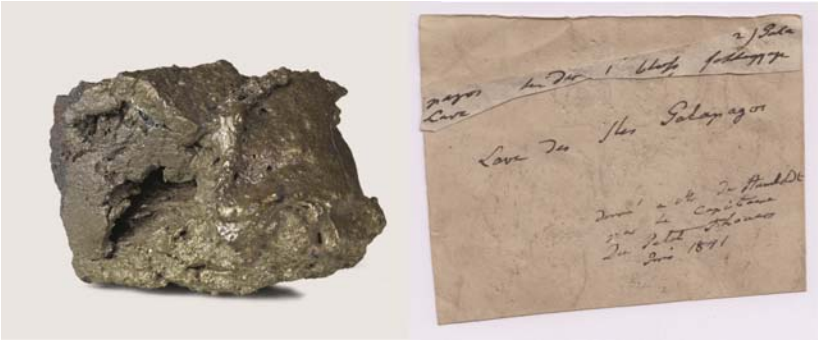

Abbildung 5

Basaltische Lava, Galapagosinseln, Ecuador (Inv.-Nr. 2011-03876, Größe 8 x 6 x 6 cm), mit zwei Etiketten von Alexander von Humboldt. Diese Probe wurde Humboldt 1841 in Paris übergeben und stammt von der Pazifikexpedition von Abel Aubert Du Petit-Thouars (1793–1864) (siehe hierzu Schmitt 2019b).

Foto: Hwa Ja Götz, Museum für Naturkunde Berlin.

Das Buchprojekt

Ferdinand Damaschun kam bereits kurz nach Beginn seiner Tätigkeit am Museum für Naturkunde 1974 mit der Thematik „Alexander von Humboldt" erstmals in Kontakt. Die Russische Reise 1829 jährte sich zum 150. Mal und unter der Leitung von *Hoppe* wurde eine *Humboldt*-Ausstellung vorbereitet. Auch in späteren Jahren beschäftigte ihn diese Thematik immer wieder, u.a. nahm er an mehreren Expeditionen auf den Spuren von *Humboldt* im Ural und Altai teil (z.B. Damaschun 1994, 1997; Aranda et al. 2014). Jedoch blieb während seiner Tätigkeit als Leiter der Ausstellungsabteilung nie genug Zeit für ein umfangreicheres *Humboldt*-Projekt. Dies änderte sich erst mit seinem Eintritt in den Ruhestand. In Hinblick auf den 250. Geburtstag von *Humboldt* entstand die Idee für ein umfangreicheres Buchprojekt. Die elektronische Inventarisierung der Mineralogischen Sammlung war inzwischen unter dem Kustos der Mineralien- und Petrographisch-lagerstättenkundlichen Sammlung des Museums, *Ralf Thomas Schmitt*, weit vorangeschritten. Dadurch stand eine grundlegend verbesserte und erweiterte Datenbasis zu den mineralogischen *Humboldt*-Beständen im Museum zur Verfügung, die die Grundlage für das Buchprojekt bildete.

Unter Leitung von *Damaschun* und *Schmitt* wurden diese Objekte zusammen mit den externen Partnern *Cettina Rapisarda* (Universität Potsdam), *Carsten Eckert* (Stiftung Schloss Friedenstein, Sammlungs- und Forschungsverbund Gotha) und *Renate Nöller* (Fachbereich Kunst- und Kulturgutanalyse, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin) in einem fast zwei jährigen Projekt erstmals umfassend gesichtet und bearbeitet. Entstanden ist so ein reich bebildertes Buch über *Alexander von Humboldt* als Sammler von Mineralen und Gesteinen, in dem die Autorinnen und Autoren aus ihrer jeweiligen Sichtweise die Geschichte seiner Objekte in allgemeinverständlicher Form erzählen. Die Geschichten zu seinen Objekten sind chronologisch geordnet und umfassen seine verschiedensten Lebensabschnitte. Ergänzt wird dies durch einen kurzen Abriss der Geschichte der Mineralogischen Sammlung und zum Mineral Humboldtin, welches nach *Alexander von Humboldt* benannt wurde. Dieses 424 Seiten umfassende Buch *Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin* (Damaschun/Schmitt 2019) ist im Juni 2019 im Wallstein Verlag erschienen. Ermöglicht wurde diese umfangreiche Buchpublikation erst durch die großzügige finanzielle Unterstützung durch die Leitung des Museums für Naturkunde – *Professor Johannes Vogel PhD* und *Stephan Junker*.

Dieses Buch soll sowohl den an *Humboldt* interessierten Laien ansprechen, als auch der *Humboldt*-Forschung neue Impulse geben. Viele der Objekte und ihre Geschichten werfen noch Fragen auf, die im Rahmen dieses Projekts nicht vollständig gelöst werden konnten. Hier ist nun die *Humboldt*-Forschung gefragt, bislang unbekannte Beziehungen zwischen diesen *Humboldt*-Objekten und seinen Publikationen und Archivalien aufzuspüren. Sollte dies gelingen, so wird dies zum einen unsere Kenntnisse über die *Humboldt'schen* Minerale und Gesteine erweitern, aber sicherlich auch einen neuen Blickwinkel auf *Humboldt* als Sammler geowissenschaftlicher Objekte werfen.

Literatur- und Archivalienverzeichnis

Anonymus [Humboldt, A. v.] (1790): Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein. Mit vorangeschickten, zerstreuten Bemerkungen über den Basalt der altern und neuern Schriftsteller. Braunschweig

Aranda, K.; Förster, A.; Suckow, C. (Hg.) (2014): Alexander von Humboldt und Russland: Eine Spurensuche (Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung). Berlin

Damaschun, F. (1994): Budjet, Budjet! – Auf den Spuren Alexander von Humboldts in Russland. In: Lapis, Jg. 19/Nr. 11, S. 46–53

Damaschun, F. (1997): Auf den Spuren Alexander von Humboldts im Ural. In: Lapis, Jg. 22/ Nr. 7–8, S. 25–30

Damaschun, F. (2019): Ein Smaragd von 2.691 Karat – ein großzügiges Geschenk des Zaren. In: Damaschun, F.; Schmitt, R. T. (Hg.): Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin. Berlin, S. 300–303

Damaschun, F.; Schmitt, R. T. (Hg.) (2019): Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin. Berlin

Eckert, C. (2019): De Adamante − der Diamant. In: Damaschun, F.; Schmitt, R. T. (Hg.): Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin. Berlin, S. 264–277

Hoppe, G. (1989): Alexander von Humboldt und die Berliner Mineralogie. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, Bd. 38, S. 308–325

Hoppe, G.; Siemroth, J.; Damaschun, F. (1990): Alexander von Humboldt und die Entdeckung des Vanadiums. In: Chemie der Erde, Bd. 50, S. 81–94

Humboldt, A. v. (1805): Brief von Humboldt an Karsten aus Paris vom 10.3.1805. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Akademiearchiv, Sign.: NL. A. v. Humboldt, Nr. 22, Blatt 1–8

Humboldt, A. v. (1813): Versuch über den politischen Zustand des Königreichs Neu-Spanien. Bd. 4. Tübingen

Humboldt, A. v. (1858): Kosmos - Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Bd. 4. Stuttgart, Tübingen

Jahn, I.; Lange, F. G. (Hg.) (1973): Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts 1787–1799. Berlin

Klaproth, M. H. (1795–1815): Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper. 6 Bde.: Bd. 1: 1795; Bd. 2: 1797; Bd. 3: 1802; Bd. 4: 1807; Bd. 5: 1810, Bd. 1–5: Posen, Decker und Compagnie sowie Berlin, H. A. Rottmann; Bd. 6: 1815. Berlin, Stettin

Klaproth, M. H. (1807): CXXVII. Chemische Untersuchung einiger Graugültigerze. In: Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper, Bd. 4, S. 54–81

Lack, H. W. (2009): Alexander von Humboldt und die botanische Erforschung Amerikas. München

Rapisarda, C. (2018): Antike Marmorarten nach Zoëga's Bestimmungen. Alexander von Humboldts Sammlung und Gesteinsstudien in Rom. In: HiN – Alexander von Humboldt im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien, Bd. 19/Nr. 37, S. 57–96

Rose, G. (1837): Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere, Erster Band: Reise nach dem nördlichen Ural und dem Altai. Berlin

Rose, G. (1842): Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere, Zweiter Band: Reise nach dem südlichen Ural und dem Kaspischen Meere, Uebersicht der Mineralien und Gebirgsarten des Ural. Berlin

Schmitt, R. T. (2019a): Mineralgeschenke – von Humboldt weitergereicht. In: Damaschun, F.; Schmitt, R. T. (Hg.): Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin. Berlin, S. 340–345

Schmitt, R. T. (2019b): »Glanzlichter« – Gesteinsproben von französischen Marine-Expeditionen. In: Damaschun, F.; Schmitt, R. T. (Hg.): Alexander von Humboldt: Minerale und Gesteine im Museum für Naturkunde Berlin. Berlin, S. 354–359

Schmitt, R. T.; Brückner, R. (2016): Data-basing of the mineral and rock and ore collection at Museum fur Naturkunde Berlin – looking backward and forward. In: Quaisser, C.; Gierre, P.; Haffner, E.; Rahemipour, P.; Schwarz, D.; Voss, M. (Hg.): Green museum – How to practice what we reach? SPNHC conference, 31st Annual meeting, Berlin 2016, S. 172–174

Schwarz, I. (Hg.) (2019): Alexander von Humboldt-Chronologie. In: Ette, O. (Hg.): edition humboldt digital. Version 5 vom 11.09.2019, URL: https://edition-humboldt.de/v5/, Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *143 (2020), 117–181*

Lutz-Günther Fleischer

Die Naturwissenschaften als Quell und Mittel der Welterkenntnis sowie des Weltverständnisses in Alexander von Humboldts dynamischer Wissenschaftskonzeption und in der Gegenwart – Probleme und Perspektiven

„Mit dem Wissen kommt das Denken,
und mit dem Denken der Ernst und die
Kraft in die Menge“[1]

Alexander von Humboldt

1 Die gediegene themenrelevante Quellenlage im Überblick

Objektiv stehen die Darstellung von *Naturphänomenen in Wissenschaft und Kunst sowie deren Wirkungen* im Mittelpunkt ganz unterschiedlicher und in toto exorbitanter Aktivitäten *Alexander von Humboldts* (1769–1859). Sie spiegeln sich mannigfaltig in Fragmenten, in seinen gefragten Vorträgen,[2] in allein 30.000 bis 35.000 Briefen, in tausenden und abertausenden Artikeln, Essays, zahlreichen kleinen und großen Buchwerken bis zum fünfbändigen *Kosmos*. Dank der Herausgeber *Oliver Lubrich* und *Thomas Nehrlicher* sind nunmehr auch kleinere Aufsätze und unbekanntere Schriften *Humboldts* Interessierten zugänglich (Humboldt 2019a). Das erweitert die be-

1 Raumer, F .v. (1869), S. 22.

2 *Humboldt* hielt im Laufe seiner „Berliner Zeit“ von 1827–1859 insgesamt 61 „Kosmosvorlesungen“, darunter jene begeistert aufgenommenen populären naturwissenschaftlichen Vorträge in der Berliner Singakademie im Winter 1827/28, in denen er, ohne Vortragsmanuskript, völlig frei vortragend, allgemeinverständlich eigenes Erleben, weltweite Erfahrungen und eigene Forschungsresultate reflektierte. Obwohl bereits 1859 verstorben, war *Humboldt* nach *Wilhelm Julius Foersters* (1832–1921) Meinung der *„eigentliche Vater des Urania-Unternehmens“*. *Humboldt* ließ bereits 1835 der Königlichen Sternwarte „die bis dahin völlig neue Verpflichtung auferlegen [...], dass sie allmonatlich an etwa zwei Abenden dem Publikum zur Belehrung und Anregung zu dienen hatte“ (Foerster 1913, S. 386).
Die Gründung der Berliner Urania im Jahr1888 resultierte aus der Kooperation von Vertretern der Wissenschaft, Wirtschaft und der Publizistik, wobei die agierenden Persönlichkeiten das Bündnis gesellschaftlicher Kräfte und ein Spektrum interessengeleiteter Anforderungen repräsentierten.

reits reichen themenrelevanten Quellen. Beide Herausgeber edierten zudem eine bibliophile ‚Zugabe' (Humboldt, 2019b).

Allein die Fülle der jüngeren Publikationen zum Denken, Wollen und Wirken *Alexander von Humboldts* ist kaum mit einem Essay erfassbar. Bescheidenheit und Beschränkungen sind zwingend geboten.

Für die Tradition und das Bestreben unserer Sozietät sind die wissenschaftlichen Ergebnisse der *Alexander-von-Humboldt*-Forschungsstelle der Akademie der Wissenschaften der DDR und deren Mitarbeiter von speziellem Belang. Am kontinuierlichen Aufbau und dem langjährigen bedeutenden Wirken dieser Forschungseinrichtung der Berliner Akademie der Wissenschaften war maßgeblich *Kurt-R. Biermann* (1919–2001) beteiligt. Von 1969 bis 1984 leitete er diese Einrichtung und wirkte auch nach seiner Emeritierung in deren Sinn. Auf seine Arbeiten und Transkriptionen stützen sich auch gegenwärtig noch wesentliche Teile der *Humboldt*-Forschung. Vorbildliche Gradmesser für personen- und werkbezogene quellenkritische wissenschaftshistorische Arbeiten schuf er beispielsweise mit Veröffentlichungen, wie dem Briefwechsel *Alexander von Humboldts* mit dem Mathematiker und Astronomen *Carl Friedrich Gauß* (1777–1855), dem wahrscheinlich bedeutendsten Mathematiker aller Zeiten, der praktisch auf allen mathematischen Gebieten gearbeitet und sie zudem miteinander verflochten hat. *Biermanns* fast 400-seitiges Werk über die Mathematik und ihre Dozenten an der Berliner Universität gilt bis in unsere Zeit als Referenz (Biermann 1988). Zu seinen Mitarbeitern gehörten über unterschiedliche Zeiträume und in differenzierten Phasen *Ingo Schwarz* (u.a. vollständige Edition der Manuskripte *Alexander von Humboldts* zum Themenkomplex Reisen an der Schnittstelle von Kultur- und Naturwissenschaften), *Ulrike Leitner, Christian Suckow* und *Petra Gentz-Werner*, die als Co-Autoren fungierten, Wissenschaftshistorisches eigenständig veröffentlichten und zum Teil bis in die Gegenwart publizieren.

Der Wissenschaftshistoriker mit dem Forschungsschwerpunkt Mathematische Wissenschaften und ehemalige Leiter der inzwischen eingestellten *Alexander-von-Humboldt*-Forschungsstelle der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW), *Eberhard Knobloch*, analysierte u.a. naturwissenschaftliche Weltbilder, die Geschichte der Wahrscheinlichkeitsrechnung sowie ihrer Anwendungen und er ergründete die Technik der Renaissance. Ihm sind wichtige Beiträge zu *Humboldts* inspirierendem Einfluss auf die *Entwicklung der Wissenschaften, weltbildakzentuierte Publikationen*, die Veröffentlichung zahlreicher Briefwechsel von *Humboldt* und die Förderung derartiger Projekte zu verdanken. Seit 2015 fungiert *Knobloch* als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des A. v. Humboldt-Akademievorhabens an der BBAW.

Nach den illustrativen und erhellenden Berichten über seine Forschungsreisen nach Amerika und Asien stellte *Humboldt* in seinem überragenden Spätwerk *die ganze materielle Welt, „von den Erscheinungen der Himmelsräume bis zur Geographie der Moose"* in einem Projekt dar und deklarierte sein „Kosmos"-Buch als „Entwurf einer physischen Weltbeschreibung" (Humboldt 1845–1862).

Ohne den Jahrzehnte währenden, eng vernetzten und akribisch ausgewiesenen Daten- und Meinungsaustausch mit Kollegen wären seine umfassenden Veröffentlichungen – insbesondere die Kosmos-Bände – gar nicht ausführbar gewesen. Der Rat von Experten zahlreicher Fachgebiete war unentbehrlich, weil *Humboldt* simultan und multidisziplinär in den unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen forschte und publizierte.

Schon als 27-Jähriger beschrieb er die Wissenschaft als „physique du monde". *Humboldt* begriff und interpretierte die *Natur als Einheit aller Erscheinungen: der Zustände und Prozesse*, von der unbelebten Materie bis zu den mannigfaltigen Lebewesen, förderte das *holistisch-relationale Verständnis* für das komplexe Zusammenwirken verschiedenster Faktoren. Zudem blieb er lebenslang dem ganzheitlichen Leitgedanke, *der inneren Zusammengehörigkeit – der Kooperativität und Kohärenz – von Natur und Kultur* treu.

Schon während seiner Lebenszeit waren die zwischen 1845–1862 in ungleichen Abständen im Cotta'schen Verlag in Stuttgart und Tübingen erscheinenden vier Bände ein aufsehenerregender Verkaufsschlager, ein innovatives und – obwohl rätselhafterweise ohne Abbildungen – anschaulich und allgemeinverständlich aufklärendes Konvolut für jene vermehrt nach Bildung strebenden und größer werdenden Bevölkerungskreise. Der fünfte, erst drei Jahre nach dem Tod von Humboldt veröffentlichte Band, ist unvollständig geblieben.

Überzeugende *Untersuchungen, Darstellungen und Wertungen der dynamischen Wissenschaftskonzeption Humboldts* verdanken wir *Ottmar Ette* (MLS) – einem international ausgewiesenen Romanisten, Professor für Romanische Literaturwissenschaft sowie Allgemeine und Vergleichende Literaturwissenschaft an der Universität Potsdam sowie langjährigen Mitgestalter des Peer-reviewed Journals *Alexander von Humboldt im Netz* (HiN) – Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien. Generell führt er uns die *Wege und Wirkungen des Humboldt'schen Strebens* nach einem *‚Zusammendenken' von Natur und Kultur* vor Augen: In dem Sinne umfassend beschrieben und interpretiert, exakt belegt sowie praktisch und theoretisch modelliert.

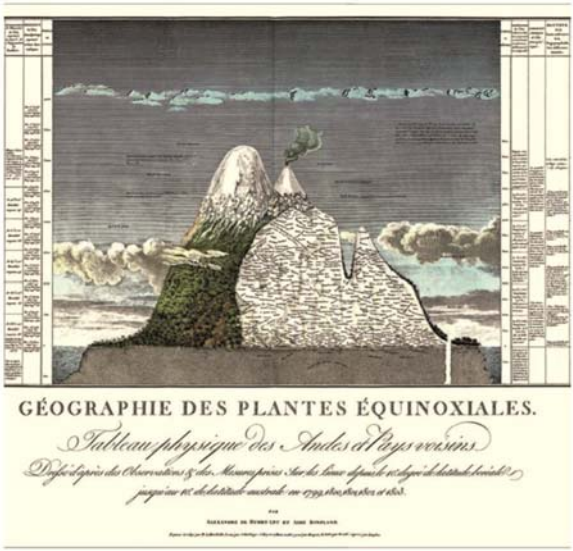

Abb. 1: Naturgemälde

Die berühmte Tafel «Géographie des plantes équinoxiales» (Geographie der Pflanzen in den Tropen-Ländern) Alexander von Humboldt & Aime Bonpland.

Alexander von Humboldt, „Tableau physique », Essai sur la Géographie des plantes, accompagné d'un Tableau physique des régions équinoxiales, et servant d'introduction à l'Ouvrage. Avec une Planche (Essay über Pflanzengeographie, begleitet von einer physikalischen Tabelle der Äquinoktialregionen als Einführung in das Buch. Mit einer Tafel.

(Paris: Schoell; Tübingen: Cotta, 1807). Courtesy of the Rare Books and Special Collections Division, McGill University Library.

Schon 2006 resümierte *Ette:*

> „Wollte man die *Humboldt'sche Wissenschaftskonzeption* in aller Kürze zusammenfassen, so ließe sich sagen, daß Humboldt im Verlauf eines mehr als sieben Jahrzehnte umfassenden wissenschaftlichen Forschens und Schreibens ein *Wissenschaftsverständnis* sowie *Grundüberzeugungen zu Theorie und Praxis von Wissensrepräsentation* entwickelte, die *in epistemologischer, wissenschaftsgeschichtlicher, wissenssoziologischer und ästhetischer Hinsicht* von einer unverkennbaren *Zunahme an Komplexität und Dynamik* gekennzeichnet sind.“(Ette 2006b, S.41, Hervorhebung LGF)

Humboldts Wissenschaftsvision und -praxis, die die wesensgemäß polyseme Struktur von Begriffen wie *Welt, Welterkenntnis, Weltverständnis, Weltbewusstseins, Weltbild* etc. als zentrale *Konstituenten inkludiert*, kann am bes-

ten als *dynamisch, hoch komplex, transdisziplinär, interkulturell, transregional, kosmopolitisch, demokratisch popularisierend, kooperativ und kommunikativ vernetzt und fraktal strukturiert* beschrieben werden. Diese Charakterisierung folgt im Wesentlichen *Ette.*

Einige Aspekte werden für den Diskurs ausgewählt und diese *holistisch-relationale Charakterisierung* sei die Orientierungshilfe. Anzumerken ist, dass *Humboldt* mit seinen internationalen Forschungsreisen ganzheitlich dachte und mit seinem weltweit aktivierten Netzwerk schon in einer globalisierten Welt lebte und operierte.

Ette reflektiert *die Aktualität und Zukunftsträchtigkeit der Humboldt' schen Auffassungen und dessen Wirken* insbesondere an den nachfolgend schematisiert und gerafft charakterisierten wissenschaftstheoretischen (speziell konzeptuellen und methodologischen) Aspekten sowie aus einigen anwendungsorientierten Perspektiven (vgl. Ette 2006a, S. 42–44).

Das von Humboldt in der, mit der industriellen Revolution im späten 18. Jahrhundert beginnenden, zweiten Phase beschleunigter Globalisierung[3] entfaltete und praktizierte *allgemeine und vergleichende Wissenschaftsverständnis* wird

1. von einer nicht nur interdisziplinären, sondern *transdisziplinären Ausrichtung geprägt*;
2. lässt sich das *global und komparatistisch ausgerichtete Wissenschaftsverständnis als interkulturell charakterisieren;*
3. ist *Humboldts*

   „Wissenschaftskonzeption in kritischer Fortführung der Ideen der französischen Aufklärung und der philosophischen Konzeptualisierung von Weltgeschichte

3 Nach der vorherrschenden Auffassung zur Periodisierung der **Globalisierung** begann deren *Phase eins* im 15. Jahrhundert. Die meisten Menschen waren noch wenig und sehr selten direkt involviert. Die *erste Phase* währte vom 15. bis ins 18. Jahrhundert. *Phase zwei*, die sich mit der *industriellen Revolution* im späten 18. Jahrhundert anbahnte und enger verflocht, wandelte in einem Jahrhundert – insbesondere mit der Dampfkraft und ihrer Nutzung u.a. in der Schifffahrt, im Eisenbahnwesen, für andere Antriebstechniken und für die Energiewandlung – die *gesamte Weltwirtschaft*. Damit begann die *‚moderne' Globalisierung*, mit ihrem zunehmend bestimmenden Strukturwandel, der tiefergreifenden internationalen Arbeitsteilung, dem anwachsenden Austausch von Gütern, Dienstleistungen, Kapital, sowie der zunehmenden transkontinentalen Migration. Sie ordinierte über die – essenziell von der umfassenderen *wissenschaftlich-technischen Revolution* getragene – soziotechnische und wirtschaftliche Transformation die gesellschaftliche Entwicklung. In den 1980er Jahren ging die *Globalisierung* in die *Phase drei* über, die auch als Ära der *anhaltenden ‚Hyperglobalisierung'* aufgefasst wird, weil die Deregulierung der Finanzindustrie sowie des Marktes, die weltwirtschaftliche Integration und die Dynamik ein erheblich höheres Niveau der Komplexität erreicht und gravierende, trotz einer stärkeren Rechtsbindung größtenteils unbewältigte, Folgen zeitigt.

und Weltbürgertum in der Tradition Immanuel Kants eine [*transepochale* (Ergänzung LGF)] *kosmopolitische Wissenschaft*, begreift sich in ihrer *ethischen Fundierung und politischen Verantwortlichkeit als an den Interessen der gesamten Menschheit und der Entfaltung einer multipolaren Moderne ausgerichtet.“* (Ette 2006b, S. 42, Hervorhebungen LGF)

4. arrangierte *Humboldt* bewusst eine *kooperative und kommunikative Struktur* des *Wissens und der Wissenschaft* mit *interkontinentalem und Disziplinen übergreifendem Wissenstransfer*. Er beförderte und nutzte ein *weltweit aktiviertes Netzwerk korrespondierender Wissenschaftler;*
5. erweitert er diese *hochgradig kommunikative Struktur* von Wissen und Wissenschaft „über die *Gewinnung und Produktion von Wissen* hinausgehend, auf dessen *gesellschaftliche Distribution und Rezeption*, zielte auf eine Popularisierung und Demokratisierung der Wissenschaft“, um – durchaus mit gesellschaftsverändernder Absicht – Wissen für möglichst breite Bereiche der Bevölkerung zugänglich und gesellschaftsfähig zu machen;
6. konstatiert *Ette*,

   „[...] verknüpfen die Humboldtschen *Präsentations- und Repräsentationsformen* von Wissen Intermedialität, Transmedialität und Ästhetik auf beeindruckende Weise und beinhalten *spezifische Verfahren und Techniken der Visualisierung von Wissen*, des Ineinandergreifens von Bild-Text und Schrift-Bild[4], zielen auf eine möglichst *simultane Wahrnehmung komplexer Wissensbestände*, [...] fördern eine *sinnliche*, am Erleben und Nacherleben ausgerichtete Aneignung von Wissen unter kollektiven wie individuellen Rezeptionsbedingungen“. (Ette 2006b, S. 43, Hervorhebungen LGF)

   Humboldt verfasste keine linearen Texte, augenfällig formiert er ein Netz aus Texten, Subtexten und bereits verschränkten Abbildungen, wie dem Naturgemälde der Anden. Mit dieser Struktur der Darstellung versucht er, die Natur zu emulieren, in der er eine analoge Struktur in den Verwandtschaftsverhältnissen der Pflanzen und Tiere zueinander erkennt;
7. entwickelte *Humboldt* in diesem Zusammenhang „in dem Sinne, daß er [...] in seinen *Formen wissenschaftlichen Schreibens literarische Techni-*

4 „[...] etwa in der *Konzeption des* ***»Naturgemäldes«***, das in gewisser Hinsicht eine Weiterentwicklung der Pasigraphie-Vorstellungen der Spätaufklärung darstellt. [...] Gerade in diesem Bereich ist der hohe Grad an Selbstreflexivität im Schaffen Humboldts nicht weniger markant als die Entwicklung jeweils sehr unterschiedlicher und nicht selten experimenteller Darstellungsformen in seinen verschiedenen Buchprojekten“. (Ette 2006a, S. 43) Im ersten Band des „Kosmos“ zeichnet *Humboldt* ein *allgemeines physisches Weltbild* in der Form eines „Naturgemäldes“.

ken der mise en abyme [...] verwandte" (Ette 2006b, S. 43), d.h. mit der mathematischen Rekursion vergleichbare abstrakte Verfahren, bei denen benannte Regeln erneut auf das selbst hervorgebrachte Ergebnis angewandt werden und damit Schreibverfahren, in denen die Gesamtheit eines Textes als Raummodell *‚in einer Nuss' komprimiert wird* [im Originalzitat: *in nuce*], beziehungsweise in verdichteter Form als *verkleinerte Nachbildung* [im Originalzitat: *modèle réduit*] im Text selbst existiert.

In Bezug auf die *Selbstähnlichkeit* und die von *Humboldt* erprobten *Anordnungstechniken* der Bilder und Grafiken heißt es beschreibend und verallgemeinernd bei *Ette*, dass die

„[...] gleichsam teleskopartig ineinandergeschobenen Illustrationen die *Beziehung zwischen vermeintlichem Chaos und Fragmenthaftigkeit einerseits und zu Grunde liegender Ordnung im Sinne des Humboldtschen Kosmos andererseits* buchstäblich vor Augen führen sollten. In diesem Sinne könnte man auch von einer fraktalen Konstruktion seines Gesamtwerkes sprechen, dessen Einheit nicht durch zentrierende oder totalisierende Strukturen, sondern durch die Relationalität sich wiederholender Muster und Verfahren hergestellt wird."(Ette 2006b, S. 43, Hervorhebungen LGF)

Das vorangehende Zitat beschreibt wesentliche Merkmale der und offenbart Anklänge an die scheinbar paradoxe Denkfigur der *Rhizomazität*[5], einem zu-

5 **Rhizom** – biotisches/botanisches Original: *Sprossachsensystem*, analog von *Gilles Deleuze* und *Félix Guattari* entwickelte *Denkfigur*: metaphorische ‚diagrammatische Idee' und ‚dynamisches Schema' *(Rhizomorphizität)* in Einem.
Das Rhizom ist ein verzweigtes, verästeltes, in sich verschiedenartig verflochtenes und sich nach Brüchen selbst regenerierendes System. In ihm verweben sich *Einheit und Vielheit* korrelativ: Das eine existiert weder vor oder über dem anderen, noch hebt das eine das andere auf. Im Geflecht der zumeist komplexen Beziehungen im Netzwerk kooperieren so mehrere Relationen (Relationalitäten). Rhizomatisch können diverse Perspektiven und mannigfaltige Ansätze frei verkettet werden. Ein Zentrum der Ordnung (Struktur) existiert nicht; die Peripherie ist absolut gleichrangig *(Polyzentrismus)*.
In dem *paradoxen Strukturmodell zur Weltbeschreibung und Wissensorganisation*, einem – analog zum Original – nicht hierarchisch zentrierten *Raumbild*, treten anstelle der *Einheit* differente, miteinander formenreich verbindbare *Vielheiten* (sogenannte Plateaus) in den Fokus der Beobachtung und Interpretation. Prinzipiell kann jeder Punkt beliebig mit jedem anderen Punkt des *polyzentrischen Systems* verbunden werden. Ausgezeichnete Punkte sind die Noden (originär sind das z.B. verdickte Ansatzstellen für Blätter als botanische Grundorgane); Konoden verbinden im Gleichgewicht stehende Punkte (Zustände) miteinander. Der Wert scheinbar chaotischer Verknüpfungen, wird überdies erst verständlich und beschreibbar, wenn diese als Rhizom modelliert werden.
Die *polyzentrische Rhizomorphizität* funktioniert nach den *Prinzipien (Theoremen)* der *Konnexion* und der *Heterogenität*. Der in allen Natur- und Geisteswissenschaften etablierte Begriff Heterogenität *besagt,* dass die Verbindungen eigenständig und weitgehend unabhängig voneinander bleiben.

mindest komplementären, postmodernen und potentem *Strukturmodell zur Weltbeschreibung und Wissensorganisation.*

2 Leitlinien und Grundgedanken der Humboldtschen Wissenschaftskonzeption und Wissenschaftspraxis sowie seines Weltbildes

Wesentliche *Leitlinien und Grundgedanken* seien zur *Orientierung* und als *Referenz* thesenhaft umrissen. Grundsätzlich gilt in all diesen Zusammenhängen:

Erstens: Als *Medium des Denkens und Begreifens, des Weltverständnisses und der Weltauffassung dienen Sprachakte.* Sprachliche Strukturen bilden sowohl die Voraussetzungen als auch die Grenzen des Erkennbaren. Das sprachliche Denken sowie seine adäquaten immateriellen Vorstellungsbilder korrespondieren mit Worten.[6] Das sind Relationen; und die verwendeten dynamischen Begriffe sind offen für „Sprachspiele", die die Heterogenität nicht nur tolerieren, sondern unter Umständen sogar bedingen.

Von Erfahrungen getragen hob *Humboldt* 1828 hervor:

> „Das alte Geschlecht kannte den *Werth des lebendigen Wortes*, den begeisternden Einflufs, welchen durch ihre Nähe hohe Meisterschaft ausübt, und die aufhellende Macht des Gesprächs, wenn es unvorbereitet, frey und schonend zugleich, *das Gewebe wissenschaftlicher Meynungen und Zweifel durchläuft*" [sic]. (Humboldt 1828, S. 272, Hervorhebungen LGF)

Zweitens: Zumindest die *Humboldt'schen Kernbegriffe Natur, Naturwissenschaft, Mathematik* haben ihr Vorbild und erhalten wesentliche Deutungen in *Immanuel Kants* (1724–1804) Werk, insbesondere in seiner 1786 in den „Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft" publizierten *dynamischen Materietheorie*. Die vom Wissenschaftler und Humanisten *Humboldt* innerhalb der *Kant'schen Koordinaten Raum und Zeit* situationsgebunden verarbeiteten *Natur- und Welterfahrungen* verdeutlichen den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, sie *konstituieren* und *entfalten* schrittweise und simultan seine *dynamische Wissenschaftskonzeption* und sein *evolutionäres Weltbild*.

In diesem Kontext ist es angebracht, das variable Gefüge der von *Humboldt* verwendeten, naturgemäß in den sieben Jahrzehnten seiner inter- so-

---

6 *Wilhelm von Humboldt* (1767–1835) riet, die *Sprache* nicht als starres System aufzufassen, sondern die situationsgebundene konkrete Äußerung der gesprochenen Sprache als ihren eigentlichen Topos zu betrachten: *„Die wahre Sprache ist nur die in der Rede sich offenbarende."* (W. v. Humboldt 1835, S. 485, Hervorhebung LGF)

wie transdiziplinären Forschung und seines wissenschaftlichen Schreibens sich wandelnden und von ihm spezifisch entfalteten Begriffe – soweit wie überhaupt möglich – in ihrer Quintessenz darzustellen:

> „Soll die Gemeinschaft sich ordnen und der Einzelne seine Bestimmung erfüllen, dann müssen zuerst die *Begriffe in Ordnung gebracht werden*, denn die Unordnung ist zuerst im Denken.“ (Kung-fu-tse[Konfuzius] zugeordneter Spruch, Hervorhebungen LGF)

3 Themenrelevante Leitbegriffe und zentrale Humboldt'sche Thesen

> „Die Natur ist für die denkende Betrachtung *Einheit in der Vielheit, Verbindung des Mannigfaltigen in Form und Mischung*, Inbegriff der *Naturdinge und Naturkräfte*, als ein *lebendiges Ganzes*.“ (Humboldt 1845–1862 Bd. I, S. 3, Hervorhebungen LGF]

Natur war für *Humboldt* sowohl die rätselbehaftete, verhüllte, schwer zu ergründende *‚Urform aller Erscheinungen‘, ‚ewig schaffende Urkraft der Welt‘* – das *‚bewegende und transformierende innere Wirkungsvermögen* – als auch die *Gesamtheit des Gewordenen, Seienden* und *Werdenden*. Er erläutert: „Das *Sein* wird in seinem Umfang und inneren Sein [Wesen] vollständig erst *als ein Gewordenes* erkannt“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 64, Hervorhebungen LGF).

> „Das wichtigste Resultat des sinnigen *[sinnvollen]* physischen Forschens ist daher dieses: *in der Mannigfaltigkeit die Einheit zu erkennen*; von dem Individuellen alles zu umfassen, was die Entdeckungen der letzteren Zeitalter uns darbieten [...], den Geist der Natur zu ergreifen, welcher unter der Decke der Erscheinungen verhüllt liegt. Auf diesem Wege reicht unser Bestreben über die enge Grenze der Sinnenwelt hinaus; und es kann uns gelingen, die Natur begreifend, den rohen Stoff *empirischer Anschauung* gleichsam durch *Ideen zu beherrschen*.“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 5–6, Hervorhebungen LGF)

Ideen – das bedeutet ‚Einsichten in den Geist‘ der Natur, Leitgedanken zu ihrem Wesen, die das Beobachten und Sammeln logisch lenken.

> „Je höher der Gesichtspunkt gestellt ist, aus welchem in diesem Werke [dem Kosmos – Ergänzung LGF] die *Naturerscheinungen* betrachtet werden, desto bestimmter muß die zu begründende Wissenschaft umgrenzt und von allen verwandten Disciplinen geschieden werden. *Physische Weltbeschreibung ist Betrachtung alles Geschaffenen, alles Seienden im Raume (der Natur-Dinge und Natur-Kräfte) als eines gleichzeitig bestehenden Natur-Ganzen.*“ (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 50, Hervorhebungen LGF)

Humboldts Naturverständnis erfasst den Doppelcharakter: die *natura naturata* und die *natura naturans*, die *geschaffene* (hervorgebrachte) und die *schaffende* (hervorbringende) *Natur*. Also, die *Gesetzen unterliegenden Naturdinge*, und jene, die den naturalen *Entitäten Gesetze vorschreiben*.[7] Mit dem dialektischen Begriffspaar *natura naturans* und *natura naturata* wird die *Idee einer zweiten Natur* generiert.[8] In *Johann Wolfgang von Goethes* (1749–1832) pantheistischer Auffassung werden der Kosmos, die Natur, zum Göttlichen – identisch mit Gott (≈ Gottnatur). Einige philosophische Anthropologen erheben – statt eines abstrakten Gottes oder der ‚Gottnatur' – den Menschen selbst zum Schöpfer, zu einem homo faber, zum Handwerker oder Künstler, der die Natur verwandelt und so Neues schafft. Folgerichtig verkehrte sich in der Neuzeit der Begriff der zweiten Natur perspektivisch: Er beschreibt die *vom Menschen künstlich geschaffene Natur*, speziell die artefaktische Technik und Technologien. Beide sind *Kulturprodukte* sowie *Kulturformen*, folglich ebenso in die universelle Kultur integriert, wie umgekehrt die Kultur in die Technik-Technologien. Sie ‚imprägnieren' das menschliche Leben. Über die ubiquitäre *Technisierung* fungieren sie als finale Instrumente der Daseinsgestaltung, der Daseinsbewältigung sowie des Selfenhancement: der Selbstverstärkung sowie Selbstvervollkommnung und verhelfen dem ‚homo faber' zum Effizienz-, Effektivitäts-, Kreativitäts- und Freiheitsgewinn.

Natur und *Welt* waren für *Humboldt* keine unmissverständlich oder gar scharf separierten Begriffe. So verwendet er beispielsweise *Naturgemälde* und *Weltgemälde* nahezu synonym. *Humboldt* sprach vom großen und verwickelten Gemeinwesen, welches wir Natur und Welt nennen (Humboldt 1845–1862, Bd. V, S. 7). Er ordinierte die seit der Antike beschworene *Korrespondenz* von *„Naturgemälde"* und *„Theoriegebäude"*, ohne die Theorie-

7 Diesen Dualismus interpretierte *Humboldt* besonders ausführlich in den *einleitenden Vorbemerkungen* zur Geographischen Verteilung der Pflanzen ... (Humboldt, A. v. 1815).

8 Dieses Begriffspaar verwendete 1244 erstmals *Vincent von Beauvais* (1184/94–um 1264): „natura primo dicitur dupliciter: uno modo *natura naturans*, idest ipsa summa lex naturae, quae Deus est [...] aliter vero dicitur natura naturata, et haec multipliciter." (Speculum doctrinale IX, 4, 1624 Douai, Nachdruck 1964/65 Graz). *Baruch de Spinoza* (1632–1677) und der Naturphilosoph Friedrich *Wilhelm Joseph Schelling* (1775–1854) griffen die Idee vom Doppelcharakter der Natur auf und explizierten sie. Weit verbreitet gelten sie jedoch als deren Kreatoren. *Spinoza* verstand unter der *zweiten Natur* die von der *Gottnatur* ≈ *‚Grund aller Wirklichkeit' (Natura naturans) geschaffene Natur (Natura naturata). Schelling* verwendet im Rahmen seiner holistischen Naturphilosophie die Begriffe „natura naturans" und „natura naturata", um eine Grenzlinie zwischen den Doppelaspekten seines Naturverständnisses zu ziehen. 1805 kam *Humboldt* mit *Schelling* in Kontakt, interessierte sich für dessen Naturphilosophie und fand Parallelen zu seinem eigenen Denken. Später distanzierte er sich von ihm.

bildung zu speziellen Sachverhalten selbst exponiert zu betreiben. Selbstbekundet überließ er sie bewusst Mathematikern. Eine Theorie musste für *Humboldt* nicht einfach und auf Einzelfälle beschränkt sein, sondern sollte auch Details zu erklären vermögen. Der Mediziner und Philosoph *Karl Joseph Hieronymus Windischmann* (1775–1839), bezeichnete den von ihm hoch geachteten *Humboldt* in einem Brief an den Naturphilosophen *Friedrich Wilhelm Schelling* (1775–1858) als *„Fürsten der Empirie“*. Mit seinen breit gefächerten disziplinären Feldforschungen wirkte er erfolgreich als Althistoriker, Anatom, Anthropologe, Botaniker, Ethnograf, Ethnologe, Geologe, Mineraloge, Physiker, Philosoph, Vulkanologe und Zoologe. Dabei begründete der ‚Universalgelehrte‘ – eigentlich gegen seine ganzheitlichen Intentionen – die Geografie, besonders die Biogeographie und die Kulturgeographie, die Klimaforschung sowie die Ozeanografie als relativ autonome empirische Wissenschaften.

Alle wissenschaftlichen Spezialforschungen waren für *Humboldt* dennoch vor allem Bausteine zur Erkenntnis des Ganzen der Natur. Sein herausgehobenes Ziel war es, zu einer umfassenden Darstellung von Erde und Weltall zu gelangen. *Wirkliche Bildung* zielte für ihn demgemäß auf die Fähigkeit zum *vernetzten und vernetzenden Denken und Forschen*. Diese *Kernkompetenz* bildet die entscheidende Grundlage eines Zusammenlebens in wechselseitiger Achtung der Differenz. Nicht nur in der Natur ist für *Humboldt* ‚alles Wechselwirkung‘. Seine wissenschaftlichen Analysen beschränkten sich demzufolge nicht nur auf *naturwissenschaftliche Aspekte*, sondern umschlossen zugleich *die mannigfachsten Objekte der Kulturforschung sowie epistemische Objekte im weiteren Sinn, exponiert Strukturen und Funktionen*, denen das Streben nach Wissen gilt.

Der grundlegende Begriff *Kosmos* bezeichnet bei *Humboldt*, analog zur antiken griechischen Ordnungstheorie als *Antipode* zum *Chaos* (dem ubiquitären relationalen Ordnungsmerkmal und „Ersten von Allem was ward“) eine *ganzheitliche (Welt)ordnung oder das Universum*: das antike (pythagoreische) Sinnbild höchster Ordnung, das *Harmonie, Wahrhaftigkeit* und *Schönheit* einschließt. Im zweiten Band des „Kosmos“ werden die Elemente und Grundsätze zur allmählichen Entfaltung und Erweiterung des Begriffs Kosmos: als dem geordneten Naturganzen im pythagoreischen Sinn, in einer Geschichte der physischen Weltanschauung entwickelt.

> *„Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze nach Maß- und Zahlverhältnissen kennt. Auch hier liegt die Macht in der volkstümlichen Intelligenz.“* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 36, Hervorhebungen LGF)

„Zahlen sind Mächte des Kosmos“. (Humboldt 1845–1862, I, S. 82, Hervorhebungen LGF). Primär sind damit Ordnungen in der Natur gemeint. Sie wirken auch in der „einzig entscheidenden Methode der Mittelwerte“ (im Original als *Mittelzahlen* bezeichnet). (Humboldt 1845–1862, Bd. IV, S. 288, Hervorhebungen LGF). Mit der Abkehr von Extremwerten hin zum arithmetischen Mittel, vollzieht *Humboldt* – auf seiner Suche nach dem ‚Stetigen im Wechsel‘ – eine Transformation wirklicher Größen zu einer abstrakten Größe oder einem charakteristischen Satz abstrakter Größe. Diese Modalitäten ermöglichen, das *Gesetzmäßige zu erkennen* und *darzustellen*, das der Änderung variabler Größen zugrunde liegt. Es wird eine „sinngebende Kraft der mathematischen Struktur“ postuliert. Proportionen widerspiegeln das Verhältnis der Teile zum Ganzen. Das Wesen der Dinge kann in den *Zahlenverhältnissen* erkannt werden, ihre Veränderungen und Transformationen sind als *Zahlen-Combinationen* abbildbar“.(Humboldt 1845–1862, Bd. III, S. 12, Hervorhebungen LGF). Möglichst genaue Zählungen und Messungen sollten daher die Grundlage für die Aufstellung einer Theorie sein. *Humboldt* setzte ein *globales Gleichgewicht aller Kräfte* voraus, das sich erschließe, indem die Mittelwerte der Messungen als empirisch gesicherte Sachstandserhebungen geographisch und zueinander in Beziehung gesetzt werden, erst später nach mathematischen Gesetzen für deren Verteilung gesucht wird. Je mehr von diesen Kräften gemessen werden, desto genauer erkenne die Wissenschaft die Ordnung der Welt, in einer nahezu deterministischen Gedankenkette von Parameterkenntnis und Erklärbarkeit. In diesem Bekenntnis spiegelt sich das *Credo* des *Galileo Galilei* (1564–1641/42): Das Buch der Natur sei in mathematischen Ziffern geschrieben. Wer es lesen wolle, müsse die Zeichen der Mathematik lesen können.

Die Methode der Mittelwerte zieht sich als *erkenntnisleitendes Prinzip* über Jahrzehnte durch die wissenschaftlichen Veröffentlichungen *Humboldts*. Die Arithmetica botanica und der Erdmagnetismus sind ad hoc Beispiele. Die zumindest theoretisch *unbegrenzte Wiederholbarkeit* sowie die *quantitativen* (mengenmäßigen) und die (im Sinne des Zahlensystems der Mathematik) *qualitativen Erweiterungsmöglichkeiten des Zahlenkörpers* (→ natürliche, ganze, reelle – d.h. rationale und irrationale Zahlen – komplexe Zahlen) reflektieren die räumliche und zeitliche Unendlichkeit der Natur sowie ihren Charakter der Permanenz und der Unvergänglichkeit.

Im Begriff *Wissen* verband *Humboldt* grundsätzlich die drei möglichen *Interdependenzen mit dem Weltganzen*, nämlich mit den kooperierenden *Wirkprofilen Beobachten, Denken und Handeln*. In der Diktion der Wissenssoziologie beschrieben korrespondiert das mit der rezenten *Mittelstraß'*

schen Denkhaltung und Terminologie vom Orientierungswissen (einem Wissen, das es gestattet, uns *Klarheit* über unsere Ziele zu verschaffen) und dem *Verfügungswissen* (einem Wissen über die *Mittel*, ein *Ziel zu erreichen*). Aus eigenem Erleben wusste *Humboldt*: Bildung ist Lebenssinn und Notwendigkeit. Seinen aufklärerischen Anspruch begründete er damit, dass auch Aufklärung[9] primär Bildung bedeutet.

In *„lebendiger Sprache"* und *„das Gemüth ergötzend"* suchte *Humboldt* „die Erscheinungen der körperlichen Dinge in ihrem Zusammenhang, die Natur als durch innere Kräfte bewegtes und belebtes Ganzes" in ihren funktionalen (empirischen rationes – numerischen sowie visuellen „Mess- und Zahlverhältnissen") und kausalen Beziehungen zu vermitteln.

1847 schrieb er an den Astronomen *Johann Franz Encke* (1791–1865), dass all unser *Naturwissen* auf *mathematisches Wissen* und *Kenntnis der Stoffe* gegründet sei. (vgl. Holl 2009, S. 86, Hervorhebungen LGF).

Humboldt vertritt eine *dualistische Weltanschauung:*

> „*Wissenschaft* fängt erst da an, wo der Geist sich des Stoffes bemächtigt, wo versucht wird, die Massen der *Erfahrungen einer Vernunfterkenntnis zu unterwerfen*; sie ist der *Geist, zugewandt zu der Natur*." (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 69, Hervorhebungen LGF)

Dabei leitete ihn zum einen die fundamentale wissenschaftliche und weltanschaulich Erkenntnis: *„Alles ist Wechselwirkung"* (Humboldt 1803, Reisetagebuch 1.–5. August, Tal von Mexiko, In: avhumboldt.de) – wechselseitig untereinander verbunden und folglich mit allgemeinen Gesetzen verkettet: Nichts steht allein. Nichts ist statisch. Die Bewegung wird zum Urheber des Weltgeschehens und zum Schlüssel des Weltverstehens. Zum anderen nutzte

---

9 Die Literaturepoche der ***Aufklärung*** ist vor dem Hintergrund einer gesamteuropäischen bürgerlichen Bewegung im 18. Jahrhundert zu betrachten, die ihre Wurzeln in England und Frankreich hatte. Sie war geprägt vom analytischen und kausalen Denken und dem Glauben an den *Sieg der Vernunft* und des *Fortschrittsdenkens*. Dadurch entstand ein neues bürgerliches Bewusstsein, das neben Vernunft auch die Freiheit als Grundprinzip ansah. In diesem Zusammenhang wurden wesentliche Herrschaftsstrukturen zu Gunsten des [in der Vernunft des Menschen begründeten – Ergänzung LGF] Naturrechts in Frage gestellt, das alle Menschen von Geburt an gleich in ihrem Verstand und ihren Rechten betrachtete. Das bekannteste Beispiel für diese Bewegung ist die Französische Revolution 1789. Viele berühmte philosophische Grundsätze stammen aus dieser Zeit, wie zum Beispiel „cogito ergo sum" („Ich denke, also bin ich.") von *René Descartes* (1596–1650) oder „Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!" von *Immanuel Kant*. In der Literaturgeschichte schließt der Begriff der Aufklärung die Epochen Empfindsamkeit sowie Sturm und Drang mit ein (vgl. Pohlw, Wolfgang: Deutsche Literaturgeschichte & Literaturepochen. [https://www.pohlw.de]).

Humboldt für seine umfangreichen physikalischen Observationen und Experimente konsequent die bereits skizzierte Methode der Mittelwerte.

Der *Universalist* will die Zusammenhänge aller Naturkräfte verstehen und integriert den Natur*genuss*, die Natur*beschreibung*, die Natur*erkenntnis* und die Natur*beherrschung*.

4 Zur bedingten Aktualität und der Zukunftsträchtigkeit Humboldt'scher Auffassungen

Bevor die bedingte Aktualität und Zukunftsträchtigkeit *Humboldt'scher* Auffassungen in ihrem Bezug auf ausgewählte, besonders *herausragende gegenwärtige Problemstrukturen und Lösungsansätze* in überschaubaren Dimensionen diskutiert werden, sei eine wesentliche wissenschaftshistorische und wissenschaftsmethodische Auffassung vorangestellt und begründet. Manche seiner wissenschaftlichen Einzelbeobachtungen und Aussagen sind wesensgemäß im Laufe der Jahre von anderen Forschern korrigiert worden. Spätestens in *Humboldts* Todesjahr 1859, in dem am 24. November das epochale Werk von *Charles Darwin* (1809–1882) „Über den Ursprung der Arten" erschien,[10] wurde *Humboldts Naturverständnis von Darwins Theorie der Evolution* folgenreich *gewandelt* und (etwas genauer ausgedrückt) *dialektisch ‚aufgehoben'*.

Nach *Darwins* Erkenntnissen verändern sich in genügend langen Zeiträumen erfahrungsgemäß alle von gemeinsamen Vorfahren abstammenden Tier- und Pflanzenarten. Zur Erklärung der selbstinduzierten (evolutorischen) Herausbildung unterschiedlicher biotischer Arten (der Phylogenie) nutzt er primär die Prinzipien der natürlichen Variation und der natürlichen Selektion. So sind die berühmten Schnabelformen der auf den Galapagosinseln isolierten Darwinfinken Mutationen, also das Ergebnis spontan auftretender, inzwischen sehr gut untersuchter dauerhafter Veränderungen des Erbgutes.

Statt eines wohlgeordneten Universums und der natürlichen Harmonie im Kosmos konsolidiere sich und lotse ideell das zunehmend facetten- und

10 Das **Hauptwerk** des britischen Naturforschers *Charles Darwin* trägt den vollständigen Titel: „On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life". *Darwin* bearbeitete insgesamt sechs Auflagen dieses fundamentalen Werkes der Evolutionsbiologie. Erst der Kurztitel der sechsten Auflage (1872) lautet „The Origin of Species". Den determinierenden Begriff *Species/Arten* definierte *Darwin* in keiner dieser Publikationen. Auch bis dato existiert keine allgemeine Definition der „Art" (im Sinne der Biologie), die im gleichen Maße die theoretischen und praktischen Anforderungen aller Teildisziplinen der Biowissenschaften erfüllt. Auf welchem Abstraktionsniveau bzw. ob eine solche Definition überhaupt möglich ist, gehört zu den kontroversen inhaltlichen Bestimmungsproblemen.

nuancenreichere Bild einer dynamischen, sich *stetig wandelnden und kategorisch auslesenden Natur*. Dieses beschriebene Faktum wird von einigen Exegeten als Scheitern des Weltverständnisses und der Wissenschaftskonzeption *Humboldts* interpretiert.

Zwei bedenkenswerte Tatbestände müssen in dem Kontext als *Korrektive* beachtet werden.

Erstens, dass die *Darwinsche* Theorie nicht bühnenreif, wie ‚Deus ex machina', am 24.11.1859 vom Himmel schwebte, sondern *Darwin* bereits auf seiner Weltreise 1831–1836 mit der HMS Beagle zahlreiche Belege für seine später ausgearbeitete *Evolutionstheorie* gesammelt hatte und seine Erkenntnisse in der Folge fortwährend mit systematischen Experimenten sowie mittels der wissenschaftlichen Korrespondenz präzisierte und erweiterte. Er studierte sorgfältig *Humboldts* Schriften während der Fahrt mit der „Beagle", teilte dessen Enthusiasmus und verehrte ihn. *Petra Werner* und *Christian Helmreich* zeigten, dass *Humboldt* (und dessen Reiseberichte) zwar als wichtige Quelle für *Darwin*, jedoch nicht als direkter Vorläufer gelten kann. Allerdings nahm *Darwin* mit seiner Evolutionstheorie sprachliche Anleihen bei den *Humboldt'schen ‚Spekulationen'* (vgl. Cannon 1978, S. 86–87, Hervorhebungen LGF).

Wie eine Reihe anderer junger Wissenschaftler gehörte *Darwin* zu *Humboldts* personalisiertem ‚Netzwerk' und profitierte von der globalen Kommunikation, die nicht nur dem wissenschaftlichen Austausch diente, sondern zudem methodische Tipps vermittelte und sogar Hinweise auf freie Stellen gab.

Zweitens legte *Humboldt* selbst großen Wert darauf, den jeweils aktuellen Stand des gesicherten Wissens zu den ‚physischen Erscheinungen' produktiv zu erfassen und wiederzugeben, d.h. neue Forschungsergebnisse verschiedenster Fachgebiete so effektiv und schnell wie möglich sowie so umfassend wie nötig in seine eigenen Forschungsvorhaben, Studien und Publikationen einzubeziehen, denen er generell eine Wandlungsfähigkeit, das Viable [Etwas, das lebensfähig, in der Lage ist, das zu tun, was es leisten soll.], den Charakter des Vorläufigen und Entwicklungsfähigen zumaß. Aus der Perspektive der Erkenntnistheorie betonte er prinzipiell: *„Jedes Naturgesetz, das sich dem Beobachter offenbart, läßt auf ein höheres, noch unerkanntes schließen*." (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 21f., Hervorhebungen LGF)

Am 18. September 1828 bekundete *Humboldt* in seiner Rede zur Eröffnung der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin:

„Entschleierung der Wahrheit ist ohne Divergenz der Meinungen nicht denkbar, weil die Wahrheit nicht in ihrem ganzen Umfang, auf einmal, und von allen zugleich, erkannt wird. Jeder Schritt, der den Naturforscher seinem Ziele zu nähern scheint, führt ihn an den Eingang neuer Labyrinthe. Die Masse der Zweifel wird nicht gemindert, sie verbreitet sich nur, wie ein beweglicher Nebelduft, über andre und andre Gebiete. Wer golden die Zeit nennt, wo Verschiedenheit der Ansichten, oder wie man sich wohl auszudrücken pflegt, der Zwist der Gelehrten, geschlichtet sein wird, hat von den Bedürfnissen der Wissenschaft, von ihrem rastlosen Fortschreiten, eben so wenig einen klaren Begriff, als derjenige, welcher, in träger Selbstzufriedenheit, sich rühmt, in der Geognosie, Chemie oder Physiologie, seit mehreren Jahrzehenden, dieselben Meinungen zu vertheidigen. Die Gründer dieser Gesellschaft haben, in wahrem und tiefem Gefühle der Einheit der Natur, alle Zweige des physikalischen Wissens *(des beschreibenden, messenden und experimentirenden)* innigst miteinander vereinigt“ [sic!]. (Humboldt 1828, S. 272, Ergänzungen, Hervorhebungen LGF)[11]

Seine eigenen Leistungen einordnend, allerdings zu bescheiden beurteilend, schrieb er am 20. Oktober 1849 an die Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

„*Das Wenige*, was ich habe leisten können und bis zum letzten Atemzuge zu leisten streben werde, *gehört* nicht mir, sondern *der Zeit, in der ich gelebt und deren Bedürfnisse ich sorgsam zu erspähen gesucht habe.*“ (Humboldt 20.10. 1849 Potsdam, Brief an die Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. (In: avhumboldt.de, Hervorhebungen LGF)

Beim *ersten Zwischen-Resümee* sind zwei Perspektiven zu bedenken:

1. Wie sind die *Humboldt'sche* Wissenschaftskonzeption und seine Grundüberzeugungen unter den Bedingungen und mit den Maßstäben seiner Zeit objektiv zu bewerten?
2. Welche konzeptionellen Ansätze und methodologischen Grundelementen *Humboldts* bewähren sich auch in der Wissenschaft der Gegenwart, worauf kann sie aufbauen?

Zunächst zum historischen Aspekt, zur Wissenschaft in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Die amerikanische Wissenschaftshistorikerin (die ‚männliche Frau‘) *Susan Faye Cannon* (geb. Walter Faw) (1925–1981) fusioniert unter dem Konzept der „Humboldtian science“ *Humboldts* Einsatz präziser wissenschaftlicher Instrumente, quantifizierender experimenteller Methoden, seine allgemeingültige holistisch-relationale Perspektive auf die Natur und den

11 Die Schreibweise und die Interpunktion des Originaltextes wurden ausnahmsweise zur Demonstration übernommen.

sich *entfaltenden Ansatz der ‚Naturkunde'* aus der *Naturphilosophie* heraus. Letztlich die *generelle Neuorganisation von Wissen und diverser Wissenschaftsdisziplinen* in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, in der dadurch explizierten *Epoche der modernen, mathematisch orientierten Naturwissenschaften*. *Cannon* charakterisiert die großen Neuerungen in der professionellen Wissenschaft dieser Zeit, die von einem „neuen Bekenntnis zur Genauigkeit [...] hinsichtlich der Instrumente und aller Beobachtungen"; einer „neuen geistigen Raffinesse/Eleganz, die sich in der Abneigung gegenüber [zu] einfachen Theorien aus der Vergangenheit" und einem „neuen Arsenal konzeptioneller Werkzeuge zeigen, wie Isokarten [eine nichtlineare Methode zur Reduktion von Dimensionen], in Grafiken und der Fehlertheorie [vor *Gauß*]. Solche Elemente sind charakterisiert von der Nutzanwendung auf „die immense Vielfalt realer Phänomene, um eindeutige Gesetze zu finden, die sich mit den sehr komplexen Zusammenhängen des Physischen, Biologischen und sogar des Menschlichen" sowie deren dynamischen Ursachen befassen, die in globalen geographischen Dimensionen wirken könnten (vgl. Cannon 1978, S. 105, Hervorhebungen LGF). Die neuen Erkenntnisse mussten „allgemein gültig und mathematisch fassbar sein" (Cannon 1978, S. 104, Hervorhebungen LGF). Für die *Gesamtheit der Vorgänge* und den *Inhalt der Wahrnehmung* (also die Perzeption) ist es von besonderer Bedeutung, die vorn beschriebene hypertextuelle Struktur der wissenschaftlichen Publikationen *Humboldts* sowie die interkulturellen Perspektiven seiner Arbeit einzubeziehen.

> „Ich habe nicht gesagt und glaube nicht, dass *Humboldt* alle Teile der *‚Humboldtian science'* erfunden hat; [...] *Humboldt* hat, denke ich, die Teile recht schön zusammengesetzt." (Cannon 1978, S. 96, Hervorhebungen LGF)

Humboldt ist demnach unverkennbar mehr als ein multiperspektivisch beschreibender, im Grunde materialistischer Beobachter, ein einige verheißungsvolle Fachgebiete inaugurierender Förderer der Wissenschaft sowie der universalistische Sammler empirischer Fakten und physischer Objekte für Museen, also erwiesenermaßen mehr als ein „Fürst der Empirie".

Vor allem *Humboldts* Forschungsreisen sowie seine sich über zwei Jahrzehnte erstreckenden Gedankenaustausche und kooperativen Forschungen mit bedeutenden französischen Gelehrten im fortschrittlichen *Paris, der ‚Hauptstadt der Wissenschaft'* seiner Zeit, die im *Differenzierungsprozess naturwissenschaftlicher Disziplinen inspirierend und bahnbrechend wirkte*, schärften seine epistemologischen Kategorien, halfen nachhaltig effektive Prinzipien und Konzepte für komplexe dynamische Zusammenhänge im

facettenreichen Naturganzen zu vervollkommnen und zu kultivieren. Wobei die epistemischen Dinge nicht auf Objekte beschränkt blieben, sondern auch Felder und Kräfte, Strukturen und Prozesse (Aktionen und Reaktionen), Funktionen und Funktionalitäten sowie Verteilungen[12] einschlossen.

Der *vieldeutige und vielfältige Naturbegriff* ist auch im modernen Denken ein *dynamischer Leitbegriff* geblieben. Sukzessive Annäherungen an seine Bedeutungsvielfalt sind wesensgemäß über die historische und sachliche Substruktur einer Begrifflichkeit möglich. Die begriffsphilosophische Qualität der zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbaren konnotativen Begriffsdefinition, insbesondere die evolutive Ausformungen des Erklärungsgehaltes, stellt generell einen Indikator des evolvierenden Erkenntnisstandes (Wissens) dar und dokumentiert auf diese Weise obendrein vordringlich zu beseitigende Mängel und Lücken.

5 Ausgewählte Themenfelder und Herausforderungen im Diskurs

5.1 Die einbettenden Existenz- und Entwicklungsbedingungen (Dispositiv 1)

Zur vertretbaren Reflexion bestimmter Wirkungen der gemeinschaftlich ererbten „Humboldtian science“ in der Gegenwart, ist es zwingend geboten, die obwaltenden Existenz- und Entwicklungsbedingungen ins Kalkül zu ziehen und ebenso die unmittelbar relevanten Problemfelder kontextuell zu diskutieren.

Der *derzeitige gesellschaftliche Wandel* wird von zwei interagierenden, in sich strukturierten Prozessen mit gravierenden Folgen entgegengesetzter Vorzeichen geprägt: der *ausufernden Globalisierung* sowie der beschleunig-

12 *Humboldts überragendes Interesse an Verteilungen/Verbreitungen* belegt schon der Titel der Programmschrift seiner Forschung „De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium“, ‚Über die geographische *Verteilung der Pflanzen* gemäß dem mittleren Klima und der Höhe der Berge’ (Humboldt 1815). In Details spiegelt es sich – laut Literatur – in den ungezählten Fragen nach der *Verteilung der Kontinentalmassen* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 29), *der Klimate* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 29), *der Massen* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 57), *der Materie* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 86), *von Wasser und Land auf dem Erdkörper* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 98), *der Lichtmassen der Sterne* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 154), *der Dichtigkeitsverhältnisse im Innern des Erdkörpers* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 183), *des Magnetismus oder der Vulkane auf der Erdoberfläche* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 192, 249, 254), *der klimatischen Wärme, der Luftfeuchtigkeit* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 335), *der Organismen* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 373), der Verbreitung der *organischen Formen nach Maßgabe der Tiefe und Höhe* (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 369). Die *relative numerische Verbreitung der Menschenstämme über den Erdkörper* sei der letzte, edelste Gegenstand einer physischen Weltbeschreibung (Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 169).

ten, umfassenderen und tiefergreifenderen *wissenschaftlich-technische Transformation*.

Die *Globalisierung* ging im achten Dezennium des 20. Jahrhunderts in ihre nicht nur anhaltende, sondern seitdem forcierte und eskalierende dritte *Phase* über (vgl. Fußnote 2). Sie wird auch als *Ära der ‚Hyperglobalisierung'* aufgefasst, weil deren Dynamik und die weltwirtschaftliche Integration ein erheblich höheres Niveau der Komplexität erreichte und, trotz einer stärkeren Rechtsbindung, belastende, größtenteils unbewältigte Folgen zeitigt. *Andrea Komlosy* (MLS) hat sich globalitätsgeschichtlich mit deren *räumlichen und sozialen Trennlinien im Zeitenlauf* auseinandergesetzt und u.a. ermittelt: Als eine dieser bedenklichen Folgen der Globalisierung fällt die Gesellschaft auseinander und nicht, wie wiederholt behauptet, die Souveränität des Staates:

> „Der Staat hat seine Form verändert. Er hat sich an die Globalisierung angepasst, allerdings kam ihm dabei die Gesellschaft abhanden." (Komlosy 2018, S. 90)

Die menschliche Zivilisation ist – global, aber auch regional differenziert – mit einer beachtenswerten außerordentlichen Häufung entwicklungsbestimmender, die Menschheit herausfordernder objektiver *Probleme hoher Komplexität/Kooperativität*, *Ambivalenz* und *Polarität* konfrontiert. Dazu gehören vor allem die Kontrolle und Regelung der T*riebkräfte, Tendenzen und Implikationen* jener *gesamtgesellschaftlichen – darunter vor allem wissenschaftlich-technischen, technologischen, sozialen und kulturellen – Entwicklungen.* Sie sind ursächlich mit Stichworten wie *Energie, Rohstoffe, Nahrungsmittel, Umweltqualität, Information, Bildung, Gesundheit, generatives Verhalten der Menschen* verbunden. Sie erfordern den prinzipiellen Umbau der Teilsysteme und des Gesamtsystems. Anzusprechen sind vor allem die folgenreichen sozio-technischen, sozio-ökonomischen und sozio-kulturellen Veränderungen. Mit dem – in seinen analytischen Wert problematischen – Begriff *Wissens- und Informationsgesellschaft* soll daran anknüpfend jene sich im 21. Jahrhundert in hochentwickelten Ländern realiter etablierende gesellschaftliche Struktur und Organisationsform charakterisiert werden, in der die soziale und ökonomische Kooperation, die massenhafte Nutzung neuer Medien[13] sowie die zunehmend *digitale Information und Kommunikation* maßgeblich auf *individuellem und kollektivem Wissen*, dessen Verfügbarkeit und Renovation basieren.

---

13 Der Begriff **Neue Medien** steht in seiner jüngsten Bedeutung für elektronische Geräte wie Computer, Smartphones und Tablets, die den Nutzern Zugang zum Internet bereitstellen und damit Interaktivität ermöglichen. [Wikipedia]

Im Umkehrschluss gilt: Selbst die Natur- und Technikwissenschaften sind hinsichtlich der weltanschaulichen Deutung ihrer Ergebnisse und bezüglich der determinierenden Einflüsse vom Entwicklungsstand sowie der strukturellen Beschaffenheit der jeweiligen Gesellschaft abhängig. Vergleichbares gilt für die Anerkennung und Wertschätzung der gesamten Wissenschaft als *Produktiv-, Kultur- und Humankraft*.

5.2 Funktionen, richtungweisende Wirkungen und Defizite der rezenten Wissenschaft

Die gegenwartsnahe *Wissenschaft erkundet* und *erschließt* mit ihren deutlich qualifizierten praktischen und theoretischen Instrumentarien die *räumlichen, zeitlichen und größenspezifische Extreme:* die Weiten des Kosmos sowie die *mikroskopischen* und die fortschreitend funktionell-strukturell aufgeklärten, gedanklich bis ins unendlich Kleine extrapolierten, *nanoskopischen* Ebenen der *Seinsbereiche* mit neu dimensionierten Möglichkeitsfeldern.

Sie erfassen und nutzen *grenzwertig maximierte* und *minimierte* räumliche und zeitliche Distanzen, Temperaturen, Drücke, Konzentrationen/Dichten und Geschwindigkeiten. Auch die strukturell-funktionellen Antipoden Kooperation und Isolation, Integration und Differentiation, Unifikation und Separation bzw. Kollektivität und Individualität ergänzen einander wirkungsvoll.

Analysen *separater Gene und Zellen* revolutionieren nicht nur die biotische Grundlagenforschung. Sie eröffnen darüber hinaus der individualisierten Medizin neue, tiefgreifende Ansätze für erfolgversprechendere personalisierte Therapien. Mit den Erkenntnisse der Evolutions- und Molekulabiologie sowie der Genetik lässt sich bei genauerer Betrachtung der *mikrobiochemischen Prozesse der Selbstreproduktion* schließen, dass die *wechselwirkenden Moleküle in diesen Interaktionen und dazu konjugierten Interdependenzen neue Moleküle und komplette Zellen generieren*, die wieder und wieder das Gleiche, nach dem Mutieren zumindest Ähnliches tun. Die DNA-Struktur (der originäre Träger der im Zuge der Selbstorganisation entstandenen – die System-Entropie lokal senkenden – Information) kann (weiter abstrahiert) als *Programm-Speicher* der bis zu dem gleitenden Zeitpunkt bewährten Erfolgsrezepte aufgefasst werden, und die nicht voraussagbare Variabilität innerhalb des Reproduktionsprozesses so als rein intrinsisches, zufälliges Geschehen erklären.

Konventionelles konterkarierend generiert die *Rhizomazität/Rhizomorphizität* eine andersgeartete effektive wissenschaftliche *Denkfigur* und ein

paradoxes Strukturmodell. Mit der Rhizomorphizität kann jeder Punkt, jedes Element, selbst eines chaotisch agierenden *ontisch-ontologischen Wirkgefüges* oder mehrdimensionalen *kognitiv-diskursiven Beschreibungsgeflechts*, beliebig mit jedem anderen Punkt verbunden werden und dennoch unabhängig bleiben. Das prozesshafte polyzentristische Modell funktioniert bedingungskonform nach den zugleich und gleichberechtigt operierenden, zwar notwendigen, allerdings zur vollständigen Charakterisierung nicht hinreichenden Prinzipien (Theoremen) der Konnexion und der Heterogenität (vgl. Fußnote 4).

Mit *Humboldts* Auffassung verwandt, bekräftigte *Werner Heisenberg* (1901–1976) 1937 in einem Aufsatz über antike Naturphilosophie und moderne Physik, dass die Physik „[...] eine konsequente *Durchführung des Programms der Pythagoreer*“ sei (Heisenberg 1937, S. 130; Hervorhebungen LGF). Es beruht auf dem „Glaube[n] an die sinngebende Kraft mathematischer Strukturen“ (Heisenberg 1937, S. 118). Den Naturgesetzen lägen mathematische Gesetzmäßigkeiten zugrunde. Die Form, in der sich die Gesetzmäßigkeiten der Natur fassen lassen, bilden die Symmetrien.

Zwei Leitideen der antiken griechischen Philosophen flankieren noch heute den Weg der exakten Naturwissenschaft: die Grundsätze vom Aufbau der Materie aus kleinsten Einheiten, den Atomen, sowie die Grundannahme der Stetigkeit und Konsistenz von Raum, Zeit und Materie. Offen bleibt dabei die grundsätzliche Frage, ob die Welt generell in diskrete Einheiten zerlegbar ist oder sich alles kontinuierlich verändert.

Heisenberg, der 1932 für die mathematische Formulierung und Begründung der Quantenmechanik mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde, äußerte resümierend und voraussehend:

> „Die moderne Physik schreitet also auf denselben geistigen Wegen voran, auf denen schon die Pythagoreer und Plato gewandelt sind, und es sieht so aus, als werde am Ende dieses Weges *eine sehr einfache Formulierung der Naturgesetze* stehen, so einfach, wie auch Plato sie sich erhofft hat.“ (Heisenberg 1959, S. 58, Hervorhebungen LGF)

Damit plädiert *Heisenberg* für die Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip. Allerdings ohne Charakteristika und Bezugspunkte der Einfachheit zu benennen. Im Zusammenhang mit der sogenannten ‚Weltformel‘ (vgl. Kapitel Emergenz) bezeichnet *Heisenberg* ein System von vier gekoppelten Differentialgleichungen als einfach.

Die sich nachhaltiger *vernetzende* und dennoch *partiell die Heterogenität erhaltende* (oder sogar rhizomorph weiter ausprägende) *Wissenschaft* quantifiziert und modelliert ebenenspezifisch und sehr breit skaliert die

Strukturen und Funktionen, erfasst mit statistischen Mitteln und Methoden Zustände, Prozesse und operative (d.h. unmittelbar als solche wirksame) Ganzheiten/Systeme[14] in ihren raum-zeitlichen Verteilungen, bisweilen Verschränkungen. Nachdem der – überdies die Weltanschauung maßgeblich beeinflussende – Nachweis der quantenmechanischen Verschränkung gelang, wird analysiert, ob nicht nur die Elementarteilchen, sondern auch größere korpuskulare Strukturen Verschränkungen unterliegen. Wenn sich die Vermutung bewahrheitet, dass die *schweren Massen* im Gravitationsfeld verschränkt sind, müsste die Gravitation neu beurteilt werden. Eine solche

---

14 ***System:*** *Art und Menge der relevanten Elemente sowie Relationen eines räumlich wohldefiniert abgrenzbaren, natürlichen oder künstlichen „Gefüges", das als zweckbestimmtes Ganzes verstanden wird und als Einheit agiert.* Die in der Natur obligaten *‚offenen'* Systeme erlauben per definitionem uneingeschränkte Wechselwirkung mit der Systemumgebung. Systeme lassen sich mit den Mitteln und Methoden der phänomenologischen und der statistischen Thermodynamik, der Informationstheorie sowie mit kybernetischen Kategorien beschreiben und mit kybernetischen Konzepten analysieren. Somit ergibt sich (im Sinne des Allgemeinen, Besonderen und Einzelnen) ein erweitertes *Begriffsspektrum* mit zentralen Elementen sowie pragmatischen Spezifikationen und wissenschaftlichen Explikationen.
Das System besitzt *strukturelle, funktionelle, statische und dynamische Eigenschaften*, verschiedene intrinsisch vernetzte und intragierende Systemebenen (Komplexität, Emergenz), die *fünf Attribute:* Stoffe, Energien, Information, Raum, Zeit und *drei Funktionen:* Übertragen, Speichern, Konvertieren.
Es besteht aus verschiedenen Systemkomponenten, die aufgrund bestimmter geordneter Beziehungen untereinander ein (im bestimmten Maße) organisiertes Ganze konstituieren. Ausschlaggebend für die *Interaktionen (Wechselbeziehungen) auf der Mikroebene* sind die Art, Stärke (Intensität), die Anzahl [= aus Einheiten zusammengesetzte Menge] und die Dichte (der Vernetzungsgrad) der verschiedenen Konstituenten.
Die dynamischen Eigenschaften *nichtlinear, dissipativ, emergent und selbstorganisierend* prägen das Wesen und manifestieren sich in der Anpassbarkeit sowie der Funktionsabdeckung (coverage of functions). Die Funktionsabdeckungen insbesondere im Sinne von Konfigurierbarkeit, Erweiterbarkeit, Programmierbarkeit und die funktionelle Kapazität gehören zu den hauptsächlichen *Funktionalitäten. Statische Systeme* nehmen einen lokalen oder globalen Gleichgewichtszustand ein, basieren auf zeitlich symmetrischen Strukturen.
System ist ein grundlegender *Ordnungsbegriff*, der sich auf die strukturell-funktionelle Gliederung und Organisation, die Beschaffenheit und die Wirkungsweise bezieht. Da die einzelnen Teile in einem inneren Zusammenhang stehen, wechselseitige Abhängigkeiten aufweisen und infolge der Struktur der Systemgrenze ein eindeutig definiertes Verhältnis zur angrenzenden Umgebung haben, resultiert aus der Beobachter-Sicht eine bestimmte Ordnung. Die *ontische-ontologischen Organisationsebenen* und die *kognitiv-diskursiven Betrachtungsweisen/Perspektiven* begründen spezielle ‚Konstruktionen', Verfahren, Logiken und Arithmetiken.
Die ***Systemtheorie*** wird als Teil eines umfassenden systemtheoretisch-kybernetischen Konzepts verstanden, mit dessen Hilfe neben den statischen vor allem die dynamischen Aspekte von Systemen erfasst werden. Diese Leitidee exponiert offene, d.h. sich verändernde Systeme, Analysen der Nichtgleichgewichtszustände sowie die fundamentalen Phänomene der Selbstorganisation und Evolution mit der Kooperation als organisierter Solidarität.

Bestätigung brächte außerdem etwas mehr Licht in die Probleme um die im Kosmos quantitativ überwiegende dunkle Materie und dunkle Energie.

Nach dem heutigen Wissensstand ist die *Gravitation* von den vier fundamentalen Wechselwirkungen die dominierende und die einzige nicht abschirmbare Kraft. Als eigenständige Grundkraft mit unendlicher Reichweite lässt sie sich, mit den anderen Grundkräften der Physik – der elektromagnetischen Kraft, der schwachen und der starken Kernkraft (drei anschaulichen und überzeugend belegten fundamentalen Wechselwirkungen) – bisher nicht in einem vereinheitlichten Grundkonzept darstellen. In wagemutigen Theorien sollen die vier grundlegenden Naturkräfte normalisiert und zudem die Rätsel um die Schwarzen Löcher und den Urknall gelöst werden.

Diffizile Probleme werden dem naturwissenschaftlichen Denken zwischen den Phänomenen und seiner Systematik von der inzwischen variantenreichen *Stringtheorie* und der *Quantenmechanik* aufgegeben: Ist die Stringtheorie lediglich ein faszinierendes *mathematisches Konstrukt* oder eine tatsächlich zutreffende *fundamentale Beschreibung der Wirklichkeit?* Und: Welche realistische Rolle kommt dem Beobachter in der Quantentheorie (insbesondere in der Quantenkosmologie) zu?

Der Sachverhalt, dass der Grund des Beobachtbaren selbst unbeobachtbar ist, die sogenannte *ontisch-ontologische Differenz*, charakterisiert in der Philosophie *Martin Heideggers* (1889–1976) den Unterschied von Sein und Seiendem. Sie artikuliert sich u.a. in der rezenten Emergenztheorie sowie in der unvollständigen oder vollständigen Unterdrückung der Kohärenzeigenschaften quantenmechanischer Zustände (Dekohärenz).

Zwei tragende Säulen der gegenwärtigen Physik, die Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie, werden zwar kaum angefochten, dennoch sind sie für kleine Raum-Zeit-Skalen und den Bereich hoher Energien inkompatibel. Mehr noch: Das *Standardmodell der Elementarteilchenphysik* sowie die Allgemeine Relativitätstheorie unterstellen wie selbstverständlich theorienprägende Existenz- und Entwicklungsbedingungen: So *postulieren* sie eine von *Quantenfeldern* durchdrungene, in der *kontinuierlichen vierdimensionalen Raum-Zeit* existierende Welt. Ungeprüft, d.h. weder empirisch belegt, nicht einmal prinzipiellen Zweifeln ausgesetzt, fungieren einige ontologische und epistemische Annahmen: insbesondere die, dass *Materie substanzhaft* und *dem Raum wesensfremd* ist sowie sich kausal und/oder kontingent mit der Zeit verändert. Zumindest unter dem theoretischen Aspekt der beträchtlichen Anzahl von ca. 20 Parametern ist das Standardmodell wenig befriedigend.

Als eine der größten Herausforderungen der gegenwärtigen Physik gilt noch immer die *Vereinigung der Allgemeinen Relativitätstheorie* mit der

Quantenphysik zu einer Theorie der Quantengravitation. Die *Schleifenquantengravitation* [loop quantum gravity] bildet dafür einen Ansatz. In ihr wird der *Raum* als *dynamisches quantenmechanisches Spin-Netzwerk* angesehen, das sich mit Diagrammen aus Linien und Knoten veranschaulichen lässt. Als eine wesentliche Konsequenz aus dieser Theorie resultiert die Quantisierung von Raum und Zeit im Bereich der *Planck*-Länge (1,6162... 10^{-35}m) und der *Planck*-Zeit (5,3912... 10^{-44}s). Auf Skalen dieser Größenordnungen würden gesetzmäßig alle physikalischen Phänomene (auch die Gravitation und die Geometrie) quantisiert und nicht mehr als Kontinuum erklärbar.

Prinzipielle physikalische Grenzen, die absolut unüberwindbar scheinen, wurden von zwei fundamentalen Theorien der Physik aufgedeckt: von der oben kritisch gesichteten *Allgemeinen Relativitätstheorie Albert Einsteins* (1879–1955) und von der *Heisenbergschen Unschärfe- bzw. Unbestimmtheitsrelation* (für die beliebig genaue zeitgleiche Bestimmung zweier komplementärer Eigenschaften/physikalischer Größen, wie z.B. der Teilchenlage und ihrer Bewegungsgröße, die physikalisch ungenau Impuls genannt wird). Unmöglich ist es ebenfalls, die als exakt etikettierte *Mathematik* als formales System zu gestalten, in dem *alle wahren mathematischen Aussagen bewiesen* werden können. Nicht einmal für die relativ einfache Zahlentheorie gelingt es, die Begriffe Wahrheit und Beweisbarkeit zu harmonisieren.

Die Wissenschaft agiert mit den fundamentalen mathematischen Mythen: *Alles ist vergleich-, mess- und berechenbar* (Alle x_i mit i = 1, 2, 3). Gegen die Grundorientierung des Postulierten ist kaum etwas einzuwenden. Ins Reich der Mythen (ver)führt der unbewiesen gesetzte Allquantor/Universalquantor $\forall x_i$ (Für jedes x_i /alle x gilt).

Derart Unmögliches, nicht Wahrhaftiges und nicht Erfüllbares, zu erkennen und neue Lösungen zu finden, ist gewiss eine außerordentliche intellektuelle Leistung des Menschen.

Die Wissenschaftler des 18. Jahrhunderts setzten alles daran, „das Erforschliche zu erforschen“. In einem intellektuellen Credo – damit zugleich über die gespiegelte Epoche integrierend – bekannte *Goethe* am Lebensende: „Das schönste Glück des denkenden Menschen ist, das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren“ (Goethe 1907, Nr. 1207). Dieses Glück blieb trügerisch.

Heisenberg hob hervor:

> „Die Naturwissenschaft beschreibt und erklärt die Natur nicht einfach, so wie sie ‚an sich‘ ist. Sie ist vielmehr ein Teil des Wechselspiels zwischen der Natur und uns selbst.“ (Heisenberg 1959, S. 66).

Generell erschließen sich uns Sachverhalte nur als *Tatsachen*, d.h. anerkannte oder wahre Sachverhalte, wenn wir die Sprachen und die Messmittel über Normen bestimmt/kalibriert haben. Auch daraus resultiert die Auffassung, die Wissenschaft als Evolution der Alltagskultur zu betrachten.

Die Wissenschaft ermittelt und verifiziert im (theoretisch) dialektischen Widerstreit von fachlicher Spezialisierung und Universalisierung zunehmend *komplexe Zustände, mannigfaltige Prozesse, verschiedenartige Wirkmechanismen, spezifische und verallgemeinernde Gesetze aller* relevanten realen und ideellen *Bereiche*. Gesellschaftlich entwicklungsbestimmend ist, dass außer dem gewaltigen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn auf diese Weise *Technik und Technologien* direkt revolutioniert, auf ein tendenziell fortschrittsförderndes Niveau gehoben werden. Exponierte *Wirk-, Funktions- und Strukturprinzipien*, wie die Miniaturisierung (mechanischer, mikro- und opto-elektronischer Strukturelemente), die Mechanisierung, Elektronisierung (Automatisierung + künstliche Intelligenz + Digitalisierung[15]), die Algebraisierung[16] und Algorithmisierung – begrifflich subsummiert und in praxi integriert unter der noch bedeutungsvolleren, dabei *emergenten Technisierung* – stehen für diesen fundamentalen, die gesamte Entwicklung der Menschheit formierenden und mittragenden Prozess. Die *Technisierung*

15 Der Begriff **Digitalisierung** bezeichnet elementar die Überführung analoger Größen in diskrete (unstetige) Werte, um sie effektiv elektronisch erfassen, speichern, be- und verarbeiten zu können. Im weiteren Sinne wird damit der Einsatz elektronisch gestützter Prozesse mittels Informations- und Kommunikationstechnik und deren *Vernetzung in nahezu allen Anwendungsbereichen* charakterisiert. Diese sogenannte „vierte industrielle Revolution" bewirkt eine zunehmende Vereinigung von Teilen der realen und virtuellen Welt. Der Mensch wird nahezu gänzlich aus den unmittelbaren Prozessabläufen herausgelöst und von ‚intelligenten' technischen Konstrukten vertreten. So verändert die Digitalisierung maßgeblich die Arbeitswelt (4.0), die Produktionsabläufe, das Alltagsleben der Menschen, die Gesellschaft sowie deren Rahmenbedingungen – siehe u.a. mobiles Internet, wachsende Vielfalt alltäglicher elektronischer Assistive, mechanisch-elektronischer Lebenshilfen, Kommunikations- und Cyber-Systeme. Selbst die von technischen Medien vermittelte Wissenschaft, Technik, Kultur und Kunst kann digitalisiert zusammenfließen, weil alles irgendwann Abgebildete und Geschriebene in Binärcodes verwandelt, so in Beziehung gesetzt, übermittelt und gespeichert werden kann. Der Begriff *techné* erhält, in diesem Sinne erweitert, abermals eine der Zeit – dem Kairós – gerecht werdende Ausprägung. Kritiker argwöhnen, ex aequo wirke die Digitalisierung als Katalysator eines ökonomischen Desasters. Infolge der Veränderungsdynamik der ‚Künstlichen Intelligenz (KI) aus Daten lernender Systeme' wird die Digitalisierung rekursiv erheblich beschleunigt.

16 Die **Algebraisierung** ist als Methode einer Transdisziplin aufzufassen Auf ihrem gegenwärtigen Qualitätsniveau dient die moderne *Algebra* (von arabisch: *al-dschabr „das Zusammenfügen gebrochener Teile"*) wie eine *‚Kultur en miniature'* als *Sprache, Denkweise, Tätigkeit, Werkzeug* und verallgemeinerte Arithmetik. „Unter algebraischen Denken lassen sich alle Denkhaltungen [...] wie Generalisieren, Abstrahieren, Strukturieren und Restrukturieren" fassen (Hefendehl-Hebeker 2007, S. 180).

wird in einem kleinen, unten folgenden Textteil vorgestellt. Zu den – unter diesen Aspekten – bestimmenden prozessualen Konstituenten gehören in erster Linie die sich entwickelnden Naturwissenschaften und die Mathematik mit den sich überlagernden und komplementären Tendenzen der Physikalisierung, Chemisierung, Biotisierung, Mathematisierung etc. Die in diesen Zusammenhängen verwendete Endung »–sierung« dokumentiert die nominalisierte Verlaufsform, die ‚Continuous Form'. Sie betont (ähnlich der englischen ‚ing'-Form) das *Prozesshafte*, die Fortdauer, das Währende, den anhaltenden Verlauf von Handlungen, Ereignissen, evolutionären Veränderungen etc. in der Gegenwart und der Vergangenheit.

Wissenschaftsgebiete wie die Elementarteilchen-, Quanten-, Informations- und Kommunikationstheorie, die Evolutions-, Mikro- und Molekularbiologie, die Genetik, das genetic engineering, die personalisierte Medizin u.a. sind Quelle und Partizipanten dieser Evolution. Auffallend sind zudem Inter-, Multi- und Transdisziplinaritäten sowie Konvergenzen. So fusionieren beispielshalber die technologischen Wissenschaftszweige Photonik, Nanoelektronik und Teile der Biotechnologien unter dem Signum Nanotechnologie.

5.3 Die Wissenschaft auf dem Weg von der rationalen zur relationalen Weltsicht – ein Paradigmenwechsel? (Dispositiv 2)

Die tradierte *rationale Betrachtungsweise* der Welt geht von der prinzipiell frei gestaltbar und objektiv beschreibbar erscheinenden Wirklichkeit aus. Komplementär (oder konträr?) sieht die *relationale Betrachtungsweise* die Wirklichkeit als Realität, die von ihren Kontexten sowie den Beziehungen der Teile (Konstituente aller Arten, Akteuren...) abhängig, dynamisch und verschiedenartig (bis gegensätzlich) wirken kann. Diese sich etablierende holistische funktionell-strukturelle wissenschaftliche Sicht- und Denkweise begünstigt physikalische bis gesellschaftliche Erklärungsmuster unterschiedlichster Phänomene und kann als neue wissenschaftliche Grundauffassung (*Kuhn'sches* Paradigma) erklärt werden.

Die gemeinschaftlich kreierte relationale Wirklichkeit zeigt und manifestiert sich in den interagierenden, kooperierenden, kommunizierenden Systemen, indem sie ihre Um-, Nah- und Mitwelt (darunter obligate Rahmenbedingungen, unmittelbare biotische Nachbarn oder tangierende Wissenschaftsdisziplinen) im Grunde ‚autobiografisch' wahrnehmen und demzufolge auch nur gemeinsam mit ihr (ihnen) gestaltet, umgestaltet und beschrieben werden können.

Die Analysen solcher Systeme, ihrer Zustände, Zustandsänderungen, Prozesse und Entwicklungen konzentrieren sich folgerichtig auf die vielgestaltigen Dependenzen und Interdependenzen (Affinitäten, Interaktionsweisen/ Wechselwirkungen, Kopplungen etc.) der Elemente und die mit formieren-

den funktionell-strukturellen Kontexte. Die Veränderungsmöglichkeiten bestehen in einer einmaligen, zyklischen oder rekursiven ([*an*]lernenden) Beeinflussung der Relationen, der Kommunikationsweisen und der Prozessdynamik mit kontextuellen Interventionen (Kontextvariationen).

Zu den adjungierten Phänomenen gehören meines Erachtens insbesondere die Information, Selbstorganisation, Emergenz, Evolution sowie die Inter-, Multi- und Transdisziplinarität und das Leben.

5.4 Reflexionen zur transdisziplinären Struktur und Arbeitsweise der Wissenschaft

Transdisziplinär und nicht nur interdisziplinär ist *Humboldts* Wissenschaftskonzeption und -praxis

> „[...] weil er den Dialog mit anderen Disziplinen nicht vom Standpunkt einer bestimmten »eigenen« Disziplin (etwa der Botanik, der Mathematik oder der Geognosie) aus suchte – wie dies im interdisziplinären Dialog der Fall wäre –, sondern die unterschiedlichsten Bereiche der Wissenschaft unter Rückgriff auf und Mithilfe von Spezialisten zu queren und damit die verschiedenartigsten Wissensgebiete und fächerspezifischen Logiken miteinander zu verbinden trachtete. Man darf hier von einer *dynamischen, nomadisierenden Wissenschaftskonzeption* sprechen, die unterschiedliche spezifische Logiken relational miteinander verknüpft und in Bewegung setzt.“ (Ette 2006b, S. 42, Hervorhebungen LGF)

Die *programmatischen transarealen Studien* und *Weltbilder* des Naturforschers und Schriftstellers *Humboldt* umfassen *reale* (unbelebte physikalische und lebenstragende biotische) sowie verschiedenartigste *ideelle Räume*, mit natürlichen und kulturellen Objekten in ihren obwaltenden dynamischen Wechselbeziehungen sowie verflochtenen (in der Regel nichtlinearen und emergenten) Folgen – demgemäß im Wesen komplexe Ursachen und deren Wirkungen. Dabei sind die inhärenten Interaktionen eng mit übergeordneten Begriffen wie Information, Kommunikation, Handeln und Arbeit verbunden. Unter *Interaktionen bzw. kommunikativem Handeln* versteht z.B. *Habermas* – frei zitiert – symbolisch vermittelte Interaktionen, die *obligatorisch geltenden Normen unterliegen,* die *reziproke Verhaltenserwartungen definieren* und von (zumindest) zwei handelnden Subjekten verstanden sowie anerkannt werden müssen.

Die transdisziplinäre Praxis kann auch – wie von Ette angeführt – als transareal verstanden werden, also als eine Bereiche superponierende Forschungskonzeption und Lösungsstrategie, die sich „[...] aus den Beziehungen, Zirkulationen und Wechselwirkungen jenseits des bloß Territorialen begriff [...]“. (Ette 2011, S. 13).

Vorausgesetzt, die Begriffe »Areal, Territorium, Bereich« gelten auch für abstrakte Verallgemeinerungen des Anschauungsraums: nach *Kant* für alle Anschauungsformen – die „reine“ Anschauung – für jedwede Art und Weise der Verknüpfung und Ordnung des Gegebenen. Es ist sachdienlich, den *mathematischen Raumbegriff* als abstrakte *Verallgemeinerung der Anschauungsräume* von der Physik bis zu den Gesellschaftswissenschaften zu Rate zu ziehen. Die Physik der Gegenwart nutzt das Modell der Schleifen-Quantengravitation in Form eines *Spin-Netzwerks* aus Schleifen in quantisierten Räume und Zeiten mit elementaren Planck-Dimensionen.

Der *Begriff Transdisziplinarität* wird, selbst in der wissenschaftlichen Literatur, bisher nicht einheitlich gebraucht. Der *theoretischen Ort der Transdisziplinarität* findet sich – nach *Günter Ropohl* (1939–2017) – in einer von der synthetischen Philosophie angeleiteten wissenschaftlichen Systematisierung „nicht ‚zwischen' oder ‚über' den Disziplinen, sondern jenseits des disziplinären Paradigmas“.

In dem Aufsatz (Ropohl 2010) belegt *Ropohl, dass Transdisziplinwissenschaften* spezifische Besonderheiten aufweisen: Sie unterscheiden sich signifikant von den relativ eigenständigen disziplinären Wissenschaften in der *Definition der Probleme, den Begrifflichkeiten, den Denkmodellen, den Arbeitsmethoden und den Qualitätskriterien für die Ergebnisse* (vgl. auch Ropohl 2005, Hervorhebungen LGF).

Als eine relativ weit verbreitete Methode von Transdisziplinen ist die *Algebraisierung* aufzufassen. Sie bietet als eine *‚Kultur en miniature'* (vgl. Fußnote 15) ein aufschlussreiches Beispiel. Daneben gibt es jedoch Hinweise auf diesbezüglich bislang Vergessenes oder Ungenanntes. Wenn beispielsweise die Technikwissenschaften die Definition und Bearbeitung ihrer spezifischen Gegenstände und Probleme angemessen und umfassend vornehmen wollen, können sie in logischer Konsequenz grundsätzlich keine einzeldisziplinäre Wissenschaften mit monistischen methodischen, terminologischen oder konzeptionellen Vorgehensweisen, sondern müssen *Transdisziplinwissenschaften* sein.

Der Autor (LGF) schließt sich solchen Auffassungen an, die mit ihren Begriffselementen oder kumulativ akzentuieren: *Transdisziplinarität* bezeichnet ein *integrativ überlagerndes und vernetzendes Prinzip (Paradigma)* der zweckrationalen Problembehandlung der Forschung und Entwicklung, der Analyse und Synthese, das primär die Methodologie, das Rationalitätsverständnis der systematischen Zweck-Mittel-Abwägung, aber auch die holistisch-relationale Organisation der Bearbeitung spezieller komplexer Probleme und die adäquate (fächerüberlagernde und fächerintegrierende) Wi-

derspiegelung der Resultate betrifft, wobei *heuristische Prinzipien* und *wissenschaftliche Methoden, disparates Wissen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen* sowie *die Systemtheorie bewusst mit praktischen Erfahrungen, mit problemrelevantem außerwissenschaftlichem Wissen,* in praktikablen Rationalitäten (Ganzheiten) vernetzt werden und die Ergebnisse den *wissenschaftlichen und evidenten pragmatischen Kriterien* genügen müssen.

Die Aufarbeitung der Quintessenzen von Einzelwissenschaften und die Synthese fachwissenschaftlich disparaten Wissens für fächerüberschreitende Problemfelder der Lebenspraxis, darunter der finalen Technik, der ebenfalls zweckorientierten Technologie sowie der Technisierung, gehört zu den originären Aufgaben von *Transdisziplinen*.

Im Kontext mit der Technologie als Theoriensystem wurde erwähnt, dass transdisziplinäres Wissen vornehmlich im *Verwendungszusammenhang der Wissenschaft* benötigt und das Paradigma der Transdisziplinarität etabliert wird. Im *Entstehungszusammenhang* hingegen dominiert die Disziplinarität. Transdisziplinen bedürfen folgerichtig der *Wissenssynthese*: der Selektion, Verknüpfung, Abgleichung und Systematisierung des heterogenen disziplinären Wissens. Sie nutzen die Methoden und das Wissen zahlreicher verschiedener Disziplinen für ein *relevantes Integrationsmodell,* verknüpfen das zu dem fachübergreifenden Problemfeld verfügbare, disparate Wissen, indem sie die „[...] *Partialmodelle komparativ auf einander und subsumptiv auf das integrative Gesamtmodell [...]" abstimmen* (Ropohl 2010, S. 7, Hervorhebungen LGF).

5.5 Entfaltung der Komplexität und der Dynamik der Entwicklungs-Prozesse

Die diskutierten Prinzipien und Abläufe sind Indikatoren und Nachweise für die sich in den *Entwicklungs*-Prozessen zwangsläufig entfaltende Komplexität und Dynamik, die schon *Humboldt* als gesetzmäßig apostrophierte und in praxi pflegte.[17] Von besonderer Geltung und Tragweite sind in diesen

17 Während sich die Leitkategorie **Ordnung** nur auf den faktischen Zustand des Systems/Objektes bezieht, hat die **Komplexität** drei Aspekte: Sie ist *Faktisches, grundsätzlich Mögliches* und *Denkbares*. Komplexitäten besitzen als Porträts der Wirklichkeit und Modelle der Möglichkeit prinzipiell die Eigenschaften der Aktualität und Potenzialität. „Die Auffassung der Welt als eines Komplexes von Wirklichkeit und Möglichkeiten und folglich die Ausstattung des Möglichseins mit einem von der Wirklichkeit unterschiedenen Seins- oder Realitätsgrad ist das modalitätstheoretische Korrelat eines Weltbegriffs, der die Substanzen als ursprünglich und wesentlich bewegte, sich verändernde und also die Welt im ganzen als einen dauernden Prozeß der Umgestaltung denkt" (Holz 1996, S. 8). Die ***Komplexität*** des jeweiligen dynamischen Systems/Objektes bzw. Prozesses (in Einem: *der Entität*) indizieren *generell die Menge, die Vielfalt und die Wertigkeit der funktionellen/*

Zusammenhängen die Selbstorganisation, die Evolution mit immanenten Innovationen sowie die Entstehung, Ausformung und Erhaltung des Lebens.

5.5.1 Modalitäten der Selbstorganisation und Evolution

Die *Dynamik*, die von Kräften erzeugte *Bewegung* als *Veränderung überhaupt (Allgemeines)* und als *Entwicklung im Besonderen*, gehört zu den fundamentalen Merkmalen aller Seinsbereiche und deren systematischer Reflexionen, wobei offenkundig und gesetzmäßig deren Komplexität bzw. Kompliziertheit entscheidend ansteigt. Basal und prägend für diese *Evolution* ist ein eigengesetzlicher, ohne externe Einwirkungen (also *autonom*) ablaufender nichtlinearer Prozess der Struktur- und Musterbildung: die *Selbstorganisation*[18] /*Selbstassemblierung*. Wobei höher Organisiertes, sich spontan

---

strukturellen Einflussfaktoren/Einflussgrößen, der zwischen ihnen bestehenden Dependenzen (Aktionen, Interaktionen, im Idealfall Kooperationen (Fleischer 2010).
Die Komplexität eines (realen oder ideellen) Systems $\sum$ wird (vorrangig) von der *Vielfalt* und (nachrangig, dennoch wesentlich) von der *Vielzahl* – in toto von der *Multiplicity* – der charakteristischen *Elemente E* sowie der *Relationen R*, d.h. einem verknüpften und verzweigten Netz verschiedenartiger dynamischer kooperativer *Interaktionen – Interaction* – im hierarchisch und heterarchisch oder rhizomatisch organisierten komplexen Ganzen – in toto von der partiellen oder vollständigen *Integration* – bestimmt.
Die herkömmliche Notation $\sum = \{E, R\}$ sollte folgerichtig mit $\sum = (E)\cdot(R)$ verstärkt werden. Die Erläuterung erfolgt am Muster. Der Nobelpreisträger für Chemie 1987, *Jean-Marie Lehn*, dokumentierte (Lehn 1995, S. 202) seine *Komplexität-Auffassung* in einer analog charakterisierenden, mathematisch formalen Beziehung.
Complexity = (Multiplicity)·(Interaction)·(Integration). Die Multiplikationszeichen versinnbildlichen, dass die in keinem der Konstituenten präformierten oder vorprogrammierten, im emergenten Ganzen aber spontan wesensformenden Kollektiv-Eigenschaften prinzipiell über die Summe ihrer Teile hinausreichen. Erst die Logarithmen der Funktionalitäten verhalten sich additiv. So, wie das auch bei den Entropien typisch ist.
Die *ontischen* und die *kognitiven Komplexitäten* sind (in der Literatur allerdings nicht unbestritten) *ontologisch* und mit hoher Wahrscheinlichkeit *tautologisch*. Besonders strukturierte *organisatorische Komplexitäten* von weitreichender Bedeutung sind Hierarchien und Heterarchien aller Art sowie Netzwerkarchitekturen mit zahl- und formenreichen Verknüpfungen und Verzweigungen. So formieren sich die unterschiedlichsten Systeme in der Regel selbstorganisierend.

18 Als ***Selbstorganisation*** wird in der Systemtheorie ein *Paradigma und eine Form* der Systementwicklung bezeichnet, bei der die formgebenden, gestaltenden und beschränkenden Einflüsse von Elementen des sich organisierenden Systems selbst ausgehen. Sie ist ein evolutionärer Verbund von *Selbstentfaltung und Selbsterhaltung.* In Prozessen der Selbstorganisation werden höhere strukturelle Ordnungen intrinsisch erreicht, d.h. ohne dass erkennbare äußere steuernde Elemente vorliegen. (Man beachte dazu: [https://de.-wikipedia.org/wiki/Selbstorganisation] (modifiziert)).
Fleissner und *Hofrichter* plädieren für das Paradigma der Selbstorganisation als basalem Merkmal der Information (Fleissner/Hofrichter 1995, S. 131 u. 126).

herausbildende neue Qualitäten (Strukturen mit emergenten Eigenschaften) aus niederen Organisationsniveaus entstehen können. Die *selbstorganisierenden Eigenleistungen* der sich aufbauenden Systeme basieren auf internen Wechselwirkungen zwischen Elementen/Systemkomponenten. Die beobachtbare *Selbstorganisation* mit der inhärenten, systembezogenen *Selbstentfaltung und Selbsterhaltung*, setzt bei den vorhandenen *separaten Komponenten*, wie Molekülen, Mengen und Massen, Ladungen, Feldern, Formen und Gestalten etc. an. Sie ist Ergebnis jener Informationen, die diese Entitäten selbst tragen (speichern); und sie fußt, wie oben betont, auf Interaktionen und Kooperation der jeweiligen Konstituenten.

Umfassendere Darstellungen bieten *Werner Ebeling* und Koautoren (Ebeling et al. 1990; Ebeling/Feistel 1984).

Aus der Fülle der wissenschaftlichen Publikationen mit referierten Ergebnissen und Interpretationen zu dem hoch dimensionierten Forschungsfeld Selbstorganisation seien exemplarisch zwei international überragende inhaltlich skizziert.

Der Physikochemiker und Nobelpreisträger für Chemie 1977, *Ilja Prigogine* (1917–2003), verknüpfte in seiner *grundlegenden Theorie dissipativer Strukturen* die Selbstorganisation mit dem Transfer *hochwertiger Energie* (Exergie, Negentropie) sowie der *Entropie* zwischen der Umgebung und den thermodynamisch offenen (d.h. auch externe Energie- und Stoffübertragungen zulassenden) nichtlinearen Systemen fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht. Die lokale Entropieverminderung des Systems beim Aufbau dynamischer, geordneter Strukturen muss von einem äquivalenten Energie-/Stofftransfer mit der Umgebung kompensiert werden.

Der Physiko- und Biochemiker *Manfred Eigen* (1927–2019) schuf nach seinen richtungweisenden Arbeiten zur Messung der *Geschwindigkeit ultraschneller Reaktionen* (Nobelpreis für Chemie 1967) eine Theorie zur Selbstorganisation der Materie mit einem Akzent auf komplexen *biotischen Makromolekülen* (Eigen 1971). Er und seine Mitarbeiter realisierten auf diesem theoretischen Fundament eine praxisreife biotechnolgische *‚Evolutionsma-*

„In der einfachsten theoretischen Vorstellung einer solchen Selbstorganisation werden die unmittelbaren Nachbarn eines Raumpunktes in das Regelwerk einbezogen und tragen zur Zeitentwicklung bei.“ (Hütt 2001, S. 6) Diese raumzeitliche Dynamik lässt sich mathematisch *mit partiellen Differenzialgleichungen abbilden* und *mit zellulären Automaten imitieren*. In der Biologie sind diese Regeln von biochemischen Mechanismen und Formen der Signaltransduktion bestimmt. Als Signaltransduktion werden in der Biochemie und Physiologie Prozesse bezeichnet, mittels derer Zellen beispielsweise auf Reize reagieren, diese transformieren, in das Zellinnere als Signal weiterleiten und über eine Signalkette bezeichnende zelluläre Effekte bewirken.

schine', womit sich zentrale, immunologisch relevante Mechanismen der Bio-Evolution untersuchen und ‚new molecular entities (NMEs)' für innovative Pharmaka entwickeln lassen. Das darf als Verifikationshinweis für die Theorie angesehen werden. Gemeinsam mit *Ruthild Winkler-Oswatitsch* beschreibt *Eigen*, wie auf der Basis der Spieltheorie der Zufall und scheinbare Zufallsprozesse gesetzmäßige Ergebnisse hervorbringen: vorrangig Informationen und solche komplexen Biomoleküle sowie ihre Verhaltensmuster in begrenzten Lebensräumen, die eine wesentliche Grundlage für das Leben bilden (Eigen/Winkler 1975). Zur Erinnerung: Natur bedeutet ursprünglich alles das, was (aus sich heraus) entstanden und gewachsen ist.

Mit der auf physikalischer, chemischer und biotischer Organisationsebene erörterten Selbstorganisation besteht ein wesentlicher Unterschied zum Templating, der matrixunterstützten oder gar matrixgeleiteten, also fremdbestimmten/fremdgesetzlichen Formierung von Anordnungen/Ordnungen, die ausschließlich von außen auf das System wirkende Prozesse und externe Informationen vereinigen und so *heteronom* nano- bis makroskalierte Formen und Muster einprägen.

Es ist zu betonen, weil wegweisend, dass jedes *makroskopische System ein zeitliches sowie strukturell-funktionelles Unikat* darstellt, das *Resultat irreversibler Umgestaltungen* ist und dauerhaft nur im *Nicht-Gleichgewicht existieren kann*.

Lokale und globale Gleichgewichtszustände haben symmetrische räumliche und zeitliche Strukturen und ermöglichen reversible Prozesse, bei denen eine unendliche Folge von Gleichgewichtszuständen unendlich langsam passiert werden. Das ist offenkundig eine theoretische Fiktion, ein Modell. Natürliche (synonym: irreversibel agierende) Systeme pendeln aber zwischen Gleichgewichten und Ungleichgewichten. Das dafür als dynamisches physikalisch-mathematisches Modell genutzte Doppelpendel führt in den Zustand des dynamischen Chaos.

Als Folge der Persistenz der Thermodynamik wirken all ihre Gesetze in jeder emergenten Organisationsebene. Die nichtlinear aufgebauten komplexen Systeme differenzieren sich selbstorganisierend und bilden so naturgesetzlich unterschiedliche Systeme mit immer komplexeren Wechselwirkungen, Verflechtungen und sich selbst verstärkenden Effekten.

Stuart Kauffman führt die – von ihm auch als 4. Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnete – neue These ein „Systeme maximieren die Erforschung des angrenzend Möglichen" [im Original: adjacent possible]" (Kaufmann 2000). Seine ‚theory of adjacent possible' besagt, dass biotische Systeme fähig sind, sich in komplexere Systeme zu verwandeln, indem sie inkremen-

telle, relativ weniger Energie verbrauchende Veränderungen in ihrem Aufbau vollziehen. Bei dieser Entfaltung der Komplexität biotischer Systeme wirkt die Selbstorganisation als mindestens ebenso wichtiger Faktor wie die *Darwinsche* Selektion.

Geradeso ist die *Natur ein irreversibles, sich kontinuierlich selbst organisierendes System*. In ihr gebiert und trägt die Kette der Selbstorganisationsprozesse die selbst emergente, phasenreiche systemische Evolution. Deren aufbauende Elementar-Prinzipe der Kooperation und Integration sowie *genuin physikalische Ordnungsprinzipien* wirken generell und schließen das hoch komplexe Leben als generischen Effekt ebenso ein, wie die multifaktorielle und mehrschichtige Techno- und Soziogenese.

5.5.2 Emergenz – ein transdiziplinäres Ordnungsprinzip

Aus der Sicht der *Emergenztheorie* wird die Natur nicht allein von grundlegenden Naturgesetzen gesteuert bzw. so begreifbar, wie im heute noch dominierenden klassischen Wissenschaftsverständnis angenommen. In der Natur (bzw. der gesamten objektiven Realität) wirken zudem *allgemeine Ordnungsprinzipien*, die sich nicht auf die bekannten elementaren Naturgesetze reduzieren lassen. Tatsächlich wird mehr und mehr deutlich: Für das Verständnis und die Gestaltung einer Ganzheit sind der alleinigen analytischen Zergliederung von Phänomenen ebenso prinzipielle Grenzen gesetzt, wie ihrer bloßen Synthese aus immanenten Teilen. Ein daraus konstruiertes tödliches Verdikt für das ‚Zeitalter des Reduktionismus' wird jedoch der Sachlage nicht gerecht. Es dürfte wohl eher zu einer bewusst zu vollziehenden *Beschränkung des Reduktionismus in Relation zur Emergenztheorie* führen. Zudem sei daran erinnert, dass jedes Denkmodell wesensgemäß Grenzen hat sowie problemorientiert abzuwägende und zu prüfende Vor- und Nachteile bietet.

Der US-amerikanischer Physiker *Robert Betts Laughlin* – Nobelpreis für Physik 1998 – konstatiert beinahe apodiktisch, dass die Wissenschaft von einem *Zeitalter des Reduktionismus* in ein *Zeitalter der Emergenz* übergegangen ist. Das führte zu Meinungsverschiedenheiten, Missverständnissen und sogar Missbräuchen. *Laughlin* selbst bekennt:

> „Leider sind dem Ausdruck Emergenz einige Bedeutungen zugewachsen, die für unterschiedliche Dinge stehen, darunter übernatürliche Erscheinungen, die den physikalischen Gesetzen nicht unterworfen sind. So etwas meine ich nicht. *Ich verstehe darunter ein physikalisches Ordnungsprinzip*." (Laughlin 2007, S. 25, Hervorhebungen LGF)

Die erst in den jüngeren Jahrzehnten erkannten und immerhin teilweise verstandenen *emergenten Phänomene der Strukturen, der Funktionen und des Verhaltens* lassen sich tatsächlich nicht reduktionistisch aus fundamentalen elementaren Gesetzen ableiten. Das erklärt auch, weshalb in mikroskopischen Dimensionen/Betrachtungsweisen bisher nicht aufgelöste Widersprüche zur Quantentheorie auftreten. Zwischen dem notwendigen Systemverhalten und dem echt zufälligen Elementverhalten – dem zugleich möglich und nicht-notwendig sein – besteht ein permanenter Gegensatz und ein nachhaltiger Zusammenhang.

Die charakteristischen Eigenschaften *Selbstorganisation und Strukturbildung gehen aus kollektiven Ordnungszuständen der Materie hervor.* Sie resultieren aus Ordnungsprinzipien und Naturgesetzen beim Zusammenwirken einer sehr großen Zahl von Mikroteilchen, Atomen, Molekülen u.Ä.m. in Vielteilchensystemen. Der systemtheoretische Begriff *Emergenz charakterisiert prinzipiell ein natürliches kollektives Verhalten mit dem selbstorganisierten plötzlichem* (figurativem) *Erzeugen geordneter Strukturen aus weniger strukturierten (organisierten)* – einschließlich chaotischer dynamischer Ausgangs-Zustände (Unordnung). Die Emergenz erfasst damit im Speziellen das spontane Generieren (!) neuer Qualitäten (Organisationsformen, Muster, Eigenschaften: Bedeutungen, Verhaltensweisen etc.) beim Übergang von hierarchisch untergeordneten Struktur-/Organisationsebenen sowie Betrachtungsweisen/Beobachtungsebenen zu übergeordneten. Wobei sich die Emergenzen und ihre Eigenschaften wegen der superadditiven Form der Kooperation (Synergie) nicht allein oder auch nur vorrangig aus den Eigenschaften der interagierenden ‚Elemente' auf der jeweiligen subalternen Ebene ableiten lassen.

Auch die *strukturierenden Phasenübergänge* 1. und 2. Ordnung (wie flüssig→fest, amorph→kristallin, leitend→supraleitend) sind als Wechsel einer bereits ausgebildeten physikalichen Struktur in eine neue Phase (griech.: phasis ≈ Erscheinungsform) zumindest mit der Emergenz eng verwandte Phänomene oder eine ihrer Realisationsvarianten. Höchst bemerkenswert und zu wenig beachtet ist der Tatbestand, dass bei diesen Neuordnungen grundsätzlich eine *chaotische* Phase durchlaufen werden muss, um die räumlichen und zeitlichen Freiheitsgrade für den funktionell-strukturellen Wandel zum qualitativ Neuen zu schaffen.

Eine wissenschaftspraktische Konsequenz sei angeführt. Um die ‚Mechanismen' der Natur aufzudecken, muss man sie *problembezogen* unter verschiedenen Blickwinkeln betrachten und die *Entwicklung ihres ebenenspezifischen Verhaltens* erfassen sowie die dies reflektierenden Gesetze und Prinzipien identifizieren.

Als ein illustrierendes Beispiel können qualitative stoffliche Wandlungen/chemische Reaktionen gewählt werden.

Zur makroskopischen Untersuchung und Darstellung chemischer Reaktionen dienen *Bruttoreaktionsgleichungen*, die den 1. und 2. Hauptsatz der phänomenologischen Thermodynamik abbildende chemische Energetik der (genau betrachtet) *Zustandsänderungen* $\Delta_R Z = Z_{nach} - Z_{vor}$, die Relationen zwischen den Aktivitäten der Edukte und der Produkte im chemischen Gleichgewicht (Massenwirkungsgesetz) und gegebenenfalls die Kinetik mit Aussagen zu den Reaktionsgeschwindigkeiten und den Reaktionsordnungen.

Submikroskopisch werden *chemische Reaktionen* dagegen als Prozesse definiert, in denen bestimmte *Bindungen* zwischen Atomen, Ionen etc. mit mittleren Bindungslängen von ca. 100 pm gelöst, umformiert, neu komponiert und dabei zugleich die An-/Einordnungen umgestaltet werden. Diese Betrachtungsweise ermöglicht u.a. eine exaktere Abgrenzung chemischer Reaktionen von rein physikalischen Prozessen.

Emergente Phänomene existieren in allen realen und kognitiven Hierarchieebenen von der Physik der Elementarteilchen bis zu den Ordnungsprinzipien und Ordnungsparametern der Gesellschaft. Das spricht für die Welt als einem weiter zu erforschenden einheitlichen Ganzen. Mit der Emergenztheorie verlagert sich die Erforschung der Urgründe der Dinge und Erscheinungen von den Teilen auf die Kollektive in den Gesamtheiten.

Auf der Suche nach einer *Weltformel* bzw. einer hypothetischen *Theorie von Allem*, die sich aus der theoretischen Physik und der Mathematik ableiten lass soll, ist das lediglich ein Indiz und weitab von einer – unter Naturwissenschaftlern nicht geschätzten – sogenannten ‚Weltformel'. Es empfiehlt sich in den Kontexten unbedingt zu beachten, was der Autor mit „*Allem*" meint. Die so deklarierten Entitäten reichen von drei oder vier Grundkräften der Physik bis zum unbegrenzten und unerschöpflichen (→ unendlichen) Universum.

Die Physikgeschichte erinnert an den fatalen 24. Februar 1958. *Werner Heisenberg*, Direktor des Max-Planck-Instituts für Physik, hatte zum Physik-Kolloquium an der Universität Göttingen eingeladen.(vgl. Blum 2019). Er stellte eine komplizierte Gleichung für das masselose Urpartikel Psi (Ψ) vor, aus dem sich alle evolutiv beobachtbaren und kognitiv explizierten Teilchen zusammensetzen und aus der sich die bekannte Physik des Universums ableiten lassen sollte. Dazu dienten die Konventionen und Mittel der Quantenfeldtheorie, die die Prinzipien der klassischen Feldtheorien und der Quantenmechanik in einer so erweiterten, noch heute genutzten Theorie verknüpft. Ein anwesender Journalist bezeichnete *Heisenbergs* Kreation aus

vier gekoppelten Differentialgleichungen als „Weltformel“. *Heisenberg* selbst nannte das „zu anspruchsvoll“. Die „Frankfurter Allgemeine Zeitung“ publizierte einige Tage nach dem Kolloquium auf ihrer Titelseite *Heisenbergs* Beurteilung, dass die Gleichung außerordentlich einfach sowie mathematisch schön sei und alle physikalischen Vorgänge erkläre. Er hielt den Gleichungs-Entwurf allerdings nicht für endgültig. Bald entdeckten Fachkollegen *Heisenbergs* gravierende Unstimmigkeiten und bemängelten die mathematische Inkonsistenz in der damit mehrfach unhaltbaren Gleichung. Zum tatsächlichen Skandal eskalierten die Geschehnisse am 25.4.1958, als *Heisenberg* anlässlich des 100. Geburtages von Max Planck zur Tagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaften in der Westberliner Kongreßhalle die sogenannte „Weltformel“ erneut offerierte. Viele Kollegen wandten sich von ihm, einem ‚Großen der Physik‘, ab. Selbst der bis zu dem Zeitpunkt mit ihm eng befreundete *Wolfgang Pauli* (1900–1958) und der Nachfolger *Heisenbergs* im Amt des Institutsdirektors, *Hans-Peter Dürr* (1929–2014), die anfänglich am Projekt beteiligten waren, konnten den eigensinnigen Nobelpreisträger nicht zu diskutablen und erwägenswerten Einsichten bewegen.

5.5.3 Fragmentarisches zum ‚Kunstwerk‘ Leben

Wesensgemäß steht das *projekthafte Leben* als wortgetreu interessantes Phänomen [lateinisch: *interest* = es ist von Wichtigkeit sowie *inter* ≈ zwischen und *esse* ≈ sein] im Fokus wissenschaftlicher und künstlerischer Reflexionen. In verschiedenen Sprachen behaupten insbesondere Literaten *‚Leben sei ein Kunstwerk‘*. Das soll ableitend wohl besagen: eine individuelle, wirkmächtige, potente, imposante, vollkommene, ästhetisch gelungene, erlesene und letzten Endes einzigartige *Kreation der natura naturans*. Ursprünglich bedeutet Natur alles das, was (aus sich heraus) entstanden und gewachsen ist.

Oscar Wilde (1864–1900) verlautbart 1889 im Essay ‘The Decay of Lying’ [Der Verfall des Lügens], einem sokratischen Dialog zwischen zwei, nach den eigenen Söhnen, Vivian und Cyril, benannten Personen, seine *bedenkenswerte Auffassung*. In dem Diskurs lässt er an seiner statt Vivian ein *Prinzip* erklären:

> „So paradox es scheinen mag – und es ist immer etwas Gefährliches um Paradoxien – es ist nichdestoweniger wahr, daß das *Leben die Kunst viel mehr nachahmt als die Kunst das Leben*.“ (Wilde 1907a, S. 28f., Hervorhebungen LGF)

Im Roman ‚Das Bildnis des Dorian Gray‘ äußert sich Wilde zu solchen, dem allgemein Erwarteten auf ungeahnte Weise zuwiderlaufenden *Paradoxa*

grundsätzlich: Der Weg zur Wahrheit scheint mit Paradoxen gepflastert zu sein (vgl. Wilde 1907b). Physikalisch wahr bleibt: *Lebende Systeme* sind in ihren metromorphen Strukturen, adaptiven Funktionen sowie flexiblem Verhalten komplex, heterogen und existieren per definitionem fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht.

Empirisch erscheint das *projekthafte Leben* als gerichteter, subjektbezogen einmaliger Prozess mit charakteristischen Lebensphasen sowie zeitlich lediglich scharf abgegrenztem Anfang und Ende. Leben wird von einem komplexen, äußere und innere Einwirkungen verarbeitenden, reproduktionsfähigen, adaptiven *Organismus* aus leistungsfähig gegliederten, auf zellulärer Grundlage organisierten Einheiten mit dynamisch abgestimmten, gesteuerten und geregelten Aktivitäten und formierenden Rückkopplungen getragen. Es unterliegt einem typischen organischen Wachstum, dem schwer verständlichen Altern und der Evolution des Systemganzen. Alle Lebewesen vollziehen den essentiellen Stoffwechsel, den Energiewechsel und den besonders ausgeprägt von den Lebensphasen abhängenden Informationswechsel (vgl. Tembrock 1981, S. 67ff.).

Trotz der ungezählte Versuche aus den Perspektiven verschiedener Wissenschaftsdisziplinen und mit deren wegweisenden Erkenntnissen, sich einer umfassenden Definition des hoch komplexen *Lebens als formenreichen systemischen Ganzen* wenigstens anzunähern, wurde dies bisher nicht erreicht, wohl aber treffliche Kriterien für die Vielfalt der Lebewesen erarbeitet. Das ist nur allzu verständlich. Reicht doch allein der – hier sehr grob skizzierte – *ebenenspezifische Anspruch biotischer Provenienz* von den *makromolekularen Biomolekülen* (vor allem Nucleinsäuren [DNA, mRNA, tRNA] und funktionell breit differenzierten Proteinen), über die schwierige Abgrenzung zwischen biotischen und abiotischen Systemen, die *zelluläre Organisation* der [*Protocyte* (ohne Zellkern), der *Prokaryoten* (Bakterien und Archäen) als ursprünglichster Organismenform, der *Eucyte* (mit Zellkern) und der *Eukaryoten* mit jeweils typischem Verhalten und Fähigkeiten], die Individual-Entwicklung mehrzelliger *Organismen* und *biotischer Species* (Ontogenese), die Phylogenese der *Monophyla* zur Artenmannigfaltigkeit (als Ergebnis der biotischen Evolution) bis zur Individualität des Menschen und seinen gesellschaftlichen Organisationsformen.

Einiges spricht inzwischen dafür, dass alle Lebewesen von dem letzten gemeinsamen Vorfahren LUCA (**l**ast **u**niversal **c**ommon **a**ncestor) abstammen, dass LUCA ein *anaerober*, CO_2– und N_2-fixierender, H_2-abhängiger *thermophiler Prokaryot* war, der an einer an CO_2, H_2 und Eisen reichen Tiefseehydrothermalquellen lebte (Weiss et al. 2016). Solche Eigenschaften

entschlüsselten *William Martin* und Mitarbeiter mit viel beachteten vergleichenden Untersuchungen mittels aufwändiger bioinformatischer Genomanalysen eines Ensembles aus ca. 2.000 Prokaryoten. *Martin et al.* charakterisierten deren Lebensweise, prozessbestimmende thermodynamische, stoffliche und biotische Voraussetzungen dieses Lebensraumes sowie die einleuchtenden fundamentalen exoenergetischen katalytischen Reaktionen (Martin 2020). Zum relevanten Forschungsfeld der molekularen Evolution und Endosymbiose gehört, warum und wie aus einer Symbiose, bei der der Symbiont (Endosymbiont) innerhalb des Wirtsorganismus lebt, Eukaryoten aus prokaryotischen Vorläuferorganismen (wie Bakterien und Archäen) hervorgegangen sein könnten.

Wissenschaftlich erschließen sich *lebende Systeme* in mancher Hinsicht strukturell mit der fraktalen Geometrie. Selbst renommierte Mathematiker waren lange davon überzeugt, komplexe natürliche Strukturen wie Blutgefäße, Bäume, Pflanzen, Bergketten, Küstenverläufe, Wolkenformationen etc. seien nicht zufriedenstellend mathematisch zu beschreiben oder gar zu berechnen. 1980 veröffentlichte *Benoît Mandelbrot* (1924–2010) eine Arbeit zur fraktalen Geometrie [lateinisch: fractus – in Teile gebrochen], die *Euklid* und seiner den Menschen seit mehr als 2.000 Jahre vertrauten, anschaulichen Geometrie alternativ gegenübertritt. *Mandelbrot* veranschaulichte die mit einem IBM-Computer millionenfach wiederholend gelöste einfache Gleichung $z_{n+1} = z_n^2 + c$. Er beobachtete, dass die resultierenden Grafiken in der unbelebten und der belebten Natur vorkommende Strukturen und Prototypen repräsentieren. Eine gemeinsame Eigenschaft von Fraktalen ist die *Selbstähnlichkeit*, die im Umkehrschluss allerdings kein hinreichendes Kriterium für die Existenz von Fraktalen bietet. Nach Mandelbrot existiert eine große Klasse geometrischer Objekte (Mandelbrotmengen), die *selbstähnlich* sind, *d.h. skaleninvariante Eigenschaften* aufweisen. [Während *ganzzahlige Dimensionen* geometrische Formen beschreiben (mit der Dimension 1 Strecken, mit 2 Flächen und mit 3 Körper), sind *gebrochene Dimensionen*, nichtganzzahlige reelle Zahlen, für *Fraktale* kennzeichnend. Die *Mandelbrotmenge* basiert auf der Gleichung: $z_{n+1} = z_n^2 + c$ mit n – Iterationsschritt, $z_0 = 0$ – Anfangsglied, z_n und c sollen komplexe Zahlen sein.]

Die *fraktale Geometrie* widerspiegelt sehr häufig *Naturphänomene*. Ihre *Formen und Muster* werden vielfach (partiell, statistisch oder exakt) *selbstähnlich bis ins Unendliche abgebildet*. Selbst die irreguläre, scheinbar absolut regellose *Brown'sche* Bewegung kleiner, in einem Fluid suspendierter Partikel zeigt *statistische Selbstähnlichkeit*.

Fraktale Strukturen sind verzweigt und verflochten, haben keine festen Grenzen, konstituieren die Komplexität, tragen und katalysieren deren Effekte bis zur naturgesetzlichen Emergenz, der Evolution sowie dem *projekthaften Leben*. Die folgenreiche Verflechtung bis Verschränkung schafft *Affinitäten*, stützt die *Interaktionen*, die Wechselwirkungen zwischen den Strukturen, generiert überdies kooperative (Aus)wirkungen, ermöglicht Individualität. *Humboldts fraktale, auf Selbstähnlichkeit gerichtete Konstruktions- und Repräsentationsformen von Wissen* werden damit näher charakterisiert sowie – noch grundsätzlicher – theoretische und reale *Explikate* der kühnen *Humboldt'schen* These *„Alles ist Wechselwirkung"* belegt und erörtert. In klassischen glatten *Newton'schen* Systemen ist all das nicht denkbar, geschweige denn durchführbar.

Den *Kern formieren die Prozesse*, also die Art und Weise, das *Warum* und *Wie* der räumlichen, zeitlichen und raumzeitlichen, quantitativen und qualitativen Änderung submikroskopischer, mikroskopischer und makroskopischer Systemzustände in und zwischen den Emergenzebenen unter den jeweils obwaltenden Anfangs- und Randbedingungen, die ‚Richtung', Triebkräfte, Kinetik und Dynamik der Veränderungen/Bewegungen. Hinzu kommen die Stellung und das Wesen der Prozesse in den Ursache-Wirkungs-Ketten sowie deren ‚Gewicht' und Wert für natürliche, technische und gesellschaftliche Determinanten.

5.5.4 Komplexität und Kompliziertheit —‚Essay und Diskurs'

Die *ontisch-ontologische Komplexität und Kompliziertheit* des jeweiligen dynamischen Systems/Objektes bzw. Prozesses (jedes realen ganzheitlichen Beziehungsgefüges) indiziert generell die Menge, die anwachsende Verschiedenartigkeit, die Wertigkeit der verflochtenen strukturellen und funktionellen Einflussfaktoren/Einflussgrößen sowie der zwischen ihnen bestehenden Interaktionen – insbesondere Kooperationen und Emergenzen. Ordnung, Strukturiertheit, Organisiertheit sowie Entropie, Entropieproduktion, freie Energie/Exergie, Information und Wahrscheinlichkeiten sind demzufolge in den Diskurs einzubeziehen (vgl. Fleischer 2019, insbes. S. 90–96).

Es bedarf allerdings einer begründet einordnenden Abgrenzung, um die *historisch und rezent mehrdimensionalen Schlüssel-Begriffe* und *Begriffsspektren* wissenschaftlich und/oder pragmatisch nutzbar zu machen. Zu unterscheiden ist – neben der *ontisch-ontologischen* sowie der *kognitiv-diskursiven Betrachtungsweise* – zwischen *monodisziplinären* (vgl. Physik, Chemie, Biologie, Mathematik, Psychologie, Soziologie etc.) und *multidis-*

ziplinären epistemischen (bzw. epistemologischen) Begriffsbildungen (vgl. Technikwissenschaft, epistemische Technologien, Kybernetik 2. und 3. Ordnung, epistemische Logik, Kommunikations-, System-, Spiel-, Chaos- und Managementtheorie etc.). Komplexitätswissenschaftliche Ansätze der theoretischen Informatik können demnach sowohl problemorientiert als auch formal-konzeptionell determiniert und eingeordnet sein. Formal-konzeptionelle Denk- und Handlungsweisen helfen besonders bei fachübergreifenden inter- und multidisziplinären holistischen Problemstrukturen, da sie Wissen und Erfahrungen aus verschiedenen Forschungs- und Lebensbereichen final vereinen, wobei die gemeinsame Formalstruktur ins Zentrum rückt (vgl. Kapitel 5.4).

Sprachhistorisch sind kompliziert (complicated) und komplex (complex) Bifurkationen aus dem altgriechischen Πολυπλοκότητα (poliplokotita). Das lateinische *plicare* wurzelt im altgriechischen πλέκω (pléko) *„flechten"*, das genuin undifferenziert eine umgrenzte holistische Vielheit beschreibt.

Wesentliche Teile der Charakteristika der seinsbezogenen mutuellen *ontisch-ontologische Komplexität* (einem *Sonderfall*) und der *Kompliziertheit* (dem *Normalfall*) stimmen überein. Die allgemeinere (d.h. im Vergleich zur polbildenden konträren, organisierten Komplexität) unspezifischere Kompliziertheit *erscheint beim (impliziten) Vergleich mit nicht komplizierten Entitäten.*

Der maßgebliche Unterschied zwischen dem grundlegenden *Organisationsmerkmal ‚kompliziert'* (nach dem multilingualen Online-Wörterbuch ‚Woxikon' ein Ausdruck mit 428 deutschen Synonymen in 23 Synonymgruppen und dem erklärenden Hauptakzent auf schwierig, vielschichtig, verwickelt, umfassend, undurchsichtig) sowie dem *relationalen Merkmal ‚komplex'* besteht meines Erachtens ursächlich in erster Linie in der *Qualität* und der *Intensität der Interaktionen* zwischen den sich zunehmend (bis zur metromorphen Kooperation) organisierenden und dabei spezialisierenden Elementen.

Das *Organisationsniveau ‚Komplexität'* attestiert primär *bedingungskonforme funktionale Vollkommenheit* [made-of-order], d.h. vor allem Strukturiertheit, relative *Bestimmtheit und Sicherheit* im gegebenen Maß. Die *Insuffizienz* oder gar das *Entfernen* irgendeines der zusammenpassenden und zusammenwirkenden (‚maßgeschneiderten') Teile des Systems die zur Grundfunktion beitragen, *„bewirkt, dass das System aufhört, effektiv zu funktionieren*" (Behe 2007, S. 39; vgl. auch Fußnote 22; Hervorhebungen LGF).

Demgegenüber verweist *‚Kompliziertheit'* auf partiell und/oder defizient Entwickeltes/Entfaltetes/Enthülltes/Erkanntes, auf *Unvollkommenheit*, Unvollständigkeit, Unzulänglichkeit, Unverständlichkeit, indiziert in toto stets

reale bzw. *ideelle Defizite*, die sich auf einer oben offenen Skala bis zum gänzlich entfalteten Chaos, erstrecken können. Das ist bekanntlich ein charakteristischer dynamischer Zustand, der sich vom ‚echten' Zufall, der Kontingenz, als Möglichkeit und gleichzeitiger Nichtnotwendigkeit, unterscheidet.

Die *Komplexitätsdefinition* von *Andrei N. Kolmogoroff* (1903–1987) ordnet der zufälligsten Anordnung der Systemelemente die numerisch höchste Komplexität zu. Sie entspricht damit der Informationsentropie von *Claude Shannon* (1916–2001). Beide quantifizieren infolgedessen direkt die ‚Unordnung'.

Kompliziert (**KL1**: intricacy) bedeutet in den ontisch-ontologischen Bezügen (mit 1 markiert), bei makroskopischer Betrachtungsweise etwas zunehmend *Unorganisiertes*, fortschreitend *Regelloseres*, in dem die räumlichen und zeitlichen ‚Muster' (≈ makroskopisch geordnete/organisierte emergente Komplexitäten) immer weiter verschwinden, bis sie nach einem Phasenübergang über einen metastabilen kritischen Zustand im Chaos (trotz seines holistischen Wesens) makroskopisch gar nicht mehr erkennbar sind. Die Wesens-, Ordnungs-, und Begriffsbestimmungen bedürfen neuartiger Strategien und führen zu umwälzenden Lösungen. So kann weitab vom energetischen Gleichgewicht, unter der Wirkung der irreversiblen Zeit (des Zeitpfeils) in solchermaßen dynamischen Systemen aus der enormen Menge wechselwirkender mikroskopischer und submikroskopischer Elemente naturgesetzlich ein Evolutionsfeld mit der organisierenden Solidarität der Kooperation entstehen.

Intuitiv beurteilt ist *kompliziert „[...] ein impliziter Komparativ* zwischen dem, was man gerne hätte *(wüsste)* und dem, was man hat *(weiß)*".[19] In praxi ist Kompliziertheit ein *Unbestimmtheits-Maß* für die *Ungewissheit* eines dynamischen Geschehens, für *unsichere* (nicht exakt determinierte) Ursache-Wirkungs-Relationen und die *Unwissenheit* (die Informationsdefizite) eines Beobachters beim Experimentieren oder des Akteurs beim Übergang vom Denken zum Wissen und seiner Systematik (also der Kognition). Der Terminus Kognition umfasse die Methoden und ‚Wege' vom Wahrnehmen und Denken bis zum Wissen und Handeln – emotionale Komponenten eingeschlossen. In den kognitiven Operationen und Prozeduren wird Wahrgenommenes kommuniziert, gedanklich erfasst sowie verarbeitet: erkannt, verstanden, interpretiert und handelnd genutzt. Diese Begrifflichkeit ist zugleich eine Grundlage und ein Ansatz für das Bedeutungspostulat ‚kognitive Komplexität'.

---

19 [https://de.wiktionary.org/wiki/kompliziert]

Kompliziert kennzeichnet einen perzeptiven Zustand, der sich in beiden Richtungen verändern, d.h. vereinfachen und komplizieren, lässt.

Kompliziert (**KL2**: complicated) in *kognitiv-diskursiven Bezügen* (mit **2** markiert), wie im *Entscheidungsmodell ‚Cynefin-Framework'* des systemorientierten Managements von Problemen, Situationen und ganzheitlichen (vernetzten) Beziehungsgefügen, ist deutlich von **KL1** unterschieden (vgl. Snowden 2000). Konstituierende Merkmale dieses Tools enthalten – meist verdeckt – legaldefinitorische Elemente. Als eine der fünf Sub-Domänen der Typologie von Kontexten[20]: *einfach* ≈ *offenbar, komplex, kompliziert, chaotisch* und *unbekannt* im Wissensmanagement-Modell von *David (Dave) John Snowden* steht kompliziert für „known unknowns", „bekanntes Unbekanntes/Nichtwissen". Die zugrundeliegende Beziehung zwischen Ursache und Wirkung – die damit bezeichnete *Ungewissheit* – erfordert zur Erklärung und/oder für Lösungsansätze des ‚Mechanismus der Kausalität' die Handlungsfolge: *wahrnehmen-analysiere-reagiere* [im Original sense-analyze-respond, S-A-R] (äquivalent der Sachfolge: *Fakten-Analysen-Reaktionen*). Aus dem Analysieren und Beurteilen der Fakten vor dem Handeln (z.B. in praxi mit der empfohlenen Good Practice) können mehrere ‚angemessene Antworten' resultieren. Mit dem dafür genutzten potenten problemrelevanten Fachwissen und einem geschulten Urteilsvermögen – der Expertise bzw. der sogenannten ‚künstlichen Intelligenz' (KI) – ist es per definitionem möglich, vernunftgemäß auf eine Entscheidung hinzuarbeiten. Probleme aus dem kognitiven Feld „komplex" lassen sich häufig zielführend – auch über Teillösungen – in das Feld „kompliziert" transformieren, d.h. vereinfachen und damit einleuchtender bzw. effizienter durchdringen. Das walisische Wort *Cynefin*, das u.a. die Deutung *Lebensraum* einschließt, wählte 1999 *Snowden* (vormals IBM) vorsätzlich ebenso wenig präzise, wie *Shannon* (Bell Labs Mathematics Department) 1947 die Bezeichnung *Entropie.*

Zum Vergleich sei das charakteristische Merkmal „komplex' **(KO2)** im kategorisierenden konzeptionellen System *Snowdens* zum Wissensmanagement skizziert. Dieses kognitive Feld hat einige Eigenschaften, die – wie schon *Dave Snowden* bekennt– für manchen schwer zu akzeptieren sind. Empfohlen wird die Handlungsfolge: *probiere-wahrnehme-reagiere*. [im Original sense-analyze-respond, P-S-R] (äquivalent der Sachfolge: *Versuche(Experimente)-Fakten-Reaktionen*). Das ist meines Erachtens die heuristische Problemlösungs-Strategie des Trial and Error, eine rekursive Suchstra-

20 ***Kontextur*** ist ein operativer systemtheoretischer Begriff, der die Einheit und den dialektischen Gegensatz von Qualität und Quantität in einem sachlichen, räumlichen und zeitlichen Bezugsrahmen reflektiert.

tegie *(mise en abyme)* und Optimierungsmethode, die wesensgemäß Misserfolge einschließt. Im Feld komplex können demzufolge und wegen der tatsächlich immanenten Emergenz, die zeitlich und unter Umständen räumlich getrennten Ursachen und Wirkungen nicht (bzw. nur in sehr seltenen Ausnahmen hinreichend genau) *prospektiv*, wohl aber *retrospektiv* gut beurteilt werden. Die Gegenwart arbeitet wie eine aktive Membran. In ihr treffen die Vergangenheit und die Zukunft aufeinander und die Zeit ‚entpuppt' sich. Die Vergangenheit und die Gegenwart erschließen sich mit einem bestimmten (insbesondere experimentellen) Aufwand, die *Zukünfte* bestenfalls in Schemen. Die Erzählungen über die Zukünfte sind Szenarien und Visionen. Die sprachlich identischen Adjektive KL1, KL2 sowie KO1, KO2 (bzw. die daraus abgeleiteten Substantive) gehören offenbar zu zwei verschiedenen, nur mit einigen Einschränkungen vergleichbaren *Ordnungssystemen* (Signifikat) → *Begriffssystemen* (Signifikant) **S1, S2**. Abgesehen vom Fehlen der expliziten Charakteristika „»elementar« im S2 und »chaotisch« im S1, ist das Begriffssystem S2 keine logisch und semantisch korrekte Reflexion des realdialektischen Systems **S1**.

S2 unterliegt anderen Intentionen und einer ihnen entsprechenden Systematik; es ist anfälliger für kognitive Verzerrungen. Überdies ist generell anzumerken: Jede Verknüpfung von *Bezeichnetem* (Signifikat) und *Bezeichnendem* (Signifikant) wird über Konventionen festgelegt, enthält pragmatische Elemente und dynamische interpretative Spielräume. Mehr noch: einige Protagonisten kennzeichnen »komplex« als tautologisch.

Für die in den Diskurs involvierten Grundbegriffe bilden die verallgemeinernden Sprachregelungsvorschläge von *Helmut Spinner* (Spinner 2002, S. 45f.) eine solide Startbasis.[21]

S1 wird von vier inhaltlich und formallogisch verlässlich korrelierten, dadurch relationalen Adjektiven – den paarweise konträren Merkmalen – *einfach-kompliziert* sowie *elementar-komplex* und den paarweise subalter-

---

21 *Wissen = semantische Information* (unabhängig von Richtigkeit und Wichtigkeit grundlegender, integrierender Schlüsselbegriff; *informationelle Kernbedeutung: dass etwas, wie, wo, wann, warum der Fall ist.*
Information = inhaltliches Wissen (kritierienfreier Wissensinhalt/-betrag ohne weitere Bestimmung).
Erkenntnis = Information plus x (x = kriteriengebundene Zusatzqualifikation).
Kenntnis = Information oder Erkenntnis plus y (y = selektive Präferenzen, Wissensselektion ist die kenntnisbildende, kompetenzschaffende Operation).
Kognitionen = subjektive Wissensarten, -teile oder -tätigkeiten bzw. deren psychologische Äquivalente für den mentalen Bereich.
Ideen = gedankliche Keimformen des Wissens mit hohem Neuigkeitsanspruch und (noch) geringem Informationsgehalt.

nen Merkmalen *einfach-elementar* sowie *kompliziert-komplex* konstituiert. Erläuternde Details für eine Diskussion sind in Fleischer (2016)) und in Fleischer (2019, insbes. S. 81f.) ausgeführt.

Beim *zweiten Zwischen-Resümee* ist festzuhalten:

Im veränderlichen *Universum* und all seinen Teilen bzw. in den *hypothetischen Multiversa* herrschen weder ein absolutes Chaos noch eine absolute Ordnung, sondern *relative Ordnung* und *relative Harmonie*, die Prinzipien der widersprüchlichen und zugleich kooperativen Vielfalt, der Komplexität und Multistabilität im progressiven Wandel. Zwar durchschauen wir verifizierte oder intersubjektiv anerkannte Regeln und Gesetzlichkeiten in ihren Grundzügen hinlänglich, deren Wechselspiel mit sich immerfort verändernden Rand- und Anfangsbedingungen erfordern freilich qualitativ neue Perspektiven sowie *holistische Betrachtungs- und Denkweisen*. In diesem Sinn entwickelte die Physik (die ‚Natürliche') eine ihre Methodik ergänzende, systemisch-organische, schwach kausale, nur noch partiell deterministische Sicht auf die Natur sowie ihre Beziehung zum und Aktivitäten mit dem Menschen. Bisher haben allerdings weder die Gesellschaft mit den belastenden wirtschaftlichen und sozialen Verwerfungen der Globalisierung, noch die Wirtschaft oder die Politik dieses Paradigma angemessen verinnerlicht, geschweige denn praktiziert.

Die beobachtbare Auflösung strenger Verhaltensregeln, mit der Folge größerer Freiheit, aber auch ungleich größerer Unsicherheit, wird unterdessen zunehmend Informalisierung[22] genannt.

5.6 Technologie – techné und epistémé in organischer Kooperation

5.6.1 Die dialektische Struktur der Technologie

Bildungsperspektivisch und bildungspolitisch urteilend hebt *Humboldt* schon im 1. Band des „Kosmos" hervor:

> „Gleichmäßige Würdigung aller Teile des Naturstudiums ist aber vorzüglich ein Bedürfnis der gegenwärtigen Zeit, wo der *materielle Reichtum* und der *wachsende Wohlstand der Nation in einer sorgfältigen Benutzung von Naturprodukten und Naturkräften gegründet sind* [...]. Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze, noch Maß- und Zahlverhältnis, kennt. Auch hier liegt die Macht in der volkstümlichen Intelligenz. Sie steigt und sinkt mit dieser. [...] Diejenigen Völker, welche an der *allgemeinen industriellen Tätigkeit* in Anwendung der Mechanik und der technischen Chemie, in sorgfältiger Auswahl und Bearbeitung natürli-

22 [http://www.enzyklo.de/lokal/40027]

> cher Stoffe zurückstehen, bei denen die Achtung einer solchen Tätigkeit nicht alle Klassen durchdringt, werden unausbleiblich von ihrem Wohlstand herabsinken.“(Humboldt 1845–1862, Bd. I, S. 36, Hervorhebungen und orthographische Anpassung LGF)

Ohne es expressis verbis so zu bezeichnen, spricht *Humboldt* mit dem Zitierten die *Technik und Technologie* an. In vergleichbarer Diktion führte 1770 der Göttinger Universitätsprofessor *Johann Beckmann* (1739–1811) erstmals den *Begriff Technologie* statt einer *‚Kunstlehre‘* in der Bedeutung von *epistémé* ein. *Beckmann* definierte und erklärte „Technologie ist die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kentniß der Handwerke, lehrt“ (Beckmann 1796, S. 12, S. 19).

Humboldt hat auf einigen technologischen Gebieten ausgezeichnete theoretische Erkenntnisse vorzuweisen und innovative praktische Lösungen erarbeitet. Er modernisierte den Eisen-, Zinn-, Nickel-, Silber-, und Goldbergbau, entwickelte eine Grubenlampe und eine Atemschutzmaske und verbesserte die Porzellanherstellung (insb. die Brenntechnik und die Verfahrensführung) maßgebend (vgl. Hülsenberg 2019).

Der entfaltete Terminus technicus *Technologie* bezeichnet in guter Näherung das *„WIE“:* die Art und Weise, den Charakter, die bestimmenden Umstände eines Geschehens und Tuns *(Praxis)* sowie die diesbezüglichen Methoden, Konzepte und Strategien *(Theorie)* in allen Tätigkeits- und Lebensbereichen des Menschen.

Pointierter beschrieben geht es um die makro-, meso-, mikro-, nanoskopisch skalierte *Prozessführung (Einwirkungen)* sowie die *effektive Verfahrensgestaltung* (die organisierte, operationalisiert steuernde und regelnde Einflussnahme) beim zielorientierten Zusammenwirken der materiellen und ideellen Produktivkräfte in den sich ausdifferenzierenden Arbeitsprozessen, wie Erkenntnis-, Design- und Produktionsprozessen, im gesamten Reproduktionsprozess (mit dem Produktionsprozess als dessen Kern).

Arbeit versteht sich aktuell demzufolge als *formenreicher universeller Prozess* bewusster schöpferischer Aktivität des Menschen zum Unterhalt und zur Verbesserung seines Lebens im Rahmen natürlicher Gegebenheiten, mit dem Arsenal nutzbarer Mittel und Methoden unter den herrschenden gesellschaftlichen Bedingungen (gegenwärtig solcher fundamentaler Determinanten, wie der Digitalisierung → Arbeit 4.0, digitaler Kapitalismus).

Technologie im Sinne von *techné* (altgr.: τέχνη – Können, Geschick, sich auf Etwas verstehen) umfasst die *realen Prozesssysteme (Sachsysteme/ Artefakte – Realität)*. Die rezenten komplexen Anforderungen an die Technologien verlangen in herausragender Weise nach *epistémé* (altgr.: πίσταμαι

– „wissen"): dem *Wissenssystem (Theoriensystem – Abstraktion)*, darunter als integrierenden Teil der multidisziplinären Technikwissenschaften.

Technologie apostrophiert nachgewiesenermaßen eine *Dualität* praxisorientierter, final gestalteter (ideographischer) *Sachsysteme* und erkenntnisorientierter, akkumulierender und systematisierender (nomothetischer) *Wissenssysteme*. Mit techné und epistémé repräsentiert die Technologie (ebenso wie die inhärente Technik und Arbeit) eine bereichsübergreifende *hochpotente dialektische Einheit* von Realdialektik und Widerspiegelungsdialektik, von Ontologisch-Ontologischem und Kognitiv-Diskursivem. Diese konstitutiven Elemente umgreifen zunehmend den gesamten Reproduktionsprozess.

Zwischen den *Ressourcen* aller Art und den *Gebrauchswerten* (dem angestrebten Nutzen für den Menschen, die Gesellschaft, ...) *fungieren* immer *Technologien*. Deren einzigartiger *Stellenwert* erklärt sich entscheidend aus ihren effektiv und bahnbrechend *vermittelnden, integrierenden, verändernden und stimulierenden Wirkungen* auf die verschiedensten Bereiche der evolvierenden Gesellschaft, und daraus, dass es keinen effizienteren Weg zur Überführung empirischen (~techné) und wissenschaftlichen (~epistémé) Wissens in das zielgerichtete, koordinierte, werteschaffende menschliche Denken und Handeln gibt. Nur über Technologien werden wissenschaftliche Ergebnisse – gleich welcher Wissenschaftsdisziplin, ebenso wie empirische Erfahrungen aus der Produktion und anderen menschlichen Tätigkeitsfeldern – gesellschaftlich wirksam. Das heißt in *Kreativität, Produktivität, Effektivität, in Innovationen*, letztlich in *Produkte und Prozesse/Verfahren* sowie mit allem assoziierte soziale Effekte, wie Humanität und Gemeinnutz, transformierbar. Womit wiederum zunächst nur ein Möglichkeitsfeld in der kontingenten Wirklichkeit charakterisiert wird. Das Elixier für dessen Qualifizierung ist heute unbestritten die Wissenschaft. Selbst unter dem anwendungsorientierten Gesichtspunkt wäre – in Anbetracht der gegenwärtigen Herausforderungen – ihre pragmatische Reduzierung auf eine bloße ‚Nutzenschaft', d.h. letztendlich den Verzicht auf ein sich ständig entwickelndes theoretisches Fundament, nicht denkbar.

5.6.2 Entwicklungstendenzen der Technologie

> „Der Erfinder der Feuersteinaxt wusste nichts von Wissenschaft und schuf trotzdem eine Technik. China gelangte zu einem hohen Grad technischer Fertigkeiten, ohne im Geringsten etwas von der Existenz der Physik zu ahnen. *Nur die moderne europäische Technik hat eine wissenschaftliche Wurzel, und daher stammt ihr eigentümlicher Charakter, die Möglichkeit eines unbegrenzten Fort-*

> *schritts.* Die übrigen Techniken – die mesopotamische, ägyptische, griechische, römische, orientalische – wachsen bis zu einem gewissen Punkt ihrer Entwicklung, den sie nicht überschreiten können, und beginnen, kaum dass sie ihn erreicht haben, zu stocken und kläglich zu verfallen.“(Ortega y Gasset 1931, S. 116, Hervorhebungen LGF)
>
> „Das Imperium Romanum liquidierte mangels Technik. [...] Aber jetzt ist es der Mensch, der scheitert, weil er mit dem Fortschritt seiner eigenen Zivilisation nicht Schritt halten kann“, behauptet Gasett. (Ortega y Gasset 1931, S. 93)

Die verschiedenen Autoren gliedern die ca. 12.000 Jahre Technikgeschichte in drei bis neun Perioden. Sie nutzen zum Teil verschiedene Indikatoren, um die technisch möglichen, ökonomisch tragfähigen sowie gesellschaftlich wenigstens tolerierten Entwicklungslinien zu beurteilen und als Trajektorien zu beschreiben. Der spanische Kulturphilosoph *José Ortega y Gasset* (1883–1955) differenziert nach der *Art der Lösungsfindung die Technik des Zufalls, des Handwerks* und die *Technik des Technikers*, die bewusst die Verfahren und die mannigfaltigen Vorrichtungen trennt (vgl. Ortega y Gasset 1949, S. 93–103).

In seiner ‚großen Linie‘ ging der – in der Grundtendenz allmähliche, jedoch von sprunghaften, diskontinuierlichen Wandlungen unterbrochene – technisch-technologische Fortschritt damit einher, welche technologischen Teilfunktionen des Menschen und bis zu welchem Grad sie effektiver auf technische Konstruktionen übertragen werden konnten. Dieses technisch-technologische Paradigma betraf zunächst die bloße, später die zunehmend diffizil ausgerüstete und hochtrainierte Hand, die Muskulatur sowie den gesamten menschlichen Bewegungsapparat und schließlich Denkleistungen, die einfache bis viergliedrige Maschinen übernahmen und die zur anhaltenden Integration der Informationstechnik in vernetzten Strukturen führten.

Zwei nachhaltige fundamentale Aspekte kennzeichnen heute jegliche fortgeschrittene Technik und Technologie:

– das *irreduzibel Komplexe:* Etwas aus einer großen Menge vielfältiger *relevanter Elemente* mit diversen *Relationen*, zweckmäßig funktionell-strukturell, metromorph[23] [made-to-order] Assoziiertes (Vereinigtes, Ge-

23 Ohne seinen – verschleiert kreationistischen – Schlüssen auf einen *religiösen ‚intelligenten Designer‘* daraus logisch zwingend folgen zu müssen, lässt sich *Behes* Beschreibung eines *irreduziblen komplexen Systems* sachlich anerkennen. Es sei *„[...] ein einzelnes System, das aus mehreren zusammenpassenden und zusammenwirkenden Teilen besteht, die zur Grundfunktion beitragen, wobei das Entfernen irgendeines der Teile bewirkt, dass das System aufhört, effektiv zu funktionieren“* (Behe 2007, S. 39). Diese verallgemeinernde Überlegung leitet *Behe* aus der Biologie/Biochemie ab. Auch die Medizin bietet mit den Insuffi-

fügtes, Verflochtenes, Verwobenes, Verschränktes – texere) (vergleiche Fußnote 16). Kontextuell sei an die symbolische Repräsentation erinnert: *Complexity = (Multiplicity)·(Interaction)·(Integration).*

– das *Artefaktische:* Etwas zweckdienlich Konstruiertes, bewusst Geschaffenes, *final orientiertes Künstliches*.

In der wirkmächtigen, intern koevolvierenden Trinität – der zwar unterscheidbaren, dennoch operational unauflösbaren Gesamtheit – von Natur, Technik und Gesellschaft ist der denkende und interessengeleitet zielsetzende Mensch (als biopsychosoziales Wesen) Träger von Bildung, Bewusstsein sowie Erfahrungen und zugleich Akteur, der im Arbeitsprozess innerhalb und vermöge der kooperativ integrierenden und superponierenden Technologien zweckdienlich unmittelbar und mittelbar auf die Arbeitsmittel einwirkt.

In der prägnanten Diktion des Kapitals von *Karl Marx* (1818–1883) sind die Konstituenten und Funktionalitäten der Technologie als objektiv-reale Sachsysteme mit politökonomischen Kategorien authentisch charakterisierbar.

> „Die *Arbeit* ist zunächst ein Prozeß zwischen Mensch und Natur, ein Prozeß, worin der Mensch seinen *Stoffwechsel mit der Natur* durch seine eigne Tat vermittelt, regelt und kontrolliert.“ (Marx 1968, S. 192, Hervorhebungen LGF)

> „Die einfachen Momente des *Arbeitsprozeßes* sind die zweckmäßige Tätigkeit oder die Arbeit[24] selbst, ihr Gegenstand und ihr Mittel.“ (Marx 1968, S. 193, Hervorhebung LGF)

> „Im *Arbeitsprozeß* bewirkt also die Tätigkeit des Menschen durch das Arbeitsmittel eine von vornherein bezweckte Veränderung des *Arbeitsgegenstandes*.“ (Marx 1968, S. 195, Hervorhebungen LGF)

Und:

> „Die *Arbeitsmittel* sind nicht nur Gradmesser der Entwicklung der menschlichen Arbeitskraft, sondern auch Anzeiger der gesellschaftlichen Verhältnisse, worin gearbeitet wird.“ (Marx 1968, S. 195; Hervorhebung LGF)

---

zienzen von Organen Serien nachvollziehbarer praktischer Beispiele. In *Behes* Gedankengebäude fungieren irreduzible komplexe Systeme als angebliche große Stolpersteine/Hindernisse [huge stumbling blocks] für die biotische Evolution. Ein als *irreduzibel komplex* charakterisiertes System *Behes* nennt der Autor – LGF – *metromorph komplex*: von adaptierter, effektiver funktionell-struktureller Konstitution ≈ ‚maßgeschneidert‘ – made-to-order.

24 *Habermas* versteht (frei zitiert) unter *Arbeit oder zweckrationalem Handeln* entweder: *instrumentelles Handeln*, das sich nach technischen Regeln richtet, die auf empirischem Wissen beruhen, oder eine *rationale Wahl*, die jenen Strategien folgt, die auf analytischem Wissen aufbauen.

Die Produktivkraft der lebendigen, gesellschaftlichen Arbeit ist – außer von der Entwicklung des fixen Kapitals (vor allem der ‚Maschinerie') – auch abhängig vom „[...] allgemeinen Stand der Wissenschaft und dem Fortschritt der Technologie oder der Anwendung dieser Wissenschaft auf die Produktion" (Marx 1974 [1857/1858], S. 594).

Der mit seinen Kompetenzen, Fähigkeiten, Fertigkeiten sowie Interessen, Einstellungen, Wertvorstellungen und seinem Wissen zielgerichtet handelnde Mensch, wird als Arbeitskraft physisch und psychisch in Anspruch genommen. Der französische Philosoph und Psychologe *Gilbert Simondon* (1924–1989) folgerte nach seinen tatsächlich philosophisch-technologischen Untersuchungen grundsätzlich:

> „Wir können eine *Haltung technologisch* nennen, die bewirkt, dass ein Mensch sich nicht allein um den Gebrauch der technischen Wesen kümmert, sondern um die Korrelation der technischen Wesen untereinander. Der aktuelle Gegensatz zwischen Kultur und Technik resultiert aus dem Umstand, dass das technische Objekt als mit der Maschine identisch betrachtet wird. (Simondon 2012, S. 133, Hervorhebungen LGF)

Simondon setzt sich für die konsequente Anerkennung der Existenz funktionaler Kollektive aus *Mensch, Natur und ‚offenen technischen Maschinen'*, die demgemäße bewusste organische sozio-technische und sozio-kulturelle Gestaltungsweisen sowie adäquate kognitiv-diskursive Reflexionen ein.

Die zitierten Objekte und Sachverhalte sind in Abbildung 2 dargestellt und in ihr differenzierter beschrieben. Die funktionell-strukturellen Beziehungen zwischen beiden dualen Sach- und Theoriesystemen Technik und Technologie sind dem Bild entnehmbar. (Für detailliertere Argumentationen und Interpretationen vgl. Fleischer 2015).

Insbesondere in *Prozesstechnologien* werden die zwar unterscheidbaren, aber letzten Endes lediglich didaktisch trennbaren *Stoffe, Energien und Informationen* nicht nur als Arbeitsgegenstand gezielt gewandelt. Sie fungieren zunehmend als Arbeitsmittel, als operationelle Agentia. In dieser Doppelfunktion ähneln die drei materiellen Aspekte dem Denken darin, dass sie gleichermaßen Mittel und Gegenstand des menschlichen Handelns sind. In dem regelmäßigen *(Gibbs'schen)* Dreieck, das das Feld der komplexen Arbeitsgegenstände umschließt, verschiebt sich entwicklungstypisch der Referenzpunkt der arbeitsgegenständlich abgebildeten Technologie $Z_{akt.}(x_1, x_2, x_3)$ mit dem steigenden Informationsanteil in Richtung $x_3 \rightarrow 1 = \Sigma x_i$, $0 \leq x_i \leq 1$. Diese ‚Gewichtsverschiebung' zur Kategorie Information ist innerhalb der Arbeitsmittel – der operationellen Agentia und der ‚Denkzeuge' – noch auffälliger.

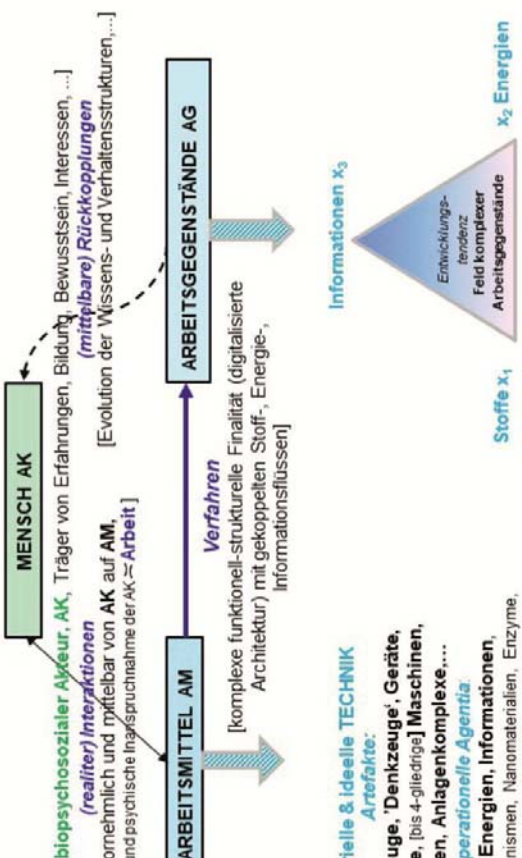

Abb. 2: Deutungsmodell der Technologie, einer ‚natura naturata', als duales Sach- und Theoriesystem mit komplexen konstitutiven Komponenten und Relationen

(Eigenes Archiv; L.-G. Fleischer 2019)

Mit der objektiv wachsenden Komplexität unserer dynamischen, enger vernetzten, komplizierten und widersprüchlichen Welt sowie ihrer Subsysteme treten immer häufiger Verunsicherungen, Grenzsituationen und praktische Überforderungen des menschlichen Handelns unter Umständen des Intellektes auf. Als teilweise wirkende (lediglich technisch-technologische?) Kompensationsstrategie wird eine *Schlüsseltechnologie*, die *‚künstliche Intelligenz' (KI),* zunehmend in die Kalküle und Verfahren aller Art implementiert. *Mit diesen artifiziellen Systemen gilt es verwertbare Zusammenhänge, wie verborgene Muster und Redundanzen, zu erkennen, zu registrieren und umfassend zu nutzen sowie unvollständige Folgen von Informationen zu vervollständigen, Wahrscheinlichkeiten abzuschätzen, Probleme qualifizierter zu formulieren und zumindest anteilig zu lösen.* KI verbreitet sich infolgedessen schnell in allen Tätigkeits- und Lebensbereichen des Menschen. Außergewöhnliche Hoffnungen weckt das implementierte *Big-Data-Management:* die Organisation, Verwaltung und Governance semi-strukturierter und unstrukturierter, nahezu unermesslicher Datenmengen mit sehr komplexen, auffallend dynamischen, andererseits in der Regel *nur schwach strukturierten Daten.* KI bietet die Chance, in Intervallen wiederkehrende Routinearbeiten präziser und effizienter auszuführen, so Ausfallrisiken sowie Kosten zu senken und hauptsächlich den Vernetzungsgrad der beabsichtigten Abläufe zu erhöhen. KI ist jedoch nicht geeignet, den ‚ganzen Menschen' – auch nur technologisch – zu ersetzen, wohl aber ihn in spezifischer Weise hervorragend zu unterstützen.

Ein wesentliches und überzeugendes Beispiel bietet das *Prozessmanagement (Process-Mining)*. Der Gesamtprozess wird dabei als Folge logisch verknüpfter Prozessschritte dargestellt, die als Zeitreihen der Ereignisse aufgezeichnet werden können. Ausgangsbasis der *Process-Mining-Technologie* sind derartige Ereignisdaten in Form von Log-Dateien.[25] In den Zeitreihen werden die *Ereignisse* sowohl einem *Prozessschritt* als auch einer *Prozessinstanz zugeordnet*, um daraus Prozessmodelle für das optimierte Prozessmanagement zu generieren. Mit diesem Ziel kooperieren im Process-Mining

25 In einer **Log-Datei** (einem **Logfile**) speichern IT-Systeme wie Server, Router oder Client-Rechner, automatisch Informationen über aufgetretene Ereignisse, den Prozess-Status oder Transaktionen [...]. „Die Dateien dienen als Informationsquelle (& *Protokolldatei*) beispielsweise bei der Problemanalyse oder bei der Rekonstruktion von Transaktionen. Ereignisse werden in der Log-Datei mit Zusatzinformationen nachvollziehbar gespeichert und ermöglichen die nachträgliche Analyse. Mit Hilfe der Archivierung von Log-Dateien lassen sich Ereignisse über große Zeiträume nachvollziehbar dokumentieren. Einige Logfiles erlauben die Regeneration verlorener Daten". [https://www.ip-insider.de › was-ist-eine-log-datei-a-794350]

Technologien aus den Bereichen des Data-Mining und der Computational Intelligence mit der Prozessanalyse sowie der Prozessmodellierung.

Die besonderen kognitiven Fähigkeiten des Menschen, verbunden mit den Stärken der Computer und hochpotenter Informationssysteme, ermöglichen generell das bestmögliche KI-gestützte Bewerten und Entscheiden. „Computer können theoretisch menschliche Intelligenz emulieren [nachahmen] und sie übertreffen", äußerte der britische Physiker *Stephen Hawking* (1942–2018) 2017 in seiner Grußbotschaft zur Eröffnung der Web Summit in Lissabon, einer der herausragenden Technologiekonferenzen der Welt. Er warnte das Gipfeltreffen aber zugleich vor der unvorsichtigen KI-Entwicklung und einem nicht nachvollziehbaren (unkontrollierten) KI-Gebrauch: „KI wird entweder das Beste sein, was der Menschheit jemals widerfahren ist – oder das Schlimmste." KI habe das Potenzial, ganze Volkswirtschaften auf den Kopf zu stellen. Oder die Technik könne für autonome Waffensysteme und zur Unterdrückung missbraucht werden, mahnte Hawking. „Wir können nicht vorhersehen, was passiert, wenn wir den menschlichen Geist mit der KI verbinden" (Hawking 2017, heise online News 11/2017).

Über den *Nießbrauch oder Missbrauch* der KI *entscheiden vornehmlich die ‚Geschäftsmodelle' der Applikation.*

Im Folgenden sollen die Struktur und die Funktionalitäten der KI etwas eingehender erläutert werden.

Bei künstlichen Intelligenzen wird zwischen solchen Verknüpfungsfunktionen und Leistungen unterschieden, die auf *John Rogers Searles* schwacher künstlicher Intelligenz mit Zeichen bzw. *Alan Turings* (1912–1954) *starker künstlicher Intelligenz mit Zahlen* beruhen. Während sich die *schwache KI* in der Regel mit konkreten Anwendungsproblemen befasst, geht es bei der *starken KI* darum, eine ‚allumfassende' Intelligenz zu schaffen. Wiederholt wird angefügt, dass die schwache KI Intelligenz nur emuliere, während die starke KI die wahrhaftige (universelle) Intelligenz sei. Zu den Anwendungsdomänen der schwachen KI gehören vor allem die Zeichen- und die Spracherkennung sowie Navigations- und Expertensysteme. KI-Forscher vertreten überwiegend die These, dass nur die starke KI mit dem Menschen vergleichbare intellektuelle Fähigkeiten und Fertigkeiten aufweist oder ihn darin sogar übertrifft, und, dass diese faktische Intelligenz das Kommunizieren in natürlichen Sprachen, das Lernen, das logische Denken, das Entscheiden unter den Bedingungen von Unbestimmtheiten sowie das Planen beherrschen muss.

Ob die Bezeichnung *künstliche Intelligenz* generell angemessen gewählt wurde, darf infolgedessen bezweifelt werden. Ein Abgleich mit dem Grund-

begriff Intelligenz könnte von Nutzen sein. *Intelligenz* ist kurz gefasst vor allem die Fähigkeit des Menschen, sich sowie die lebensgestaltenden und lebenserhaltenden Prozesse den Notwendigkeiten des ständigen Wandels und seiner Veränderungsdynamik anzupassen. Eine anregende und etwas eingehendere *Arbeits-Definition zur Intelligenz* verdanken wir *Georg Klaus* (1912–1974):

> „Intelligenz ist die Fähigkeit, Verhaltensalgorithmen herzustellen und auf diese Weise Probleme zu lösen. [...] Zur Intelligenz gehört auch, die Beseitigung von Fehlern in den Algorithmen." (Klaus 1968)

Damit rückt die Fähigkeit des Menschen in den Blickpunkt, sich zum Zwecke der Lösung einer neuen Aufgabe/eines Problems selbst zu programmieren, also einen definierten zielführenden Prozess zu (er)finden und rekursiv zu adaptieren, dafür neue primär und reflexiv tragfähige Methoden zu generieren und zu verifizieren. In diesem Sinn sich und das eigene Denken zum Objekt der Erwägungen und Analysen zu küren. In der 4. vollständig überarbeiteten Auflage des „Wörterbuchs der Kybernetik" wird eine kybernetische Interpretation der Intelligenz und des intelligenten Verhaltens vorgeschlagen. Verkürzt dargestellt umfasst sie die Konstruktion interner Modelle der Außenwelt mit denen – mittels Simulation unterschiedlicher Konstellationen – Handlungsalternativen vor ihrer Umsetzung in die Realität entwickelt, geprüft und bewertet werden. (Klaus/Liebscher 1976, S. 292ff.)

Mit *Schwarmintelligenz/Gruppenintelligenz* wird ein kollektives Phänomen beschrieben, bei dem unabhängig von der Intelligenz der zahlreichen involvierten Individuen infolge ihres Zusammenwirkens emergente intelligente Entscheidungen getroffen werden können.

Ein effektives und adaptives *Daten- und Informations-Management* dafür bildet eine wichtige Voraussetzung, um in Anbetracht der Big-Data-Mengen auch langfristig die Kontrolle über die unstrukturierten und semistrukturierten Daten im Peta- und Exabytebereich zu sichern.

Wesensgemäß wachsen mit der inhärenten Kompliziertheit der Anordnungen und Relationen sowie der verflochteneren Gestaltungs- und Funktionsweisen die Probleme, Konflikte, Risiken, Gefahren – bis zu Krisen und potentiellen Katastrophen. Diese Sachlage ist für die Technik und Technologien sowie die ebenfalls historisch bedingte sozio-kulturelle Struktur und soziale Organisationsform der Gesellschaft (Gesellschaftsformation) besonders bedeutsam. Zur Gruppe der hoffnungstragenden *emerging technologies*, die – in der angeführten Spezifikation mit ihren außerordentlichen Entwicklungspotentialen – gegenwärtig in herausragender Weise das gesellschaft-

liche Erkenntnis-, Kreativitäts- und Produktivitätsniveau, die materiell-technische Basis sowie die soziale und kulturale Umwelt stimulieren und verändern, gehören u.a. die *Nanotechnologien, Biotechnologien, Kognitionstechnologien*, weitere *Informationstechnologien*, die fortgeschrittene Robotik sowie die robotergesteuerte Prozessautomatisierung, die Mensch-Maschine-Kommunikation, die drahtlose Datenübertragung. Im Alltag verbinden zunehmend *assisitive Technologien* mit ihrer auf den Menschen fokussierten Technik (Devices und Services) die implementierte Informations- und Kommunikationstechnik mit modernster *Assistenzrobotik*.

Seit Beginn dieses Jahrtausends ist darüber hinausgehend sowie parallel zur Herausbildung der anwendungsoffenen und rasch evolvierenden *converging sciences and technologies* (vgl. Roco/Bainbridge 2002, Hervorhebungen LGF) die *Konvergenz von vier Schlüsseltechnologien* zu beobachten: Die Nano-, Bio-, Informations- und Kognitions- bzw. Neurotechnologien gehören zu den herausragenden Versionen der *converging technologies*, die zugleich von der fortschreitenden Komplexität/Transdisziplinarität zeugen. Für sie hat sich – aus dem Englischen abgeleitet – die Abkürzung NBIC etabliert. Der NBIC-Konvergenz liegt als hypothetische Kernthese die Kompatibilität der fundamentalen *Strukturelemente Atom, Gen, Bit und Neuron* (bzw. solcher Gen-Analoga, wie *Dawkins* Meme[26] und comps) zugrunde. Die NBIC bildet die Basis für das Gestalten neuer Verfahren und Produkte, darunter Nano-Bio-Prozessoren verschiedener Arten und Leistungscharakteristika sowie ‚intelligenter Materialien'.

Ob es sinnvoll oder gar notwendig ist, mit dem sich einschleichenden Begriff *‚Disruptive Technologies'*[27] zu operieren, darf zumindest angezweifelt werden. Das Attribut revolutionär wäre authentisch. Der Terminus soll die radikalen/*revolutionären* (Herkömmliches zerlegenden, abschreibenden oder total eliminierenden) technologischen Innovationen charakterisieren, die *besonders effektiven Konversionen* bis dato ordinierter Verfahren, Methoden oder Paradigmen erklären. Im Deutschen werden sie auch *Sprungtechnologien* genannt und sind mit Phasenübergängen vergleichbar. Sie übertreffen in ihren Wirkungen inkrementelle/*evolutionäre* Innovationen, bei denen eine bestehende Technologie *effizienter fortgeschrieben* oder ein existierendes Produkt moderat verbessert bzw. günstiger erzeugt wird.

Das dritte Zwischen-Resümee hebt hervor:

---

26 ***Mem*** – von „mi**mema**" für „etwas Imitiertes".

27 Der Begriff geht auf *Clayton M. Christensen* (1952–2020) (Harvard Business School) zurück (vgl. Christensen 1979 sowie Bower/Christensen 1995).

Von generellem Interesse, weil von ausschlaggebenden Auswirkungen, bleiben zwei fundamentale Gewissheiten:

1. Als Kulturform, Kulturprodukt sowie wesentliche Instrumente der gesellschaftlichen Evolution und Bestandteile der Kulturgeschichte sind die *Technik* und *Technologien* mit ihren mannigfaltigen sozio-kulturellen Determinanten *praktisch* und *theoretisch* nur in sozio-ökonomischen Zusammenhängen, wie Zielen, Methoden, Wegen, Selektionskriterien, zu begreifen und organisch reguliert weiterzuentwickeln.
2. Die *Kultur und ihre Geschichte*, die zu verschiedenen Zeiten und in bestimmten Kontexten mit ungleichen Schöpfern und Beobachtern sowie andersgearteten (bis diametralen) Macht- und Interessenlagen *komplexe Geflechte* aus *interagierenden Systemebenen* bilden, gilt es unter dem leitenden *Aspekt des commune bonum* in all ihren Facetten stetig auszugestalten und fortschrittsfördernd zu wandeln.

6 Funktionen, Verantwortung und Herausforderungen der Wissenschaft für die Zukunftsorientierung

> „Die Frage, welchen Anteil die Wissenschaften an der Lösung der existenziellen Probleme der Menschheit haben können und sollen, ist zu Beginn des 21. Jh.s dringlicher denn je geworden. Dabei geht es nicht nur um ein ethisches, politisches und soziales Problem, sondern je mehr Wissenschaft und Technologie alle Bereiche des Lebens der Menschen beeinflussen, desto stärker sind auch *die Erkenntnisziele und damit die kognitive Tätigkeit selbst* betroffen. Wenn folglich von der gesellschaftlichen Funktion und Verantwortung der Wissenschaft die Rede ist, so gilt das vor allem für die *alle Disziplingrenzen übergreifende Aufgabe der Zukunftsorientierung im Prozess der gesellschaftlichen Entwicklung*“,

analysiert der Historiker *Wolfgang Küttler* (Küttler 2010, S. 1, Hervorhebungen LGF).

Er fordert, dass das nicht allein eine Angelegenheit der Natur- und Technikwissenschaften sein und bleiben kann. Natur- und Technikwissenschaftler haben allerdings als Experten, Gutachter und Teilnehmer am öffentlichen Disput oft nicht unwichtigere, untergeordnetere, sondern eher gewichtigere, folgenschwerere Verantwortung für sozio-kulturelle Entscheidungsprozesse.

Was kann und muss die Wissenschaft heute intern und extern tun, damit ihre essentiellen Erkenntnisse von der Gesellschaft sowie ihren Entscheidungsträgern überhaupt wahrgenommen und ihre Potenzen realisiert werden, mehr noch, zum angemessenen Handeln führen? Was bewirken selbstkritische Reflexionen, grundsätzlich andere Strategien der eigenen Entwicklung,

der Forschung und Beratung? Geht es bei der Beteiligung von wissenschaftlich Tätigen an Diskussionen mit der Öffentlichkeit um eine intensivierte und zugespitzte Kommunikation? Wie können die neuen Bewegungen wirksamer unterstützt werden, die sich, wie „Fridays for Future", erklärtermaßen auf die Wissenschaft berufen, wenn sie effektivere Maßnahmen aller gesellschaftlichen Akteure, insbesondere der Politik, gegen die Gefahren des Klimawandels, gegen die akuten, sich fast ‚ungebremst' verschärfenden globalen Probleme und die ökologisch verheerenden, letztlich menschheitsgefährdenden Überschreitungen „planetarer Kapazitäten und natürlicher Grenzen" fordern? Das derzeitige (gerade noch erträgliche) Gleichgewicht zwischen der menschlicher Kultur (mit all ihren Konstituenten sowie Formen) und der Natur ist nachweislich folgenschwer bedroht. Aus dem in präzedenzloser Weise eskalierenden Kollisionskurs mit der Umwelt kann eine überwiegend von Menschen selbst verursachte (also in wesentlichen Teilen tatsächlich anthropogene) Existenzgefährdung resultieren.

Der Physiker *Max Steenbeck* (1904–1981) postulierte:

> „Grundlage jeder *wahren Verantwortung* und damit der höchsten Form von *Menschenwürde* bleibt es, sich darüber *klar zu werden suchen, was das, was man tut, wirklich bedeutet*." (Steenbeck 1978, S. 91, Hervorhebungen LGF)

> „Gesellschaftliches Geschehen kann nicht – und schon gar nicht nur – mit naturwissenschaftlichen Methoden verstanden werden. Aber deren Einbeziehung ist, wie in vielen anderen Bereichen, auch hierbei nützlich und notwendig, damit Störungen in der gesellschaftlichen Entwicklung durch Zufall und Willkür an Bedeutung verlieren und sich die Politik von der Kunst des Möglichen zur Wissenschaft vom Notwendigen wandeln kann. [...] Um unserer Zukunft willen: Die Verantwortung des Naturforschers verlangt gerade von ihm gesellschaftliche Mitarbeit und Einsicht." (Steenbeck 1978, S. 83)

Die polarisierenden Auseinandersetzungen über den Klimawandel und die realistischen Möglichkeiten seiner Begrenzung sind nur ein beredtes Beispiel. Vermöge der globalen sozialen Bewegung ‚Fridays for Future' gelang es bezüglich effizienter, umfassenderer und schnellerer Klimaschutz-Maßnahmen der Wissenschaft erstmals mehr Gehör zu verschaffen.

Von *Humboldts* Zeit und seinen wissenschaftlichen Auffassungen ausgehend, seien die *dynamischen Erkenntnisziele, die Entwicklung und die intrinsischen kognitiven Ausrichtungen der Wissenschaft* – ihr Charakter und ihre Strategien – exemplarisch mit Ausführungen von Protagonisten umrissen.

Ortega y Gasset schildert in einer Zeit der politischen sowie gesellschaftlichen Verunsicherung Konflikte und Umbrüche in seinem, in einigen Tei-

len und bestimmten Aussagen nicht unumstrittenen *(elite)soziologischen Essay* ‚Der Aufstand der Massen', eindringlich den vermeintlichen oder tatsächlichen Verfall, in den der universale Charakter der wissenschaftlichen, vor allem der naturwissenschaftlichen Arbeit, im Laufe der jüngeren ca. 200 Jahre geriet. Dabei sind *Ortegas* Argumentationen reich an Analogien und Metaphern, die er bevorzugt der Technik und den Naturwissenschaften, besonders der Biologie, entlehnt. *Ortega* urteilt:

> „Das *19. Jahrhundert* beginnt seinen Lauf unter der Führung von Menschen, die enzyklopädisch leben, obgleich ihre schöpferische Arbeit schon einen speziellen Charakter trägt. In der nächsten Generation hat sich der Schwerpunkt bereits verschoben, das einzelwissenschaftliche Interesse beginnt, in jedem Gelehrten die Allgemeinbildung zu verdrängen." (Ortega y Gasset 1931, S. 119, Hervorhebungen LGF)
>
> „Wenn um 1890 eine *dritte Generation* die geistige Führung Europas übernimmt, tritt ein Gelehrtentypus auf, der in der Geschichte nicht seinesgleichen hat. Es sind Leute, die von allem, was man wissen muß, um ein verständiger Mensch zu sein, *nur eine bestimmte Wissenschaft und auch von dieser nur den kleinen Teil gut kennen*, in dem sie selbst gearbeitet haben. Sie proklamieren ihre Unberührtheit von allem, was außerhalb dieses schmalen, von ihnen speziell bestellten Feldes liegt, als Tugend und nennen das Interesse für die Gesamtheit des Wissens Dilettantismus. [...] Es gelingt ihnen tatsächlich, in ihrem engen Gesichtsfeld neue Tatsachen zu entdecken und so ihrer Wissenschaft, die sie kaum kennen, und damit dem Universum des Geistes, das sie gewissenhaft ignorieren, zu dienen." (Ortega y Gasset 1931, S. 120, Hervorhebungen LGF)

In wenigen Generationen legte sich *der Wissenschaftler* auf ein immer engeres geistiges Betätigungsfeld fest und verlor

> „[...] fortschreitend die Fühlung mit den übrigen Teilen der Wissenschaft, mit einer *deutenden Durchdringung des ganzen Universums*, die doch allein den Namen europäischer Wissenschaft, Kultur, Zivilisation verdient." (Ortega y Gasset 1931, S. 116. Hervorhebungen LGF)

Das bezeichnet *Ortega* als *Barbarei des Spezialistentums*, das im so überschriebenen Kapitel XII (Ortega y Gasset 1931, S. 86–92) angeprangert wird. Unter den Bedingungen eines *faktisch mehr als exponentiellen Zuwachses an Weltwissen* ist es jedoch ein dringendes Gebot, den *organischen Bezug zum Ganzen eines fortwährend unüberschaubarer werdenden Wissenskosmos* immer wieder zu sichern. Das gebietet, die gegensätzlichen und sich dennoch wechselseitig bedingenden Tendenzen der Spezialisierung und Universalisierung zu äquilibrieren.

„Die direkte Folge des einseitigen Spezialistentums ist es, dass heute, obwohl es mehr *„Gelehrte“* gibt als je, die Anzahl der *„Gebildeten“* viel kleiner ist als zum Beispiel um 1750. Und das schlimmste ist, dass mit diesen Triebpferden des wissenschaftlichen Göpels nicht einmal der innere Fortgang der Wissenschaft gesichert ist. Denn sie hat von Zeit zu Zeit als *organische Regulierung* ihres eigenen Wachstums eine *Neufundierung nötig*, und das verlangt [...] einen Willen zur Synthese, die immer schwieriger wird, da sie sich auf immer ausgedehntere Gebiete des Gesamtwissens erstreckt.“ (Ortega y Gasset 1931, S. 123, Hervorhebungen LGF)

Daraus folgt:

„Wenn die Wissenschaft fortschreiten soll müssen sich ihre Vertreter spezialisieren. Die *Wissenschaftler, nicht die Wissenschaft*. Die Wissenschaft ist nicht speziell. Sie hörte sonst ipso facto auf, wahr zu sein. Nicht einmal die Erfahrungswissenschaft als Ganzes ist wahr, wenn man sie von der Mathematik, der Logik, der Philosophie trennt. Aber die wissenschaftliche Arbeit hat unvermeidlich speziellen Charakter.“ (Ortega y Gasset 1931, S. 119, Hervorhebungen LGF)

Jürgen Habermas fragt 2019 in seinem neusten Werk: „Auch eine Geschichte der Philosophie“ rhetorisch:

„[...] was von der Philosophie übrigbleiben würde, wenn sie nicht nach wie vor *versuchte, zur rationalen Klärung unseres Selbst- und Weltverständnisses beizutragen* – dabei markiert der Bindestrich genau jenes Thema, das im Fortgang der Spezialisierung unter die Räder zu geraten droht. Auch die Philosophie ist eine wissenschaftliche Denkungsart, aber sie ist *keine Wissenschaft, die daran arbeitet, immer mehr über immer »weniger«, das heißt enger und genauer definierte Gegenstandsbereiche zu lernen;* sie unterscheidet nämlich zwischen *Wissenschaft und Aufklärung,* wenn sie erklären will, was unsere wachsenden wissenschaftlichen Kenntnisse von der Welt für uns bedeuten für uns als Menschen, als moderne Zeitgenossen und als individuelle Personen.“ (Habermas 2019, S. 12, Hervorhebungen LGF)

„Die Philosophie folgt wie alle Disziplinen dem Zug zu einer immer weitergehenden Spezialisierung. An einigen Orten geht sie schon in der Rolle einer *begriffsanalytischen Dienstleistung für die Kognitionswissenschaften* auf; an anderen zerfasert der Kern der Disziplin in nützlichen Angeboten für einen *wachsenden wirtschafts-, bio- oder umweltethischen Beratungsbedarf*. Solche aufgelesenen Beobachtungen müssen noch nicht viel heißen. Beunruhigender ist die Unvermeidlichkeit, ja Wünschbarkeit der fortschreitenden Spezialisierung, mit der auch die Philosophie der inneren Dynamik jeder wissenschaftlichen Arbeitsteilung und dem normalen Gang des wissenschaftlichen Fortschritts folgt; denn die Spezialisierung stellt für unsere Disziplin eine Herausforderung der besonderen

> Art dar. Was für andere Wissenschaften *nur* Fortschritte bringt, bedeutet für die Philosophie, die ja das Ganze nicht aus dem Auge verlieren darf, auch eine Herausforderung für jene Grundfragen, über die sie sich bisher definiert hat. [...] Die Philosophie würde gleichwohl, wie ich meine, ihr Proprium verraten, wenn sie – und sei es auch im begründeten Bewusstsein einer Überforderung – den holistischen Bezug auf unser Orientierungsbedürfnis preisgäbe. Aber in diese Zone gerät eine Praxis und eine Auffassung von Philosophie, die sich ihrer Aufklärungsrolle entledigt und einem szientistischen Selbstmissverständnis erliegt, indem sie sich an der Seite der objektivierenden Wissenschaften vom selbstreferenziellen Bezug eines Beitrags zur rationalen Welt- und Selbstverständigung verabschiedet. Sie darf von Haus aus nicht vor dem Komplexitätswachstum unserer Gesellschaft und unseres immer weitergehend spezialisierten Wissens von der Welt resignieren, wenn sie – wie Kant zu seiner Zeit – ihre Zeitgenossen nach wie vor mit Gründen dazu ermutigen will, *von ihrer Vernunft einen autonomen Gebrauch zu machen und ihr gesellschaftliches Dasein praktisch zu gestalten*. [...] »Szientistisch« nenne ich die Auffassung, dass sich die für wissenschaftliches Denken verbindlichen Rationalitätsmaßstäbe ausschließlich am Vorbild der Theoriebildung und der Verfahren nomologischer Naturwissenschaften zu orientieren haben.“ (Habermas 2019, S. 13, Hervorhebungen LGF)

In dem rückübersetzten Postskript-Aufsatz „Wissen und menschliche Interessen: eine allgemeine Perspektive“ verweist *Habermas* auf die ‚alte‘ Ansicht:

> „Das einzige Wissen, das wirklich handlungsorientiert sein kann, ist Wissen, das sich von bloßen menschlichen Interessen befreit und auf Ideen basiert – also Wissen, das eine theoretische Haltung eingenommen hat.“ (Habermas 1971, Appendix S. 301)[28]

Im Hauptteil dieser Publikation postuliert *Habermas:*

> „*Wissenschaft* kann nur epistemologisch verstanden werden, d.h. als eine *Kategorie von möglichem Wissen*, solange Wissen nicht entweder überschwänglich mit dem absoluten Wissen einer großen Philosophie oder blind mit dem wissenschaftlichen Selbstverständnis des eigentlichen Forschungsbetriebs gleichgesetzt wird.“ (Habermas 1971, S. 4, Hervorhebungen LGF)[29]

---

28 *Original:* „The only knowledge that can truly orient action is knowledge that frees itself from mere human interests and is based on ideas – in other words, knowledge that has taken a theoretical attitude.“

29 *Original:* „Science can only be comprehended epistemologically, which means as one category of possible knowledge, as long as knowledge is not equated either effusively with the absolute knowledge of a great philosophy or blindly with scientistic self-understanding of the actual business of research.“

7 Prospektives Gedächtnis

Gerade wegen des folgenschwer veränderten, insbesondere komplexeren und komplizierteren Anforderungsprofils der Gegenwart und Zukunft bleiben die *Humboldt'sche* ganzheitliche Methodologie mit dem humanen *‚Zusammendenken von Natur und Kultur'* und die daraus (im heutigen Duktus) resultierenden Kalküle der *vernetzenden Interdisziplinarität und integrierenden Multidiziplinarität* als ausgewogenes *Komplement zur wissenschaftsintern ausdifferenzierenden Disziplinarität* zielführend, d.h. notwendig, dennoch nicht hinreichend. Einzufordern sind überdies der Wille und der Mut, veraltete *Denk- und Verhaltensweisen* konsequent aufzugeben und bestmögliche gesellschaftliche Rahmenbedingungen zu erwirken. Verschränkungen und Kompliziertheit erweisen sich in all diesen Konstellationen als Quellen, Indikatoren und Dimensionen der Unwissenheit/Unkenntnis der Augenzeugen und aktiven Mitgestalter.

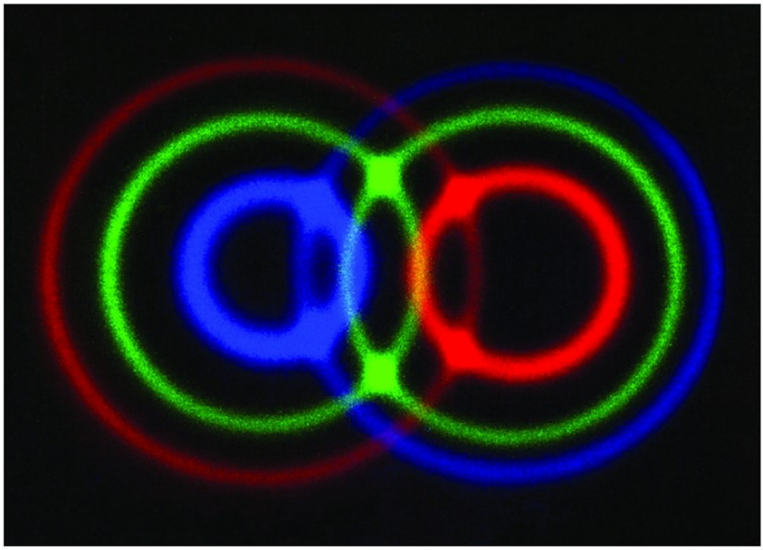

Abb. 3: Quantenverschränkung von drei Photonen

Neben dem Eigenwert demonstriert das mit verschiedenen Interferenzfiltern aufgenommene Bild zugleich eine räumliche Struktur komplexer Verschränkungszustände.

Foto: Michael Reck und Paul Kwiat. Zitiert in Zeilinger, A. (2017): Light for the quantum entangled photons and their applications: a very personal perspective, S. 7. In: Physica Scripta 92 (2017) Stockholm, Schweden.

O Zeit! Du selbst entwirre dies, nicht ich:
Ein zu verschlungner Knoten ist's für mich.[30]
William Shakespeare (1564–1616)

Schon im Klappentext und in der Einleitung des Buches „Terror Sapiens I: Von der Einfalt zur Vielfalt", konstatiert der Germanist *Walter Krahe:* Das derzeit *zentrale Problem der Menschheit*, das für die allermeisten Probleme an jeweils entscheidender Stelle verantwortlich ist, sei die *„zumeist sehr einseitige Sicht- und Denkweise der Menschen"*. Im Einzelnen moniert er:

> „Ein intelligenter Umgang mit der Kompliziertheit und der Komplexität, mit der Unvollkommenheit, mit Unterschieden, Gegensätzen sowie mit individuellen Sicht- und Verhaltensweisen wird konsequent be- und verhindert. Die hieraus resultierenden – teilweise sogar verheerenden – Folgen lassen sich in zahlreichen biotischen und kulturellen Systemen und in allen Lebensbereichen beobachten. Die Erkenntnis, dass die Wirklichkeit Vielfalt sowie fortwährenden Wandel bedeutet und dass der Mensch dringend den fruchtbaren Umgang mit dieser *global integrierten, holistischen Intelligenz* erlernen muss, wenn er seine Probleme lösen möchte, gehört leider nicht zu den dominanten Denkweisen und Maximen von Mehrheiten." (Krahe 2017, S. 257, Hervorhebungen LGF)

Krahe offeriert eine Vision. Er erhofft die Evolution des *Homo sapiens* zum *Homo multividus*, dem Vielsichtigen, der nicht zuletzt zur rationalen Klärung unseres Selbst- und Weltverständnisses beiträgt.

Obwohl schon 1929 in der „Kultur und Ethik" geäußert, trägt auch uns *Albert Schweitzer* (1875–1965) an:

> „So haben wir Menschen von heute wieder zu elementarem Nachdenken über die Frage, was der Mensch in der Welt ist und was er aus seinem Leben machen will, aufzurütteln" (Schweitzer 1971, S. 126f.)

und er fordert 1939:

> „Das Denken muss von den Tatsachen der Erkenntnis ausgehen und sich mit ihnen auseinandersetzen. Nur wenn es sachlich ist, ist es gediegen und hat das Vermögen, in der vollendetsten Art tief zu sein." (Schweitzer 2000, S. 29)

Die Bedeutung dieser Forderung und des daraus abgeleiteten prospektiven Gedächtnisses bedürfen in der Welt von heute keiner detaillierten Erläuterung.

---

30 Shakespeare 1975, S. 750.
Original: „Oh time, thou must untangle this, not I; It is too hard a knot for me to untie!" – Twelfth Night or What You Will: Act 2, Scene 2.

Alexander von Humboldts Sentenz „Mit dem Wissen kommt das Denken, und mit dem Denken der Ernst und die Kraft in die Menge“ leitete den vorgelegten Beitrag ein. Daran sei für die Zukunftsgestaltung nachdrücklich erinnert und korrespondierend betont: *Wissen muss zum Wollen und Können werden* – individuell und gesellschaftlich!

Literatur

Behe, M. J. (2007): Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution. (1996) The Free Press. – deutsche Übersetzung: Darwins Black Box: Biochemische Einwände gegen die Evolutionstheorie. Gräfelfing

Beckmann, J. (1796): Anleitung zur Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen... , Vierte, verbesserte und vermehrte Ausgabe. Göttingen

Biermann, K.-R. (1988): Die Mathematik und ihre Dozenten an der Berliner Universität 1810–1933: Stationen auf dem Wege eines mathematischen Zentrums von Weltgeltung. Berlin

Blum, A. S. (2019): Heisenberg's 1958 Weltformel and the Roots of Post-Empirical Physics. Berlin u.a.O.

Bower, J. L.; Christensen, C. M. (1995): Disruptive Technologies. Catching the Wave. In: Harvard Business Review, Bd. 69, S. 19–45

Cannon, Susan Faye (1978): „Humboldtian Science“. In: Science in Culture. The Early Victorian Period. Hrsg. von Susan Faye Cannon. Kent, New York, S. 73–110

Christensen, C. M. (1997): The Innovator's Dilemma. Boston/MA

Deleuze, G.; Guattari, F. (1977): Rhizom (aus dem Französischen übersetzt v. D. Berger). Berlin

Dörner, D. (2013): Gibt es künstliche Intelligenz? In: LIFIS ONLINE [https://leibniz-institut.de/archiv/doerner_13_12_13.pdf]

Ebeling, W.; Feistel, R. (1984): Physik der Selbstorganisation und Evolution (2. Aufl.). Leipzig

Ebeling, W.; Engel, H.; Herzel, H. (1990): Selbstorganisation in der Zeit. Berlin

Eigen, M. (1971): Self organization of matter and the evolution of biological macro molecules. In: Die Naturwissenschaften, Bd. 58/Heft 10, S. 465–523

Eigen, M.; Winkler R. (1975): Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall. München, Zürich

Ette, O. (2006a): Alexander von Humboldt, die Humboldtsche Wissenschaft und ihre Relevanz im Netzzeitalter. In: Alexander von Humboldt im Netz (HiN), Bd. 7/Nr. 12, S. 31–39

Ette, O. (2006b): Unterwegs zu einer Weltwissenschaft? Alexander von Humboldts Weltbegriffe und die transarealen Studien. In: Alexander von Humboldt im Netz (HiN), Bd. 7/Nr. 13, S. 34–54

Ette, O. (2011): Alexander von Humboldt: Wissenschaft im Feld – Transareale Wissenschaftsfelder in den Tropen. In: Alexander von Humboldt im Netz (HiN), Bd. 12/Nr. 23, S. 9–25

Foerster, W. (1913): Ansprache zum 25jährigen Jubiläum der Gesellschaft Urania in Berlin. In: Himmel und Erde 25. Berlin, S. 386–390

Fleischer, L.-G. (2015): Technologie – ‚techné' und ‚epistémé'. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Technologiewandel in der Wissensgesellschaft – qualitative und quantitative Veränderungen (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 122). Berlin, S. 35–67

Fleischer, L.-G. (2016): Relationale Klassifikation elementarer Organisationsmerkmale emergenter dynamischer System – ein Essay. In: Hörz, H.; Krause, W.; Sommerfeld, E. (Hg.): Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 125/126). Berlin, S. 209–244

Fleischer, L.-G. (2019): Die perfekte Imperfektion des Faktischen. In: Banse, G.; Kant, H. (Hg.): Disziplinäres & Interdisziplinäres – Historisches & Systematisches (= Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 139/140). Berlin, S. 63–98

Fleissner, P.; Hofrichter, W. (1995): In-formatio revisited. Wider den dinglichen Informationsbegriff. In: Informatik Forum, Bd. 8/Heft 3, S. 126–131

Goethe, J. W. v.(1907): Maximen und Reflexionen. Aphorismen und Aufzeichnungen. Nach den Handschriften des Goethe- und Schiller-Archivs hrsg. von Max Hecker. Weimar 1907 (Aus dem Nachlass. Über Natur und Naturwissenschaft)

Habermas, J. (1971): Knowledge and Human Interests. Boston

Habermas, J. (1987): Knowledge and Human Interests: a General Perspective'. In Knowledge and Human Interests. Cambridge

Habermas, Jürgen (2019): Auch eine Geschichte der Philosophie. Band 1: Die okzidentale Konstellation von Glauben und Wissen. Berlin

Hawking, S. (2017): Web Summit 2017: KI kann eine Bedrohung der Menschheit sein. In: heise online News, Nr. 11

Hefendehl-Hebeker, L. (2007): Einstieg in die Mathematikdidaktik. Berlin, Heidelberg

Heisenberg, W. (1937): Gedanken der antiken Naturphilosophie in der modernen Physik. In: Die Antike. Zeitschrift für Kunst und Kultur des klassischen Altertums Vol. 13, S. 118–124 [auch: Heisenberg, Gesammelte Werke Abt. C, Bd. I, München 1984, S. 126–132]

Heisenberg, W.(1959): Physik und Philosophie. Stuttgart [auch: Heisenberg, Gesammelte Werke Abt. C, Bd. II, München 1984, S. 3–201]

Holl, F. (Hg.) (2009): Alexander von Humboldt. Mein vielbewegtes Leben. Ein biografisches Porträt. Berlin

Holz. H. H. (1996): Leibniz und das commune bonum. In: Sitzungsberichte der Leibniz Sozietät, Bd. 13. Berlin, S. 5–25

Hülsenberg , D. (2019): Alexander von Humboldts nahezu unbekannte Einflussnahme auf die Herstellung von Porzellan. (In diesem Sammelband)

Humboldt, A. v. (1817): De instituto operis et de distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium prolegomena. Paris: Libraria Graeco-Latina-Germanica (Voyage de Humboldt et Bonpland) [http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10301921-7]

Humboldt, A. v. (1828): Rede, gehalten bei der Eröffnung der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin, am 18. September 1828. Berlin (In: Humboldt, 2019b)

Humboldt, A. v. (1845–1862). Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 5 Bände. Stuttgart, Tübingen

In den ‚Kosmos-Zitaten' dieses Beitrags wird die nachfolgende, von Ottmar Ette und Oliver Lubrich edierte und mit einem Nachwort versehene Ausgabe verwendet:

Humboldt, A. v. (2004): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Hrsg. von Ette, O. und Lubrich, O. Frankfurt/M.

Humboldt, A. v. (2019a): Alexander von Humboldt – Sämtliche Schriften (Aufsätze, Artikel, Essays). Studienausgabe / Berner Ausgabe (10 Bde.; hrsg. von Lubrich, O. und Nehrlich, Th.). Stuttgart

Humboldt, A. v. (2019b): Der Andere Kosmos – 70 Texte, 70 Orte, 70 Jahre; 1789–1859 (Hrsg. von Lubrich, O. und Nehrlich, Th.). Stuttgart

avhumboldt.de (2019c): Alexander von Humboldt in ausgewählten Zitaten. [https://www.avhumboldt.de/?p=6527]

Humboldt, W. v. (1835): Über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues und ihren Einfluß auf die geistige Entwicklung des Menschengeschlechts. In: W. v. Humboldt: Schriften zur Sprachphilosophie. Werke, Bd. 3. Darmstadt 1963, S. 368–756

Hütt, M.-T. (2001): Datenanalyse in der Biologie. Eine Einführung in Methoden der nichtlinearen Dynamik, fraktalen Geometrie und Informationstheorie. Berlin u.a.O.

Kauffman, S. (2000): Investigations. The Nature of Autonomous Agents and the Worlds They Mutually Create. Oxford (University Press)

Komlosy, A. (2018): Grenzen. Räumliche und soziale Trennlinien im Zeitenlauf. Wien

Klaus, G. (1968): Wörterbuch der Kybernetik. Berlin

Klaus, G.; Liebscher, H. (Hg.) (1976): Wörterbuch der Kybernetik (4. völlig überarbeitete Auflage). Berlin

Krahe, W. (2017): Terror Sapiens I: Von der Einfalt zur Vielfalt (Kap. 22). Hamburg

Küttler, W. (2010): Geschichte und Transdisziplinarität. Zur gesellschaftlichen Verantwortung der historischen Wissenschaften. LIFIS ONLINE [https://leibniz-institut.de/archiv/kuettler_24_04_10.pdf]

Laughlin, R. B.(2007): Abschied von der Weltformel.. Die Neuerfindung der Physik. München. [zitiert nach: https://beruhmte-zitate.de/autoren/robert-b-laughlin/]

Lehn, J. M. (1995): Supramolecular chemistry: Concepts and perspectives. Weinheim

Ley, H. (1965): Mensch und Technik. In: Kleine Enzyklopädie Technik, Leipzig 5. S. XIII

Mandelbrot, B. (1982): The Fractal Geometry of Nature. San Francisco

Martin, W. (2020): Leibniz Online Nr. 39. [https://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2020/02/03_MartinWilliam_Leibniz-Online6-1-2020.pdf]

Marx, K. (1968): Das Kapital, Bd. 1 [1867]. In: Marx-Engels-Werke (MEW), Bd. 23. Berlin

Marx, K. (1974): Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie [1857/1858]. Berlin

Ortega y Gasset, J. (1931): Der Aufstand der Massen. Stuttgart

Ortega y Gasset, J. (1949): Betrachtungen über die Technik – Der Intellektuelle und der Andere. Stuttgart

Steenbeck, M. (1978): Die Verantwortung der Wissenschaftler im Atomzeitalter. In: Meißner, H.; Lohs, K. (Hg.): Abrüstung Wissenschaft Verantwortung. Berlin, S. 77–105

Raumer, F .v. (1869): Humboldt an Raumer 1841. In: Raumer Literarischer Nachlaß I. Berlin

Roco, M. C.; Bainbridge, S. (eds.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. National Science Foundation (NSF/DOC) sponsored Report. Arlington/VA

Ropohl, G. (2005): Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Jg. 14/Nr. 2, S. 24–31

Ropohl, G. (2010): Jenseits der Disziplinen – Transdisziplinarität als neues Paradigma. In: LIFIS ONLINE [21.03.10] [http://leibniz-institut.de/archiv/ropohl_21_03_10.pdf]

Schweitzer, A. (1971): Gesammelte Werke in 5 Bänden, Bd. 2. Berlin, S. 126f.

Schweitzer, A. (2000): Die Weltanschauung der Ehrfurcht vor dem Leben. Kulturphilosophie III, 3. und 4. Teil. München

Simondon, G. (2012): Die Existenzweise technischer Objekte (1958). (Aus dem Französischen v. M. Cuntz; 2. Aufl.). Zürich

Snowden, D. (2000): Cynefin: a sense of time and space, the social ecology of knowledge management. In: Despres, C.; Chauvel, D. (eds.): Knowledge Horizons: The Present and the Promise of Knowledge Management.... Oxford (UK), Waltham/MA (United States)

Spinner, H. F. (2002): Das modulare Wissenskonzept des Karlsruher Ansatzes der integrierten Wissensforschung. In: Wissensarten, Wissensordnungen, Wissensregime. Beiträge zum Karlsruher Ansatz der integrierten Wissensforschung. Herausgegeben von Karsten Weber, Michael Nagenborg, Helmut Spinner. Opladen, S. 13–46

Shakespeare, W. (1975): Was ihr wollt. In: Sämtliche Werke in vier Bänden, Band 1. Berlin, S. 728–808

Steenbeck, M. (1978): Die Verantwortung der Wissenschaftler im Atomzeitalter. In: Meißner, H.; Lohs, K. (Hg.): Abrüstung, Wissenschaft, Verantwortung. Berlin, S. 77–105

Tembrock, G. (1981): Moderne Verhaltensforschung. In: Fleischer, L.-G.; Hess, H. (Hg.): Wissen aus erster Hand. Erkenntnisse – Erfahrungen – Erfolge der Wissenschaft. Berlin, S. 63–79

Weiss, M. C.; Sousa, F. L; Mrnjavac, N.; Neukirchen, S.; Roettger, M.; Nelson-Sathi, S.; Martin, W. F. (2016): The physiology and habitat of the last universal common ancestor. In: Nature Microbiology. Article Number 16116 [http://www.molevol.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Mathematisch-Naturwissenschaftliche_Fakultaet/Biologie/Institute/Molekulare_Evolution/Dokumente/Weiss_et_al_Nat_Microbiol_2016.pdf]

Wilde, O. (1907a): Der Verfall des Lügens – Eine Feststellung. In: Ders.: ‚Zwei Gespräche von der Kunst und vom Leben‘. Leipzig. S. 1–49

Wilde, O, (1907b): Das Bildnis von Dorian Gray. Leipzig

Autorenverzeichnis*

Karl-Heinz Bernhardt (*1935 / MLS) studierte Meteorologie am Geophysikalischen Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig (1962 Promotion, 1967 Habilitation); 1970–1994 war er ord. Professor für Meteorologie an der Humboldt-Universität zu Berlin und 1982–1990 Präsident der Meteorologischen Gesellschaft der DDR, 1990 KM der AdW der DDR und 1993 Gründungsmitglied der LS, 1996–2012 Sekretar der Klasse Naturwissenschaften (danach bis 2016 stellv. Sekretar). Seine Arbeitsgebiete umfassen die Physik der Atmosphäre und des Klimasystems, insbesondere Probleme der Turbulenz und der atmosphärischen Grenzschicht, globale Umweltprobleme und die Geschichte der Meteorologie.
ha.kh.bernhardt@gmx.de

Ferdinand Damaschun, (*1950), studierte Kristallographie an der Humboldt-Universität zu Berlin und promovierte 1980. Er ist seit 1974 am Museum für Naturkunde Berlin, zuerst als wiss. Assistent, von 1985 bis 1993 als Kustos der Petrographisch-lagerstättenkundlichen Sammlung, ab 1994 als Leiter der Abteilung Ausstellung und öffentliche Bildung, ab 2006 zusätzlich als Stellvertreter des Generaldirektors, ab 2015 im Ruhestand als ehrenamtlicher Mitarbeiter. Seine Interessenschwerpunkte sind wissenschaftshistorische Themen.
ferdinand.damaschun@mfn.berlin

Hans-Otto Dill (*1935 / MLS) Prof. Dr. sc. phil. em. für Lateinamerikanische Literatur der Humboldt-Universität zu Berlin, Gastprofessor an den Universitäten Göttingen, Hamburg, Sao Paulo, Mar del Plata und Havanna. Er verfasste zahlreiche Studien zur lateinamerikanischen Literatur und übersetzte überdies italienische, spanische und französische Werke aus Wissenschaft, Kunst und Literatur ins Deutsche. 2009–2017 war er Sekretar der Klasse Sozial- und Geisteswissenschaften der LS. Seit 2006 gilt sein wissenschaftliches Interesse vorwiegend der deutschen und französischen Aufklärung sowie Problemen der Globalisierung auf kulturellen und philosophischen Gebieten, darunter speziell dem Werk von Alexander von Humboldt.
ho.dill@leibnizsozietaet.de

Lutz-Günther Fleischer (*1938 / MLS) diplomierte 1964 auf dem Gebiet der Elektrochemie an der TH Leuna-Merseburg, 1968 Promotion zum Dr.-Ing. (Verfahrenstechnik) ebenda, 1970 Hochschuldozent für Thermodynamik irreversibler Prozesse, 1979 Habilitation an der Humboldt-Universität zu Berlin. Er wirkte an der HUB bis 1994 und von 1994–2006 an der Technischen Universität Berlin als Professor für Verfahrenstechnik und Thermodynamik. Die Forschungsarbeiten galten vor allem der Analyse, Bewertung und der physikalisch-mathematischen Modellierung komplexer Transport- und Strukturierungsprozesse sowie physikalisch-chemischen und

---

* (LS = Leibniz-Sozietät; MLS = Mitglied der Leibniz-Sozietät)

biotischen Stoffumwandlungen in multikomponentigen Stoffsystemen, wie Informationsaufzeichnungsmaterialien und Biopolymeren sowie Anwendungen in verschiedenen Technologien und der Technologiefolgenabschätzung, ab 1996 zudem der medizinischen Biotechnologie im Forschungsverbund Biotechnologiezentrum der TUB. 2005–2011 Vorstandsvorsitzender Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS); in der LS wirkte er u.a. 2012–2019 als Sekretar der Klasse für Naturwissenschaften und Technikwissenschaften und seit 2019 als Vizepräsident.
fleischer-privat@gmx.de

Henrik Friis (*1977) hat einen Mastergrad in Mineralogie von der Universität Kopenhagen und promovierte 2009 an der St Andrews Universität in Schottland. Seit 2012 ist er außerordentlicher Professor am Naturkundemuseum der Universität Oslo und verantwortlich für die Mineralogischen Sammlungen. Seine Forschungsinteressen umfassen verschiedene Aspekte der Mineralogie, wie die Bildung von Mineralen, deren innere Struktur und physikalischen Eigenschaften und wie diese für die Herstellung von neuen Materialien genutzt werden können.

Dagmar Hülsenberg (*1940) schloss 1965 ihr Studium an der Bergakademie Freiberg als Dipl.-Ing. für Silikathüttenkunde ab. Sie erlangte nach Ablegung des Großen Rigorosums im Jahr 1969 den Grad eines Dr. rer. oec. auf dem Gebiet Rechnungsführung und Statistik und im Jahr 1970 als Assistentin von Prof. Dr. Theodor Haase den Grad eines Dr.-Ing. auf dem Gebiet der Feuerfestkeramik. Von 1975–2007 war sie Professor für Glas- und Keramiktechnologie an der TH, seit 1991 TU Ilmenau. Von 2007–2018 koordinierte sie den Akademischen Rat der Humboldt-Gesellschaft für Wissenschaft, Kunst und Bildung e.V.
dagmar.huelsenberg@t-online.de

Horst Kant (*1946 / MLS) studierte Physik (Diplom 1969) und anschließend Wissenschaftstheorie und -geschichte an der Humboldt-Universität zu Berlin (Promotion 1973). 1978–1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Akademie der Wissenschaften der DDR, zuletzt seit 1995 am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin (ab 2011 als Gast). Seit 2016 stellv. Sekretar der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften der LS. Forschungsgebiete: Geschichte der Physik im 19. Und 20. Jahrhundert (speziell Sozial-, Institutional- und Personengeschichte), Geschichte der Radioaktivität und Kernphysik, Entwicklung der Physik in Berlin.
horst-kant@freenet.de

Peter Kühn (*1940), Dr. rer. nat.; Bergmann, Diplom-Geophysiker (1965 Bergakademie Freiberg, ebenda 1970 Promotion). 1972–1993 am Zentralen Geologischen Institut Berlin; Teilnahme/Leitung mehrerer meeresgeologischer Nordatlantik-Expeditionen; Leibniz-Medaille der LS.
peterkuehn1940@gmail.com

Axel Müller (*1970), promovierte 2000 an der Universität Göttingen im Fach Geologie/Paläontologie. Nach einem Forschungsstipendium am Naturkundemuseum in London arbeitete er elf Jahre am Geologischen Dienst in Norwegen. Seit 2015 ist er Professor für Mineralogie und Petrologie am Naturkundemuseum der Universität Oslo, wo er für die petrologischen Sammlungen verantwortlich ist. Seine Forschungsinteressen sind unter anderen die genetische Mineralogie und die Lagerstättengeologie von seltenen Metallen und Industriemineralen.
a.b.muller@nhm.uio.no

Ralf Thomas Schmitt (*1965) studierte Mineralogie und Planetologie an den Universitäten Würzburg und Münster und wurde 1995 promoviert. Er ist seit 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leiter der Mineralien- und Petrographisch-lagerstättenkundlichen Sammlung am Museum für Naturkunde Berlin. Seine Forschungsschwerpunkte sind unter anderen Stoßwelleneffekte in Meteoriten und Impaktkratergesteinen und die Geochemie dieser Gesteine.
ralf-thomas.schmitt@mfn.berlin