

---

**Martin Guntau**

**Abraham Gottlob Werner**

Biografien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Band 75

1984 BSB B. G. Teubner Leipzig

Abschrift und LaTeX-Satz: 2024

<https://mathematikalpha.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Werners Jugend- und Studienzeit</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Werner als Lehrer an der Bergakademie Freiberg</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Die mineralogischen Arbeiten von Werner</b>	<b>25</b>
4.1	Zur Entwicklung der mineralogischen Erkenntnis bis zum 18. Jahrhundert . . .	26
4.2	Werners Vorstellungen zum Mineralbegriff und zur Mineralogie . . . . .	27
4.3	Der Beitrag zur Methodik der Mineralogie . . . . .	30
4.4	Werners Arbeiten auf dem Gebiet der speziellen Mineralogie . . . . .	34
4.5	Die mineralogische Lehre Werners . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Werners Beiträge zur geologischen Erkenntnis</b>	<b>44</b>
5.1	Das Wissen über die Erde bis zum 18. Jahrhundert . . . . .	44
5.2	Werners Auffassungen vom Wesen der Geognosie . . . . .	48
5.3	Die Konzeption des Neptunismus . . . . .	50
5.4	Neptunistische Deutungen geologischer Erscheinungen und der Basaltstreit . .	56
5.5	Die geognostische Landesuntersuchung in Sachsen . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Zur Weltanschauung Werners und seinen Auffassungen über die Gesellschaft</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>Ausklang</b>	<b>77</b>
<b>8</b>	<b>Chronologie</b>	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>84</b>

# 1 Vorwort



1 Abraham Gottlob Werner

„Wissenschaften machen human und daher echt wohltätig und werden geliebt und geehrt von anderen.“

Dieser Gedanke von Abraham Gottlob Werner umreißt die Maxime seines Wirkens an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert. Sein Lebenswerk war nicht nur durch grundlegende Beiträge zur Herausbildung von Mineralogie und Geologie als wissenschaftliche Disziplinen geprägt.

Werner war vor allem ein Gelehrter der Praxis in einer Zeit, als der unmittelbare Nutzen der Naturwissenschaften auch für die Bergbauproduktion entdeckt worden war. Mit seinen theoretischen Leistungen wurde er einem solchen Anspruch in seiner Zeit gerecht. Dem noch weitgehend von der Empirie bestimmten Bergbau- und Hüttenwesen gab er wesentliche Impulse vor allem bei der theoretisch-wissenschaftlichen Durchdringung von Arbeitsprozessen der Produktionsvorbereitung (Lagerstättensuche) und der Produktionsbedingungen (geologische Verhältnisse und Mineralvorkommen). Diesen Erfordernissen der Gesellschaft stellte sich Werner mit seiner wissenschaftlichen Arbeit bewusst und fand Erfüllung als Gelehrter in einem humanen und wohl-tätigen Wirken solcher Bestimmung.

Werner lebte in einer Zeit bürgerlicher Umwälzungen in der Gesellschaft. Sein Denken wurde maßgeblich durch die Ideen der Aufklärung geprägt. Er war Zeitgenosse der Großen Französischen Revolution, deren Verlauf er mit lebhafter Anteilnahme verfolgte. An der Vorbereitung und dem Beginn der Industriellen Revolution war er mit seinen eigenen naturwissenschaftlichen Leistungen beteiligt. Als hochgeachtete Persönlichkeit übte Werner auf seine Zeitgenossen einen bemerkenswerten Einfluss aus, was sich aus seiner Aufgeschlossenheit gegenüber den zahlreichen markanten gesellschaftlichen Ereignissen ergab und auch mit dem großen Interesse im Zusammenhang stand, das seinen mineralogischen und geologischen Arbeiten - einer Mode der Zeit folgend - entgegengebracht wurde.

Schließlich bot ihm die 1765 gegründete Bergakademie Freiberg als neuartige Bildungsstätte eine ideale Wirkungsmöglichkeit, die wiederum selbst durch seine Leistungen weit über die Grenzen Sachsens hinaus Anerkennung fand.

Offensichtlich war Werner ein Freund des Dialogs und der mündlichen Unterhaltung.

Gemessen an seiner wissenschaftlichen Ausstrahlung ist die Zahl seiner gedruckten Arbeiten gering. Dem steht ein umfänglicher handschriftlicher Nachlass mit über 80 Foliobänden an Manuskripten gegenüber, die von der Bergakademie Freiberg aufbewahrt werden.

Die vorliegende Werner-Biographie berichtet über die Abschnitte seines eigentlich an besonderen Ereignissen atmen persönlichen Lebens. Ausführlicher werden vor allem aber seine wissenschaftlichen Auffassungen zur Mineralogie und Geologie auf der Grundlage seiner gedruckten und ungedruckten Schriften dargestellt. Bei der Anfertigung des Textes war es möglich, sich auf eine Reihe veröffentlichter Arbeiten über Abraham Gottlob Werner und die willkommene Hilfe von Kollegen der Bergakademie zu stützen, Für die wohlwollende Anteilnahme am Fortgang der Arbeit und tätige Beihilfe sei allen Kollegen und Freunden - vor allem auch Brigitte und Dorothea aus Freiberg - an dieser Stelle sehr herzlich gedankt, ebenso den Herren Prof. E. Wächtler und Dr. P. Schmidt (beide Freiberg).

Sie haben das Manuskript kritisch gelesen und mit wertvollen Hinweisen zu seiner Verbesserung beigetragen.

Martin Guntau

## 2 Werners Jugend- und Studienzeit

Abraham Gottlob Werner war in seinem Wesen und mit seinem Wirken im 18. Jahrhundert verwurzelt. Am 25. September 1749 in Wehrau bei Bunzlau unweit Görlitz (heute Osiecznica bei Boleslawiec, VR Polen) geboren, erlebte er noch die unvermittelten Wirkungen der großen geistigen Bewegung der Aufklärung, wurde Zeitgenosse der Französischen Revolution von 1789 und mit dem Übergang von der manufakturrellen zur maschinenmäßigen Produktion auch der beginnenden Industriellen Revolution.

Als Gelehrter - vor allem der Naturwissenschaften - wurde er auf die eine oder andere Weise mit diesen gesellschaftlichen Umwälzungen konfrontiert und hatte zu ihnen seine Beziehungen zu finden. Vor allem aber war er Mineraloge und Geologe, der zur Entwicklung dieser Wissenschaften durch seine Leistungen maßgeblich beitrug.

Werner wurde in einer Familie geboren, deren väterliche Seite nahezu drei Jahrhunderte eng mit dem Bergbau und Hüttenwesen verbunden war. In der Familienchronik wird ein Johann Christoph Werner erwähnt, der zum Beginn des 16. Jahrhunderts Besitzer eines Eisenhüttenwerkes bei Weidig im Vogtland war.

Nachkommen in sechs Generationen lassen sich als Eigentümer von Hammerwerken und Eisenhütten im Erzgebirge nachweisen.

Der Vater von Abraham Gottlob Werner war Inspektor der Eisenwerke in Wehrau am Queis, und der-Sohn wurde zunächst für einen entsprechenden Beruf bestimmt.

Die in dieser Umwelt gewonnenen Eindrücke haben offensichtlich recht früh die Vorstellungen und Kenntnisse von Abraham Gottlob Werner geprägt. In einer autobiographischen Darstellung erinnert er sich:

"Schon als Kind (d. h.: im zweiten und dritten Jahre meines Alters) war es eine meiner Spezialbeschäftigungen, Steine wie Sandstein, Kalkspath, Mergel usw. zu zerpochen. In dem vierten, fünften oder sechsten Jahre aber wurde ich dadurch auf mineralische Körperchen aufmerksam, dass mir mein Vater zuweilen zu einer Erholung und als Belohnung für im Lernen gezeigten Fleiß, einen kleinen Vorrat von Mineralien, den er in einer Schachtel aufbewahrte, zeigte und dabei mehreres über die Orte, wo solche gefunden wurden, und über ihren Gebrauch erzählte.

Es waren, soviel ich mich deren noch erinnere: Bleiglanz, Kupferkies, Zinngrauen, Roter Glaskopf, Spateisenstein, Eisenglimmer, Flussspat und einige Stücke, die mein Vater selbst nicht kannte. Alles Stücke ungefähr ein paar Zoll lang und von jeder Gattung ein, zwei oder drei." [19, Bd. 77, Bl. 2]

Nicht nur mit seinen Anregungen im Hinblick auf die Beschäftigung mit Mineralien und Gesteinen war der Vater wohl der erste Lehrer des kleinen Abraham Gottlob.

Nach eigenen Angaben lernte Werner im vierten Jahr seines Lebens lesen, im fünften und sechsten Jahr Schreiben und Rechnen, unterstützt durch den Kandidaten für ein Predigeramt Rothe, aber im wesentlichen alles im häuslichen Milieu. Er entdeckte das Lesen als angenehme Beschäftigung und begeisterte sich neben seinen Schulbüchern für Schriften, die ihn wiederum auf Probleme des Montanwesens lenkten.

Zu seiner liebsten Lektüre gehörten u. a. das „Mineral- und Bergwerckslexicon“ „Minerophilus Freibergensis“ (1730) oder das „Natur-, Kunst-, Berg-, Gewerk- und Hand-

lungslexicon“ von J. Hübner (1729). Hier fesselten vor allem die Beiträge über die verschiedenen Minerale seine Aufmerksamkeit, die durch Gespräche mit dem Vater über Fragen des Bergbaus ergänzt wurden.

Frühzeitig wurde Werner im Elternhaus dazu angehalten, die gesellschaftlichen Ereignisse seiner Zeit zu verfolgen. Er musste dem Vater die Zeitungen vorlesen und gewann auf diese Weise Interesse an politischen Nachrichten.



2 Geburtshaus von A. G. Werner in Osiecznica (früher Wehrau) VR Polen, 1980  
(Foto: Prof. A. S. Kleczkowski, Krakow)

1759 wurde Werner in die Waisenhaus-Schule in Bunzlau aufgenommen, die er 1764 jedoch bereits wieder verließ. Noch nicht ganz fünfzehn Jahre alt, wurde er zur Unterstützung seines Vaters als Hüttenschreiber im Eisenwerk in Wehrau angestellt, um sich auf eine entsprechende Beamtenlaufbahn vorzubereiten und dem Vater eine Hilfe zu sein.

Eine Krankheit des jungen Werner machte eine Kur in Karlsbad notwendig, und der Weg dorthin führte den Achtzehnjährigen 1767 über Freiberg, das seit Jahrhunderten ein Zentrum des erzgebirgischen Bergbaus war.

Ganz offensichtlich machten die zahlreichen Silbergruben und der Hüttenbetrieb einen tiefen Eindruck auf Werner, der das Leben in Freiberg mit wachem Auge zur Kenntnis nahm und auch die Gelegenheit erhielt, einen untertage schwunghaft betriebenen Grubenbau zu befahren. Fragen, Antworten und Diskussionen über das unmittelbar Erlebte führten Freiburger Bergbeamte zu der Anregung, dem Vater Werners ein Studium des interessierten Jünglings an der gerade gegründeten Bergakademie zu empfehlen, da Aufgeschlossenheit und Wissen gegenüber Problemen des Montanwesens ihn geradezu für eine solche Ausbildung prädestinierten.

Sachsen befand sich in den Jahren nach dem Siebenjährigen Krieg (1756-1763) in einer Phase der relativen Stabilisierung des spätfeudalen Systems, das nicht nur in seiner eigenen Entwicklung in der Mitte des 18. Jahrhunderts stagnierte, sondern auch durch die Kriegshandlungen und hohen Reparationen an Preußen stark geschwächt war.

Das Bürgertum, noch zu schwach und unentschlossen, in einer solchen Situation den Feudalismus zu stürzen und kapitalistische Produktionsverhältnisse durchzusetzen, überließ dem Feudaladel die Initiative. So bemühte sich der abgewirtschaftete Feudalismus durch die Übernahme teilweise kapitalistischer Methoden in der Wirtschaftsführung die

Frist seiner Existenz zu verlängern.

Bergbau und Hüttenwesen gehörten in Sachsen seit Anbeginn zu den tragenden Säulen der Wirtschaft des Landes. Im 16. Jahrhundert kamen  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Einkünfte des Landesherrn aus der Silbergewinnung, und in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts floss etwa  $\frac{1}{4}$  der Gesamteinnahmen der sächsischen Wirtschaft aus dem Montanwesen.

Von herausragender Bedeutung war der Silberbergbau, wobei die Nebenprodukte Blei und Zink ebenfalls im Verlauf der Zeit an Bedeutung und Wert gewannen.

Darüber hinaus war im 18. Jahrhundert der Bergbau auf Kupfer, Zinn, Eisen, Wismut, Kobalt, Alaun, Arsenik und Vitriol gerichtet; die Steinkohle spielte noch keine nennenswerte ökonomische Rolle. Bis 1763 war aber insbesondere der Silberbergbau zurückgegangen (in Freiberg produzierte man etwa soviel wie gute 200 Jahre zuvor um 1540!), so dass Maßnahmen zur Förderung des Bergbaus eingeleitet werden mussten.

Zu diesen Initiativen gehörte die Gründung der Bergakademie Freiberg am 13. November 1765 nach Plänen von Friedrich Wilhelm von Oppel und Friedrich Anton von Heynitz.

Die Bildung dieser Einrichtung hatte die Aufgabe, vor allem fähige Beamte für das sächsische Montanwesen zu erziehen und ihnen entsprechende naturwissenschaftlich-technische Kenntnisse zu vermitteln, die in den Lehrprogrammen der klassischen Universitäten nicht enthalten waren.

Mit der Bergakademie war neben den hauptsächlich theologisch geprägten Universitäten ein neuer Hochschultyp entstanden, der offensichtlich objektiven historischen Erfordernissen entsprach. Der Gründung in Freiberg folgte bald die Entstehung analoger Bergakademien in Schemnitz (1770) für Österreich-Ungarn, Berlin (1770) für Preußen, Petersburg (1773) für Russland, Almaden (1777) für Spanien und an anderen Orten.

Dem Wesen nach waren das technische Hochschulen mit einem ausgesprochen montanwissenschaftlichen Profil, die erheblich auf die Wirksamkeit der Wissenschaft in der materiellen Produktion Einfluss gewannen. Bergbau und Hüttenwesen hatten als Produktionszweige eine Bedeutung und einen Schwierigkeitsgrad in der Wirtschaft insbesondere der feudalabsolutistischen Staaten erlangt, dass ihre effektive weitere Gestaltung systematischer wissenschaftlicher Kenntnisse bedurfte.

Das war eine allgemeine Tendenz in der Entwicklung der Produktivkräfte dieser Zeit, mit der letztlich auch die Gründung der Ecole Polytechnique 1794 in Paris in einem gewissen Zusammenhang stand.

Die Anregung für ein Studium von Abraham Gottlob Werner an der Bergakademie Freiberg wurde aufgegriffen. Er sollte dort vor allem studieren, um sich auf die ihm zugedachten Aufgaben bei der Verwaltung der Eisenhüttenwerke in Wehrau oder entsprechende Verpflichtungen in der Oberlausitz vorzubereiten.

Insbesondere war wohl daran gedacht, dass er sich auf dem Gebiet der metallurgischen Chemie umfangreiche Kenntnisse aneignen sollte, zumal sich gerade auf diesem Gebiet in Freiberg schon vor Gründung der Bergakademie eine lange Lehrtradition entwickelt hatte. Auch der russische Student Michail Wassiljewitsch Lomonossow war bereits 1739

zu Johann Friedrich Henckel nach Freiberg gekommen, um auf diesem Gebiet entsprechende Erfahrungen zu sammeln.

Der Vater begleitete Ostern 1769 seinen Sohn Abraham Gottlob selbst nach Freiberg. Das waren gerade Tage, an denen zu Ehren des Kurfürsten und späteren Königs von Sachsen eine große Bergparade veranstaltet wurde, die mit den bunten Uniformen und dem bergmännischen Zeremoniell auf den jungen Werner gewiss einen nachhaltigen Eindruck hinterlassen haben mag, da er sein ganzes Leben lang derartigen Förmlichkeiten gegenüber mindestens aufgeschlossen blieb.

Die Bergakademie selbst war in den allerersten Jahren ihrer Existenz noch keineswegs eine voll funktionstüchtige Ausbildungsstätte. Im „Avertissement“ (Ankündigung) der Bergakademie vom 27. April 1767 ist zwar ein bemerkenswertes Lehrprogramm entwickelt worden, gewiss wird die Realisierung der anspruchsvollen Ziele aber noch erhebliche Schwierigkeiten bereitet haben. Die Lehre folgender Fächer war geplant:

1. Reine Mathematik (Arithmetik und Algebra, Geometrie und Trigonometrie)
2. Mechanik, Aerometrie, Hydrostatik, Hydraulik
3. Risszeichnen, geologisches Zeichnen, Maschinenzeichnen
4. Mineralogie
5. Metallurgische Chemie und Hüttenkunde
6. Markscheidekunde
7. Bergbaukunde (mit Lagerstättenkunde, Maschinenkunde und Aufbereitungskunde)
8. Probierkunde
9. Anfertigung von Markscheideinstrumenten, Probiergeräten und Modellen.

Als Werner 1769 in Freiberg sein Studium begann, wurden die mathematischen Disziplinen von Johann Friedrich Wilhelm Charpentier gelehrt, Christlieb Ehregott Gellert vertrat die metallurgischen Fächer und die Probierkunde; für die Mineralogie und Bergbaukunde war Christian Hieronymus Lommer zuständig.

Charpentier und Gellert waren Gelehrte mit bemerkenswertem Ruf, denen über Freiberg hinaus Achtung entgegengebracht wurde. Das galt aber offenbar nicht für alle Lehrfächer. Es wird berichtet, dass der Unterricht in Mineralogie und Bergbaukunde vor allem im „Nennen“ und „Vorzeigen“ der vorhandenen Minerale und der in Form von Modellen gesammelten Maschinen bestand.

Dieser Zustand war in einem gewissen Umfang objektiv bedingt, da bei aller Einsicht in den Wert und die Bedeutung systematischer wissenschaftlicher Erkenntnisse die zu lehrenden Disziplinen in ihrer Entwicklung noch nicht einen entsprechend ausgeprägten Reifegrad besaßen. Stützen der Ausbildung waren ganz ohne Zweifel die „Anleitung zur Markscheidekunst“ (Dresden 1749) von Oppel und der „Bericht vom Bergbau“ (Freiberg 1769), der von der Bergakademie als Lehrbuch herausgegeben worden war. Die Funktion dieses Buches schilderte Werner in einer späten Erinnerung:

„Als ich 1769 auf hiesiger Bergakademie studierte, wurde dieses Bergbaukollegium Sonnabends Vormittags (also wöchentlich 1 Stunde) über den damals im Druck herausgekommenen Bericht vom Bergbau, welcher in diesem Kollegium von § zu § erklärt



... wurde, gelesen und jährlich geendet." [19, Bd. 41, Bl. 254]

Es kann nicht übersehen werden, dass die Ausbildungsform noch weitgehend dem Schulvortrag folgte und von der Bergschultradition bestimmt war, ohne an die traditionellen Erfahrungen der Universitätslehre anzuknüpfen. Der bergakademische Unterricht wurde allerdings relativ früh durch die Anfänge von Modell-, Mineral- und Büchersammlungen ergänzt, die zur Anschaulichkeit der Lehre beitrugen und auch das selbständige Studium der Lernenden in einem gewissen Umfang ermöglichten.

Werner war mit einigen Erwartungen nach Freiberg gekommen.

Seit seiner Jugend allen Fragen des Bergbaus gegenüber aufgeschlossen, geübt in der Beobachtung natürlicher und technischer Phänomene, ausgebildet in der systematischen Anlage von Arbeiten durch seine mehrjährige Tätigkeit als Hüttenschreiber, stürzte er sich mit Hingabe und Fleiß in das Studium.

Er beschränkte sich nicht auf das Anhören der Vorlesungen und die aufgegebenen wenigen Arbeiten, sondern ging selbst ins Gelände, fuhr auf den verschiedenen Gruben des Freiburger Reviers und im oberen Erzgebirge ein, erfragte bei Bergleuten und Steigern Einzelheiten über die Natur der Lagerstätten und die Technik des Bergbaus. In einigen nachgelassenen Blättern berichtete er,

"alle sächsischen Bergwerke bereist, besonders die wichtigeren Freiburger Grubengebäude fleissig befahren, bei den Arbeiten des Bergmanns selbst mit Hand angelegt, und endlich durch den belehrenden Umgang mit den dasigen oberen und unteren Bergbeamten sich vollends auszubilden gesucht" [24, S. 264]

zu haben. Über diese Befahrungen und Exkursionen fertigte er Berichte und Skizzen an, um die Konzentration auf das Wesentliche zu lernen und sich in der Darstellung von Beobachtungen zu üben. Obwohl er von seinem eigentlichen Lehrer der Mineralogie Lommer nur wenig lernen konnte, besuchte er ausdauernd seine Unterrichtsstunden, um die einzelnen Stücke der bergakademischen Mineralsammlung zu studieren und durch das Anschauen der Stufen sowie den Vergleich ihrer charakteristischen Kennzeichen und das Kennenlernen verschiedener Ausbildungsformen der Mineralarten zu sicherem Wissen zu gelangen.

Offensichtlich wurde der damalige Kurator der Bergakademie Karl Eugen Pabst von Ohain auf Werners besonderes Interesse und seine hohe Arbeitsintensität aufmerksam. Er selbst war ein hervorragender Mineraloge und besaß eine ausgezeichnete private Sammlung. Pabst von Ohain nahm sich gezielt der mineralogischen Ausbildung Werners an und machte ihm seine Sammlung zugänglich.

Später veröffentlichte Werner eine zweibändige Beschreibung dieser Sammlung (1791/92) und erinnert sich an die Bedeutung seines Kontaktes zu Pabst von Ohain:

"... ich bekenne mit Vergnügen und Gefühlen der Dankbarkeit, dass ich dasjenige, was ich aus der mündlichen Belehrung anderer von mineralogischer Kenntnis in der Zeit meiner ersten wissenschaftlichen Ausbildung geschöpft habe, größtenteils, ja fast ganz diesem Gelehrten schuldig bin." [11, Bd. 1, Vorr.]

Es hätte den Gepflogenheiten der Bildung am Ende des 18. Jahrhunderts aber wider-

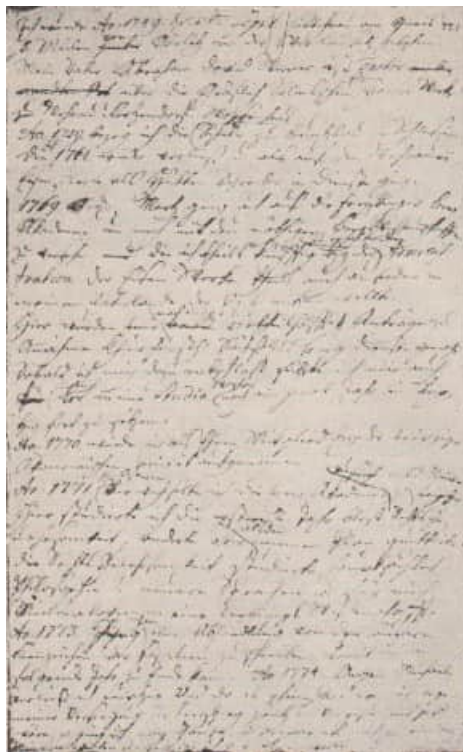
sprochen, sich nur auf Mineralogie und Bergbaukunde zu konzentrieren. Das aufstrebende Bürgertum, das mit der Aufklärung die Vernunft auf den Richterstuhl gegenüber Theologie, Philosophie, Naturwissenschaft, Literatur und Kunst gesetzt hatte, erwartete von einem Gelehrten eine breite allgemeine Bildung.

So erweiterte auch Werner während seiner Studienjahre in Freiberg seine Sprachkenntnisse, beschäftigte sich mit der gerade aufblühenden deutschen Literatur und dachte über verschiedene Aspekte der Nutzenanwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse nach.

Werners Studien verliefen so erfolgreich, dass sich Pabst von Ohain darum bemühte, Werner für den Bergbeamtendienst in Sachsen zu gewinnen. Die Leistungsfähigkeit des Schülers muss auch durch eine heute dem Thema nach nicht bekannte wissenschaftliche Arbeit bewiesen worden sein, da Werner - 21jährig - bereits 1770 Ehrenmitglied der „Leipziger Ökonomischen Gesellschaft“ geworden war. Die Gründung dieser Vereinigung erfolgte 1767, um nach den Verwüstungen des Siebenjährigen Krieges die mangelnde wirtschaftliche Kraft Sachsens durch intellektuelle Leistungen zu unterstützen, weshalb verschiedene wissenschaftliche Institutionen geschaffen oder erweitert wurden.

Mitglied der Leipziger Ökonomischen Gesellschaft konnte nur werden, wer sich durch eine entsprechende Leistung ausgewiesen hatte. Werner war offenbar nicht abgeneigt, Beamter im sächsischen Montanwesen zu werden.

Dazu waren allerdings noch einige Bedingungen zu erfüllen, da einstweilen das Eindringen in die höhere Beamtenhierarchie an eine wissenschaftliche Rechtsausbildung gebunden war, die es in Freiberg nicht gab und nur an einer Universität erworben werden konnte. So wechselte er 1771 an die Universität Leipzig über, um seine Studien entsprechend zu vervollkommen. In seiner Autobiographie schreibt Werner selbst dazu:



3 Handschriftlicher Lebenslauf Werners (Werner-Nachlass, Bd. 77, Bl. 2 Wiss. Altbestand der Bibliothek der Bergakademie Freiberg)

"Ao. 1771 zu Ostern verwechselte ich die Berg-Akademie zu Freyberg mit der Universität zu Leipzig. Hier studierte ich die ersten 2 Jahr bloß Rechts-Gelehrsamkeit, änderte aber alsdann meinen Plan, quittierte die Rechts-Gelehrsamkeit, studierte hauptsächlich Philosophie u. neuere Sprachen u. für mich Mineralogie, meine Lieblings-Wissenschaft." [19, Bd. 77, Bl. 2]

Diese Aussagen werden bestätigt durch im Nachlass von Werner an der Bergakademie Freiberg aufbewahrte Pläne der an der Leipziger Universität besuchten Kollegien mit Angabe der Lehrer einschließlich der an sie gezahlten Honorare.

Danach hat er sich zunächst vor allem mit Naturrecht, allgemeinem Recht, Geschichte des römischen Rechts, allgemeiner Rechtsgeschichte und deutschem Recht beschäftigt. Auffallend ist der große Umfang der Sprachstudien: Italienisch, Englisch, Französisch und vor allem Latein, das sich über die gesamte Studienzeit erstreckte und offenbar auch die Voraussetzung für Lehrveranstaltungen zur Logik und Geschichte war.

1773 begann er sich insbesondere mit Astronomie, Astrologie, Mineralogie, Anthropologie und Psychologie zu beschäftigen, vertiefte also insbesondere seine naturwissenschaftlichen Kenntnisse. Deutlich wird aus dieser Übersicht der breit angelegte Charakter des Universitätsstudiums von Werner in Leipzig, das ihm tatsächlich die Basis für sein späteres Wirken als erfolgreicher Forscher und Lehrer gab.

Leipzig gehörte bereits während der Studienzeit Werners zu einem der bürgerlichen Zentren in Deutschland, in dem entsprechende Ideen im Rahmen von kleineren Gesellschaften verbreitet wurden.

Vorbild waren die Pariser Salons der Aufklärung, in denen vor- getragen, diskutiert, gespielt und gelebt wurde. Freilich gestaltete sich diese Form des Gedankenaustausches in der sächsischen Handelsmetropole und Universitätsstadt Leipzig weitaus bescheidener, aber wenigstens war diese Form verbreitet, und Werner hatte daran aktiven Anteil.

Er war Mitglied verschiedener Gesellschaften und Gesprächskreise, die den wissenschaftlichen Disput pflegten und natürlich gleichzeitig der Bildung dienten.

Bekannt ist, dass er sich mit einigen Freunden zu einer Gesellschaft vereinigte, worin täglich einer nach dem anderen zu einer naturwissenschaftlichen Thematik vortrug, die dann gemeinsam erörtert wurde.

Er war Mitglied einer weiteren Gesellschaft von etwa 20 Personen, in der zur Übung nur italienisch gesprochen wurde. Werner fand sich mit anderen Studenten zu einer weiteren Gesellschaft zusammen, in welcher man die Durchführung von juristischen Prozessen übte und die Mitglieder abwechselnd die Rolle des Klägers, des Beklagten, des Gerichtsschreibers usw. übernahmen.

Diese Begegnungen erschöpften sich zweifellos nicht in der geselligen Form der Disputation, Wissensvermittlung und Übung auf der Basis neu erworbener Erkenntnisse. Wie noch zu zeigen sein wird, war Werner ein bewusster Parteigänger der Aufklärung, Vertreter progressiven bürgerlichen Denkens und als Deist ein Vertreter konsequenter Trennung von naturwissenschaftlichem Erkennen und religiösem Glauben.

Es darf vermutet werden, dass gerade sein Leipziger Aufenthalt wesentlich dazu beige-

tragen hat, diese seine Positionen zu entwickeln und zu festigen. Der langjährige enge Kontakt zu dem der Aufklärung ebenfalls tief verbundenen Nathanael Gottfried Leske reicht ebenfalls in diese Zeit zurück. So darf gesagt werden, dass die Studienzeit in Leipzig Werners wissenschaftliche Kenntnisse wesentlich erweiterte, seine weltanschaulich-politische Position vermutlich ganz maßgeblich formte und er auch dort den entscheidenden Impuls für seine erste wissenschaftliche Publikation erhielt, die sein weiteres Leben entscheidend bestimmen sollte.

Angeregt durch den naturwissenschaftlichen Vortrags- und Diskussionskreis sowie seinen Lehrer der Mineralogie an der Universität Leipzig Professor Johann Carl Gehler beschäftigte sich Werner während seiner Studienzeit sehr intensiv mit Fragen der äußeren Kennzeichen von Mineralien.

Gehler hatte 1757 eine Disputation „De characteribus fossilium externis“ geschrieben, zu der in den Jahren 1770/71 mehrere Stellungnahmen von naturhistorisch orientierten Gelehrten (z. B. Joh. Thad. Ant. Peithner, J. Hill) gegeben wurden.

Werner wollte nun diese lateinisch geschriebene Arbeit übersetzen und in deutscher Sprache mit Kommentaren herausgeben. Die Aktualität der wissenschaftlichen Themenstellung war mindestens durch die Diskussion der verschiedenen Aspekte äußerer Kennzeichen von Mineralen eindeutig gegeben.

Werner begann, sich selbst dieser mineralogischen Fragen anzunehmen. Er übersetzte nicht nur den lateinischen Text Gehlers und hatte damit eine ganze Reihe deutscher Fachtermini zu finden; er versuchte auch, die verschiedenen Eigenschaften zu systematisieren und zu veranschaulichen. Zur Darstellung der sogenannten Haupt- und gemischten Farben bei Mineralen sowie der Übergänge der einen in die anderen zeichnete er entsprechende Tafeln und kolorierte sie.

Es handelte sich dabei um eine selbständige studentische Arbeit, wie sie etwa auch heute im Rahmen von Studentenzirkeln oder als Beitrag für den Studentenwettbewerb angefertigt werden. Aber es blieb nicht dabei. Freunde regten ihn an, es nicht bei einer Übersetzung zu belassen, sondern stattdessen eine eigene Arbeit zu dieser Thematik zu verfassen.

Diesem Rat folgte er und begann 1773, die äußeren Kennzeichen der Minerale (damals bezeichnete man sie noch als Fossilien) vollständig dem damaligen Kenntnisstand entsprechend zu beschreiben, treffender als bis dahin erreicht zu bestimmen und vor allem auch zu systematisieren. Das Buch erschien 1774 in Leipzig und machte den 24jährigen Werner schlagartig als scharfsinnigen und systematisch denkenden Mineralogen bekannt.

Welche Bedeutung gerade diese Arbeit für die Gesamtentwicklung der Mineralogie hatte, wird im entsprechenden Zusammenhang mit der Darstellung seiner Beiträge zur Entwicklung dieser Disziplin zu erklären sein.

1774 beendete Werner sein Studium in Leipzig und kehrte nach Wehrau zurück, ohne zunächst eine feste Aufgabe als Beamter in Sachsen oder woanders in Aussicht zu haben. Auch scheint es, dass er mit Freiberg in keinem weiteren engen Kontakt stand. So war es nur zu erklärlich, das 6jährige Studium durch einige Reisen abzurunden und da-

bei vor allem die mineralogischen Verhältnisse verschiedener Lagerstättenreviere näher kennenzulernen.

Er bereitete sich im väterlichen Hause auf dieses Unternehmen vor, zu dem es allerdings nicht kommen sollte.

### 3 Werner als Lehrer an der Bergakademie Freiberg

Im Monat Februar 1775 erhielt Werner den Ruf, als Inspektor (Verwalter) und Lehrer der Mineralogie und Bergbaukunst an der Bergakademie Freiberg zu wirken. Die Initiative dazu war von Pabst von Ohain ausgegangen, der offenbar seine großen Erwartungen in die besonderen wissenschaftlichen Fähigkeiten von Werner nach der Veröffentlichung des Buches „Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien“ bestätigt sah. Er formulierte seinen Vorschlag an das sächsische Kammer- und Berg-Collegium mit den Worten,

"denjenigen Werner, welcher ehemals als Bergakademist zu Freiberg auf eigene Kosten die bergmännischen Wissenschaften erlernt, nachher in Leipzig seine Studien weiter fortgesetzt und vor Kurzem eine wohlgerathene Abhandlung von den äusseren Kennzeichen der Foßilien herausgegeben habe." [24, S. 261]

auf die zu besetzende Inspektor- und Lehrerstelle an die Bergakademie zu berufen. Der Antrag fand offizielle Zustimmung und erreichte Werner im Februar 1775, so dass er die ursprünglichen Reisepläne fallen ließ und dem ehrenvollen Ruf sofort zustimmte. Bereits am 4. März 1775 wurde er für das Amt verpflichtet und übernahm seine neuen Aufgaben zu Ostern des gleichen Jahres.

Damit hatte Werner eine große Chance erhalten, die ihm bedeutende wissenschaftliche Wirkungsmöglichkeiten bot. Sein Wirken an der Bergakademie begann 10 Jahre nach ihrer Gründung, nachdem erste Erfahrungen positiver wie negativer Art über die Gestaltung des neuartig angelegten Lehrbetriebes vorlagen. Der Bedarf an wissenschaftlich ausgebildeten Beamten und auch entsprechenden Forschungsleistungen für das sächsische Montanwesen war nach wie vor hoch aktuell.

Werners persönliche wissenschaftliche Interessen und Leidenschaften entsprachen der gesellschaftlichen Erfordernissituation in besonderem Maße. Und es gab überzeugende Beispiele, auf welche Weise wissenschaftlich vorbereitete Bergbeamte in Sachsen die Produktion insbesondere von Silber zu steigern wussten.

Friedrich Wilhelm Heinrich von Trebra, erster Schüler an der Bergakademie Freiberg, arbeitete von 1767 bis 1779 als Bergmeister in Marienberg. Es gelang ihm, vor allem durch den wissenschaftlichen Nachweis von Erzvorräten und die Verbesserung der bergmännischen Technik mit der Einführung der Wassersäulenmaschine (1772) die Silberproduktion dieses Reviers innerhalb weniger Jahre zu vervielfachen. Aus derartigen Erfolgen erklärte sich die besondere Wissenschaftsfreundlichkeit des sächsischen Feudalstaates, die natürlich voll den Ambitionen Werners entsprach.

Insbesondere in Sachsen konzentrierte der Staat seine Aufmerksamkeit auf das Montanwesen, da seine wesentlichen Teile infolge des feudalen Bergregals (d. h. des Bergrechts) in der Hand des Landesherrn lagen und die sicherste Quelle für das Auffüllen des Staatshaushalts bildeten. Im Unterschied zu anderen deutschen Ländern war es den Kurfürsten in Sachsen nicht gelungen, die einzelnen Feudalherren völlig der absolutistischen Botmäßigkeit zu unterwerfen.

Damit ergab sich eine unsichere Abhängigkeit der Kurfürsten in ökonomischer Hinsicht von der Bewilligungsfreudigkeit der Stände. Auch die wirtschaftspolitischen Reformen

in Sachsen, die seit den 60er Jahren des 18. Jahrhunderts betrieben wurden, vermochten diese Situation nicht zu ändern.

So musste vor allem die Bergbauproduktion aktiviert werden, um das obendrein noch durch das Kriegsgeschehen von 1756-1763 und die nachfolgenden Belastungen zerrüttete Finanzsystem des Landes wieder zu stabilisieren. Wie allein die Produktionsziffern des Edelmetalls Silber ausweisen, gelang das im letzten Drittel des 18. Jahrhunderts auf besonders spürbare Weise. Die durchschnittliche jährliche Silberproduktion entwickelte sich in Sachsen wie folgt:

von 1741 bis 1760 jährlich 6795 kg Silber,  
von 1761 bis 1780 jährlich 7 200 kg Silber,  
von 1781 bis 1800 jährlich 12 100 kg Silber,  
von 1801 bis 1810 jährlich 12 040 kg Silber.

Es ist zu erkennen, dass vor allem seit den 80er Jahren das Silberausbringen gewachsen war. Diese Entwicklung fiel in etwa mit der Kulmination der sächsischen Manufakturperiode zusammen, deren Höhepunkt von Rudolf Forberger für die Zeit zwischen dem Ende des 7jährigen Krieges und der Jahrhundertwende angesetzt wird.

Das war in einem erheblichen Umfang auf die vom bürgerlichen Geist getragenen Reformen zurückzuführen, die sich hauptsächlich auf wirtschaftspolitischem Gebiet, weniger dagegen im staatspolitischen Terrain auswirkten.

Ein zeitgenössisches Bild über das rege gewerbliche Treiben in Sachsen vermittelte Johann Kaspar Riesbeck, der als engagierter Aufklärer in seinen „Briefen eines reisenden Franzosen über Deutschland“ (1783) nach einer Fahrt durch das Land aus Leipzig eine anschauliche Schilderung gab:

"Sachsen ist ein herrliches Land, Brüder!

Ich habe einen großen Umweg durch das Erzgebirg, über Freiberg, Marienberg, Annaberg und dann über Zwickau und Altenburg bis hierher gemacht. Man sollte glauben, der ganze ungeheure Berghaufen, der sich längst der böhmischen Grenze hinzieht, wäre untergraben. Es sind Gruben an Gruben, und alle Täler ertönen von Hammerwerken.

Ein fleißigeres Volk als die Sachsen habe ich noch nie gesehen. Das ganze Gebirge wimmelt von beschäftigten Menschen, und den nackten Felsen trotzen sie Nahrung ab. Sie verarbeiten nicht nur die Steine und Mineralien auf die mannigfaltigste Art, sondern alle Städte haben auch noch Leinwand, Spitzen, Band, Barchet, Tuch, Flanellen oder irgend sonst eine Art Manufakturen, die unzählige Hände beschäftigen.

Ihr empfindsamer und reger Geist ist unermüdet und unerschöpflich. Wenn die Mode oder die Mitbewerbung ihrer Nachbarn ihnen einige Arten von Manufakturen niederschlägt, so haben sie in einem Anblick zehn andre, um die erstern wieder zu ersetzen. Freiberg enthält über 25000<sup>1</sup> und Zwickau gegen 12000 Menschen. Die übrigen Städte, die ich sah, sind alle, wie die Flecken, ungemein stark bewohnt und vom Kunstfleiß belebt." [68, S. 303]

Sachsen erlebte einen erstaunlichen wirtschaftlichen Aufschwung, der trotz Kriegsbe-

---

<sup>1</sup>Freiberg hatte um 1780 nur etwa 10000 Einwohner, die Angabe von Riesbeck liegt zu hoch.

lastungen, Bevölkerungsverlust und Kapitalmangel zu einem Wachstum der Industrie führte, die in der Zeit des Übergangs von der manufakturrellen zur maschinenmäßigen Produktion zu einer der leistungsfähigsten der Welt wurde. Diese Entwicklung setzte am Ende des 18. Jahrhunderts ein und erfasste nicht nur das Montanwesen, sondern auch die Textilproduktion, die Entwicklung von Antriebsmechanismen und später auch den Maschinenbau sowie selbst die Fabrikation von Textilhilfsstoffen und Farben.

Um diese Prozesse den Reformplänen entsprechend richtig zu steuern, war die Herausbildung einer qualifizierten und staatstreuen Beamtenschaft eine wichtige Voraussetzung. Dabei konnte nicht auf eine vornehmlich aus der Aristokratie kommende Staatsdienerschaft gesetzt werden, da entsprechend dem erreichten Stand in der Entwicklung der Produktivkräfte ein hohes Maß an naturwissenschaftlich-technischen Erkenntnissen erforderlich geworden war, was eine anspruchsvolle Ausbildung voraussetzte, die jungen Adligen sich aber in der Regel höchstens zu einem Studium der Rechte entschlossen.

Obendrein boten die in Sachsen unter dem Einfluss des unterschiedlich privilegierten Adels stehenden Beamten keine hinreichende Garantie für die absolute Interessenvertretung des Landesherrn. So warben die Reformer in erheblichem Umfang im Bürgertum für die Beamtenlaufbahn, und der sächsische Staat bemühte sich neben der Bergakademie Freiberg auch um die Gründung anderer Bildungseinrichtungen für verschiedene Produktionsbereiche.

1764 entstand eine Kunstschule in Meißen zur Ausbildung von Malern für die Porzellanmanufaktur, 1786 wurde eine Industrieschule in Dresden gegründet, und von 1799 bis 1809 debattierte man um die Gründung einer Forstakademie in Sachsen. Nicht nur die Impulse zur Gründung dieser Institutionen waren von bürgerlichen Ideen geprägt, auch das dort realisierte Bildungsideal entsprach dem Wesen nach den Interessen und Hoffnungen des an die Macht strebenden Bürgertums.

So förderten die Reformen auch die Entwicklung kapitalistischer Elemente in Wirtschaft, Bildung und Beamtenwesen des feudalen Sachsens, wodurch solche Kräfte gestärkt wurden, die letztendlich den Feudalismus überwinden halfen. Auf diese Weise hatten die Reformen einen Doppelcharakter, Zunächst dienten sie der Stabilisierung des Feudalsystems, bildeten aber auch Schritte beim Übergang vom Feudalismus zum Kapitalismus in Sachsen.

Werner nahm seine Verantwortung als Lehrer der Bergakademie voll im Sinne der historischen Erfordernisse auf. Er ließ keinen Zweifel darüber, dass er seine wissenschaftliche Tätigkeit mit Nutzen für die Gesellschaft betreiben wollte, und folgte damit einem Grundsatz, den zahlreiche seiner fortschrittlich denkenden Zeitgenossen teilten, Seiner Auffassung nach sollte Wissenschaft „nützlich“ sein und die Entwicklung der materiellen Produktion unterstützen.

In einem solchen Geist hatte er bereits in seinem Erstlingswerk „Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien“ 1774 formuliert:

"Eine jede Wissenschaft hat ihren Wert, nur darinne sind sie unterschieden, dass bey einer der Nutzen immer ausgebreiteter und von mehrer Beziehung auf das gemeine Leben ist als bey der anderen." [1, S. 13]



Von einer solchen Denkart bestimmt, begann Werner seine Vorlesungen 1775 an der Bergakademie über Mineralogie und Bergbau. Hervorzuheben ist, dass er seine Schüler in den ersten Vorlesungsstunden ausführlich über den praktischen Nutzen der dargelegten Erkenntnisse aufklärte und auch darüber sprach, welche Elemente der Wissenschaft dabei von besonderem Wert sein können und in welchen Zusammenhängen sie vor allem wirksam werden.

Ohne jemals in einen platten Nützlichkeitsglauben zu verfallen, bedachte er diejenigen mit hintergründigem Spott, die den praktischen Wert der Wissenschaft nicht verstanden und sich auf Empirie und Handwerkelei zu beschränken versuchten. In einem Bericht, der dem sächsischen Kurfürsten über die Tätigkeit und den Erfolg der Bergakademie für den Staat vorzulegen war, formulierte Werner:

"Es ist ausgemacht, dass der kursächsische Bergbau, ohne wissenschaftlichen Betrieb gar schlecht bestehen würde. Es ist ferner einleuchtend: dass je zweckmäßig wissenschaftlicher er betrieben wird, um so mehr er gedeihen muss." [19, Bd. 41, Bl. 286]

Ausgehend von derartigen Ideen gestaltete Werner die Lehrveranstaltungen inhaltlich um und qualifizierte auch die verschiedenen Formen des Unterrichts. Das lief letztlich auf einen Zyklus von Lehrveranstaltungen hinaus, in dem theoretische Kenntnisse und praktisch handhabbare Fähigkeiten bei den Studenten entwickelt wurden und der sich etwa wie folgt gliederte:

- Vorlesungen
- Literaturstudium durch die Studenten
- Praktische Übungen einschließlich Exkursionen im Gelände
- Selbständige wissenschaftliche Darstellungen durch die Studenten („Elaboratorien“).

Werner grenzte sich von dem vorgefundenen Zustand der Vorlesungen an der Bergakademie bei seinem Amtsantritt ziemlich unmissverständlich ab. So veränderte er zunächst den Stil der Vorlesungen und passte ihn den Formen an, wie er schon lange an den Universitäten gepflegt wurde.

Von der ursprünglich praktizierten Textinterpretation ging er zur akademischen Vorlesung über. Er vermittelte systematisch Darstellungen des Lehrstoffes in den Grundzügen, verwies auf Probleme und Schwierigkeiten und regte insbesondere die Studenten zur Nachschrift seiner Vorlesungen an. Vor allem auf das Nachschreiben legte Werner großen Wert; letzteres half nach seiner Meinung den Studenten, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren, Er sah darin aber auch noch weitere Vorteile:

"... erstlich erhöht und befördert es während der Vorlesung die Aufmerksamkeit der Zuhörer; zweitens prägen sich durch Nachschreiben die vorgetragenen Begriffe bestens ein; drittens erleichtert es das Repetieren, ja es nötigt die Studierenden, wenn sie ihre nachgeschriebenen Manuskripte vollständig und rein halten wollen, sogar dazu; und viertens bildet es den Stil der Nachschreibenden ungemein." [19, Bd. 41, Bl. 266]

Werner selbst machte sich die Mühe, die Vorlesungsnachschriften zahlreicher seiner Studenten selbst kontrollierend durchzusehen und gegebenenfalls eigenhändig zu korrigieren. Eine wichtige Rolle dabei spielte bei Werner aber auch das persönliche Gespräch

mit seinen Studenten. Nicht nur in der Vorlesung selbst wählte er gern die „Form der Unterredung“; er diskutierte auch die Nachschriften mit ihnen durch, um Unverständnes zu erklären oder an der Präzision des Ausdrucks zu feilen.

Zahlreiche derartige Vorlesungsmitschriften, z. B. von Theodor Körner, August Breithaupt, Tom Weaver, sind im Original erhalten geblieben und bildeten in mehreren Fällen die „autorisierte“ Grundlage für die Verbreitung der wissenschaftlichen Auffassungen Werners zur Mineralogie und Geologie in aller Welt.

Da Werner seine systematischen Vorstellungen zu den verschiedenen wissenschaftlichen Gegenständen nur in einem unwesentlichen Umfang drucken ließ, waren die Vorlesungsnachschriften, die nun wiederum von vielen seiner Schüler in den verschiedensten Sprachen publiziert wurden, die Basis für das Bekanntwerden seiner Auffassungen in der wissenschaftlichen Gemeinschaft.

Werner gab sehr detaillierte Hinweise und Anleitungen zum Studium der Fachliteratur zu den einzelnen Lehrgegenständen. Voraussetzung dafür war seine eigene Leidenschaft, die neuesten fachwissenschaftlichen Publikationen genauso wie historisch bedeutsame Arbeiten auszuwerten, Bücher zu sammeln und sie seinen Studenten vorzustellen. Für die Ausbildung in Mineralogie hatte er das Lehrbuch des Schweden Axel von Cronstedt ausgewählt und für diesen Zweck selbst neu übersetzt sowie durch entsprechende Anmerkungen bereichert. Er erwartete von seinen Studenten, dass sie sich mit dieser Literatur selbst befassten, um in die theoretischen Zusammenhänge des Wissens einzudringen, wie er sie in den Vorlesungen darzulegen versuchte.

Auf der Grundlage der Vorlesungen und des Literaturstudiums verlangte Werner von seinen Studenten, dass sie sich gleichfalls um „Erfahrungen oder praktische Kenntnisse“ bemühten. Aus eigener Erfahrung wusste er, welche Bedeutung das eigene Erleben und selbständige Erkennen von Naturerscheinungen sowie die lebendige Anschauung von technischen Einrichtungen und technologischen Abläufen für die Ausbildung hatten. Der Lehrplan forderte von den Studenten, Grubenbefahrungen durchzuführen, sich praktische bergmännische Fertigkeiten anzueignen und die wesentlichen Elemente des Leitungsprozesses in Gruben und Hütten in den verschiedenen Produktionsbereichen kennenzulernen.



4 Die Bergakademie Freiberg zu Lebzeiten von A. G. Werner

Das waren für die Studenten schwierig zu bewältigende Aufgaben, weil sich ihnen die in-

nere Systematik der Produktionsprozesse nicht von selbst und durch bloßes Zuschauen erschloss. Das erkannte Werner und legte auf die Anleitung der Studenten für praktische Arbeiten großen Wert, um sie durch die vorbereitende Erklärung und die Vergabe bestimmter Aufgaben in die Welt des Bergmanns einzuführen. Werner änderte auch hier den vorgefundenen Zustand an der Bergakademie Freiberg und entwickelte im Laufe seiner Lehrtätigkeit effektive Formen praktischer Studentenausbildung:

"Als ich 1775 als Inspektor und Lehrer der Bergbaukunst bei der hiesigen Bergakademie angestellt wurde, sah ich bald ein, dass nach alter Art, mit bloßem Dozieren, nicht viel zur Bildung guter und zu allerlei Dienstgeschäften geschickter Bergleute getan sei; und dass selbst das bloße Grubenbefahren ohne Hauptplan und besondere Zwecke für jede Befahrung wenig zur praktischen Ausbildung hilft, wenn es auch fast täglich erfolgt." [19, Bd.- 44, BL. 10]

Damit sagte er eigentlich nur, dass praktische Tätigkeit ohne theoretische Grundlage oder Einführung letztlich fruchtlos blieb und nicht dem eigentlichen Lerneffekt entsprechen konnte. Deshalb sah er die theoretische und praktische Ausbildung als Einheit an, begann bei seinen Erklärungen mit dem Einfachen und führte seine Studenten Schritt um Schritt zu den komplizierteren Zusammenhängen in Natur und Technik, um sie letztlich zu selbständigem Erkennen und wissenschaftlichen Arbeiten zu befähigen. Dabei spielte in Werners Lehrsystem die Anfertigung bestimmter schriftlicher Darstellungen und Ausarbeitungen der Studenten, die „Elaboratoren“, eine große Rolle. Sie waren zu entsprechenden vorher gestellten Aufgaben oder Themen nach der praktischen Arbeit oder Exkursion im Gelände von den Studenten zu erarbeiten. Werner nennt als Themen für derartige Elaboratorien:

"Geognostische Gangbeschreibungen, vollständige Gangbeschreibungen mit den dazu gefertigten Rissen, Fahrtbeschreibungen, Grubenberichte von kleineren und größeren Gruben und Revierbeschreibungen, ökonomische Berechnungen, des Betriebes eines Grubenbaues sowie Maschinenbeschreibungen." [19, Bd. 41, Bl. 264]

Es unterliegt keinem Zweifel, dass derartige Arbeiten erhebliche Anforderungen an die Studenten stellten, sie hier ihre in den Vorlesungen erworbenen Kenntnisse auf konkrete praktische Situationen anzuwenden hatten, eigene Standpunkte und Urteile finden mussten, die obendrein in einer entsprechenden Form darzustellen waren.

Dabei ging es nicht um trockene Spekulationen oder Disputationen, wie sie z. T. noch an einigen deutschen Universitäten üblich waren. Hier bildete sich ein neuer Typ selbständiger studentischer Arbeiten mit naturwissenschaftlich-technischem Charakter heraus. Die Vermittlung von Kenntnissen wurde zur Voraussetzung, zur Grundlage der Ausbildung, die im Erwerb von Fähigkeiten und Fertigkeiten bei der Lösung naturwissenschaftlicher und technischer Probleme endete. Das alles blieb bei Werner nicht nur Programm.

Die große Zahl seiner Schüler, die später selbst zu hervorragenden Wissenschaftlern wurden, ist ein Beleg dafür, dass seine Vorstellungen über eine wirksame Hochschulausbildung sich in seiner Zeit voll bewährten. Seine Schüler und Zeitgenossen begriffen das durchaus, und in einer Darstellung aus dem Jahre 1819 wird darauf verwiesen, auf

welche Weise die Studenten in Freiberg durch Werner zu aktivem Umgang mit ihrem Wissen angehalten wurden:

"Wenn schon sein Vortrag überhaupt ganz darauf berechnet war, in seinen Schülern selbst wiederum Lehrer der Wissenschaft zu bilden, so förderte er dies noch weit mehr durch vertraute Annäherung im Umgang. Die Anfänger wies er an die alten Schüler, suchte den Unbemittelten sowohl äußeren Gewinn als inneren Vorteil dadurch zu schaffen, dass er ihnen Wiederholungen mit fremden Akademisten und Studierenden auftrug, wobei er sie noch besonders auf die gerade hier notwendigen Hilfsmittel und Kunstgriffe in der Methode aufmerksam machte." [25, S. 321]

Auf der Grundlage dieser modernen hochschulpädagogischen Prinzipien entwickelte sich seit den 80er Jahren des 18. Jahrhunderts um Werner ein Schülerkreis, der mehr und mehr die Form einer wissenschaftlichen Schule annahm und von einer für damalige Zeiten bemerkenswerten Anziehungskraft Freibergs zeugte. Als ordentliche Studenten der Bergakademie, aber auch als private Hörer bei Werner (die nicht in den Matrikel-listen der Freiburger Lehranstalt zu finden sind) fanden sich im Verlauf der Jahrzehnte zahlreiche Schüler ein, von denen hier nur eine Auswahl genannt werden soll:

Fausto de Elhuyar, um 1778 in Freiberg

Mitentdecker des Elements Wolfram; spanischer Bergbeamter und erster Direktor der Bergakademie Mexiko (1792)

Heinrich Friedrich Karl v. u. z. Stein, 1782/83 in Freiberg

Bergrat; als Minister Reformator des preußischen Staates

William Maclure, um 1785 in Freiberg

Geologe; schuf 1817 eine der ersten geologischen Karten der USA

Joh. Karl Freiesleben, 1790/92 in Freiberg

Direktor des Mansfeldischen Bergbaus; Berghauptmann in Freiberg

Leopold von Buch, 1790/93 in Freiberg

Geologe; erster Vorsitzender der 1848 gegründeten Deutschen Geologischen Gesellschaft

Alexander von Humboldt, 1791/92 in Freiberg

Oberbergmeister; einer der bedeutendsten Naturforscher des 19. Jahrhunderts

Robert Jameson, 1800 in Freiberg

Professor für Mineralogie und Begründer der „Wernerian Society“ (1812) in Edinburgh

Christian Samuel Weiss, 1802/03 in Freiberg

Professor für Mineralogie an der Universität in Berlin

Georg Gottlieb Pusch, 1806 in Freiberg

Professor an der Bergakademie Kielce in Polen; Bergbeamter in Warschau; Geologe

Theodor Körner, 1808/11 in Freiberg

Dichter und Freiheitskämpfer

Friedrich August Breithaupt, 1811/13 in Freiberg

Professor für Mineralogie an der Bergakademie Freiberg.

Bestand die Hörschaft in den 70er Jahren an der Bergakademie Freiberg noch vor-

nehmlich aus sächsischen Studenten und Stipendiaten, veränderte sich das mit dem wachsenden wissenschaftlichen Ruhm der Bildungsstätte im Laufe der Zeit. Das ging insbesondere auf die mineralogischen und geologischen Leistungen von Werner zurück, hatte seine Ursache aber auch in den bedeutenden Arbeiten des chemischen Analytikers Karl Friedrich Wenzel, des Professors für Bergrecht Alexander Wilhelm Köhler oder des Chemikers Wilhelm August Lampadius, die ebenfalls in Freiberg wirkten. Im letzten Jahrzehnt nahm die Zahl der Studenten aus anderen deutschen Partikularstaaten deutlich zu; viele Hörer kamen auch aus anderen europäischen Staaten, ja selbst aus Amerika.

Zwischen 1790 und 1794 besuchten dreimal soviel Ausländer die Vorlesungen der Bergakademie wie zwischen 1772 und 1782. Und es kamen nicht nur Studenten, sondern auch solche, die bereits ein Universitätsstudium absolviert hatten oder als Bergbeamte schon praktische Erfahrungen gesammelt hatten. An der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert war die Bergakademie Freiberg eine international anerkannte Ausbildungsstätte, und Werners wissenschaftliches System hatte daran einen wesentlichen Anteil. Obwohl heute noch nicht alle Studierenden dieser Zeit in Freiberg bekannt sind, lassen sich Studenten u. a. aus Österreich, Italien, der Schweiz, Frankreich, Spanien, Portugal, England, Schottland, Skandinavien, Polen und den USA nennen, womit ein erheblicher Einzugsraum umrissen ist.

Viel ist in der Vergangenheit über die Ursachen der Anziehungskraft von Werner als Gelehrtem geschrieben und darüber debattiert worden. Dominierend war lange Zeit die Meinung, die Gründe für seine wahrhaft erstaunliche Wirksamkeit hätten in seiner persönlichen Ausstrahlungskraft und seiner begeisternden Lehrmethodik gelegen. Diese Auffassungen wurden durch zeitgenössische Schilderungen seiner Schüler und Freunde gestützt, die in schwärmerischem Enthusiasmus ganz im Geiste der Romantik ihrem Lehrer huldigten. So beschrieb C. A. Böttiger (1819),

"wie Werner seine Vorträge selbst lebendig gestaltete, wie er das, was seiner innern, lichtvollen Anschauung in den bestimmten Umrissen gleichsam plastisch vorschwebte, nun auch in Rede und Vortrag aufs angemessenste einzukleiden wusste; wie er mit dem Feuer, das ihn selbst durchglühte, auch andere zu erwärmen und in ihnen die heiligste Flamme zu entzünden wusste, die das Sinnliche schmelzte und so den rein auszuprägenden Verstandesbegriffen den Stoff lieferte, und wie das täglich selbst seine Kenntnisse erweiterte, berichtigte und dem Erworbenen nach allen Seiten hin neuen Erwerb hinzufügte, auch stets in seinem Vortrag er war, und wie er in unerschöpflichen Fällen ohne Neid und kleinliche Berechnung überströmte und das Beste gab, weil irgend etwas zu verschweigen ihm eine Sünde an der Wissenschaft selbst geschehen haben würde ..." [25, S. 309 f.]

Ohne auch nur im geringsten die Rolle der Persönlichkeit des Lehrenden im Ausbildungs- und Erziehungsprozess herabmindern zu wollen, werden Charakteranlage, Liebe zur Wissenschaft und begeisternder Vortrag wohl nicht ausreichen, um die Wirkung eines Wissenschaftlers wie Werner in seiner Zeit erschöpfend erklären zu können. Lehrveranstaltungen - welcher Art auch immer - müssen attraktiv und fesselnd sein, wenn sie die

Lernenden wirklich begeistern sollen.

Das aber ist nur möglich, wenn eine wissenschaftlich überzeugende Substanz vermittelt wird, wenn der Lehrende die eigene schöpferische Leistung entsprechend dem modernsten Wissensstand der Zeit systematisch und begreifbar anzubieten vermag. Dazu kommt die notwendige Vermittlung einer entsprechenden Problemsicht, durch die der Student die wissenschaftliche Aktualität des in den Lehrveranstaltungen angebotenen Wissens begreift und den Nutzen der vermittelten Auffassungen für seine gesellschaftliche Umwelt erkennt.

Diesen Erfordernissen entsprach Werner in hohem Maße. Wie noch gezeigt werden wird, bildeten eigene originelle wissenschaftliche Leistungen mindestens auf den Gebieten der Mineralogie und Geologie die Grundlage seiner Lehre, die er systematisch zu gestalten verstand und seine Ideen offensichtlich auch mit ansteckender Begeisterung vortrug. Er war auf Grund seiner wissenschaftlichen Vorstellungen als hervorragender Gelehrter in zahlreichen Ländern bekannt, die überall als interessant und aktuell empfunden wurden. Damit entsprach Werner dringenden gesellschaftlichen Bedürfnissen seiner Zeit, indem er Erkenntnisse vermittelte, die die Entwicklung der Produktivkräfte förderten.

Zuallererst aus derartigen Zusammenhängen wird sich wohl erklären, warum sich ein so großer und qualifizierter Schülerkreis um Werner scharte.

Ohne Frage war auch der Lehrer Werner als Mensch eine interessante Erscheinung, die uns Gotthilf Heinrich von Schubert mit folgenden Worten aus eigenem Erleben schildert:

"Ein Mann von mittlerer Größe, kräftigem Bau der Glieder; ein Angesicht, welches sich nicht sowohl durch das, was man gemeinhin Schönheit nennt, wohl aber durch ein Gepräge der Mienen auszeichnete, desgleichen ich niemals an einem anderen Menschen-angesicht gesehen. In diesem Angesichte, in dem stillen forschenden Blick der blauen Augen unter dem prächtigen Thron der Stirne lag der Ausdruck jenes inneren, geistigen Vergnügtseins, welches ein Archimedes empfunden, als der Sturm der ersten Freude, womit er sein „ich habe es gefunden“ ausrief, vorüber war und nun der ruhige Genuss des gefundenen Schatzes ihn beglückte.

Der Ton der Stimme, für eine solche starke Brust, erschien kindlich höher, als der gewöhnliche Basston der Männerstimme; aber gerade in jenem Tone lag eine Beugsamkeit und ein ansprechender Reiz, dergleichen ich in wenig anderen Menschenstimmen gefunden." [69, Bd. 2, S. 127]

Das Bemühen Werners um jeden einzelnen seiner lernwilligen Schüler, die hohen Anforderungen, seine praktischen Anleitungen zum Studium galten in besonderem Maße auch den nichtdeutschen Studenten. Es bereitete ihm geradezu ein Vergnügen, mit jedem Ausländer in dessen Muttersprache die Unterhaltung zu führen.

Es darf vermutet werden, dass auch dieses Verhalten die Beziehungen des Lehrers zu seinen Schülern beförderte, zumal gemeinsame Mahlzeiten, diskussionsfreudige Gesprächsrunden und auch Exkursionen ohnehin in Werners Umgebung entsprechend dem Lebensstil bürgerlich orientierter Gelehrter am Ende des 18. Jahrhunderts üblich waren.

Werners Leistungen als Lehrer waren überzeugend und wurden 1792 mit seiner Auf-

nahme als Bergkommissionsrat in das Oberbergamt zu Freiberg gewürdigt. In diesem Zusammenhang übertrug man ihm die Aufsicht über die Bergakademie.

Dieser Aufgabe widmete sich Werner mit großem Engagement und bemühte sich insbesondere um die Weiterentwicklung des Niveaus der Ausbildung. 1794 konnte er Lampadius für die chemische Lehre in Freiberg gewinnen. Mit seiner intensiven Unterstützung wurde 1797 ein „metallurgisch-chemisches Laboratorium“ an der Bergakademie errichtet, in dem die Studenten selbständig analytische und präparative Arbeiten ausführen konnten.

Diese neuartige Lehrstätte war hervorragend ausgerüstet und gehörte zu den ersten chemischen Hochschullaboratorien in Deutschland. 1794 regte Werner eine umfassende Debatte über das Ausbildungsprogramm der Bergakademie auf der Grundlage eines detaillierten Berichtes an, die zur Verbesserung der Lehrmethoden, einer Qualifizierung der praktischen Ausbildung und zur Vergrößerung der Modellsammlungen führte.

Dabei waren Vorstellungen über eine anschauliche und anwendbare Hochschullehre, wie sie auch an der Universität Göttingen u. a. von Georg Christoph Lichtenberg praktiziert wurden, durchaus von Einfluss auf die Gestaltung der Ausbildung in Freiberg. Seine ständigen Bemühungen um die Entwicklung der Bergakademie und seine erfolgreiche Mitarbeit im Oberbergamt brachten ihm 1799 die Ernennung zum Bergrat und später auch die Verleihung verschiedener Orden. Wie die Mitgliedschaft und Ehrenmitgliedschaft in 21 wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien des In- und Auslandes, waren das vor allem äußere Ehrungen, für die Werner nach Berichten von Zeitgenossen sehr empfänglich gewesen sein soll.

Ohne Frage fühlte sich Werner der Bergakademie in Freiberg in hohem Maße verbunden, und obwohl O. Wagenbreth (1967) eine ganze Reihe von Reisen auf der Grundlage verschiedener Dokumente nachweisen konnte, kann Werner nicht zu den zahlreichen Forschungsreisenden seiner Zeit wie etwa P. S. Pallas, A. v. Humboldt oder L. v. Buch gerechnet werden.

Seine weiteste Reise führte ihn offenbar 1802 nach Paris, wo er 1804 zum korrespondierenden und 1814 zum auswärtigen Mitglied der Academie de Sciences gewählt wurde. Alle anderen Reisen beschränkten sich auf deutschsprachige Länder, und Werner empfing vor allem im Alter lieber Gäste, als dass er selbst in die Fremde ging.

Wie es um das wissenschaftliche Ansehen von Werner bereits in den ersten zehn Jahren seines Wirkens in Freiberg stand, bezeugen zahlreiche Versuche, ihn sehr bald an andere Ausbildungseinrichtungen vor allem im Ausland zu berufen. Bereits 1776 wurde er an die Petersburger Akademie nach Russland eingeladen und sollte u. a. eine Sibirienreise unternehmen.

1783 wurden ihm Lehraufgaben in Spanien angeboten, 1787 sogar eine Arbeit in Spanisch-Amerika (Mexiko). Weitere Rufe kamen aus Polen (von der Universität Wilna), Portugal, Frankreich, England und auch Preußen (1780). Werner blieb in Freiberg und entwickelte in seiner Zeit von mehr als vier Jahrzehnten ein Lehrgebäude, das in seinem Grundaufbau in vielen Ländern als vorbildlich empfunden wurde.

Werners gesamtes Wirken war in hohem Maße durch eine intensive Lehrtätigkeit be-

stimmt, die ihn ganz offensichtlich auch zur Systematisierung seiner wissenschaftlichen Auffassungen in besonderem Maße anregte. Die von ihm entwickelten Vorstellungen in der Mineralogie und Geologie bildeten die Substanz seines Lehrgebäudes, das Werner einen festen Platz in der Entwicklungsgeschichte des geologisch-mineralogischen Denkens sicherte.

Mit seiner Lehre trug er zur Verbreitung seiner wissenschaftlichen Konzepte aktiv bei, formierte eine über viele Länder verbreitete Gelehrtengemeinschaft („scientific community“) und schuf so auch die Voraussetzungen für die praktische Wirksamkeit seiner Ideen im Montanwesen und anderen Bereichen gesellschaftlicher Tätigkeit.

Im Mittelpunkt seines umfangreichen wissenschaftlichen Werkes standen zweifellos seine Beiträge zur Mineralogie und Geologie, auf die nun im besonderen eingegangen werden soll.



## 4 Die mineralogischen Arbeiten von Werner

Obwohl Werner in die Geschichte der geologischen Wissenschaften vor allem als einer der bekanntesten Vertreter neptunistischer Auffassungen - wonach alles aus dem Wasser entstanden sein soll - eingegangen ist, begann er seine erfolgreichen wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der heutigen Mineralogie.

1774 erschien in Leipzig sein Buch „Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien“. Darin stellt er Methoden dar, auf welche Weise, dem damaligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis entsprechend, Minerale mit Hilfe der menschlichen Sinne ohne besondere technische Instrumentarien beobachtet und ohne chemische Analyse bestimmt werden konnten.

Das war eine originelle wissenschaftliche Leistung in einer Zeit, in der die Mineralogie in wachsendem Maße in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses gelangt war. Im Zusammenhang mit der Bergbauproduktion waren die Erkenntnisse über Minerale stark angewachsen und auch detaillierter geworden. Dieses Wissen wurde weitgehend von der Naturgeschichte gepflegt, die eine Beschreibung der verschiedenen vorgefundenen natürlichen Sachverhalte gab, sich als naturwissenschaftliche Disziplin in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts aber auflöste.



5 Gediegen Silber mit Argentit von Schneeberg im Erzgebirge (Aus Werners Mineralsammlung Nr. 105 092)

Es entstanden in dieser Zeit solche eigenständigen Disziplinen wie die Botanik, Zoologie oder Mineralogie, die unter dem Einfluss des in der bürgerlichen Aufklärung ausgeformten Bildungsideals zu Wissenschaften wurden und denen auch außerhalb der spezialisierten Gelehrtenwelt wachsende Aufmerksamkeit entgegengebracht wurde.

So heißt es in einer anonymen zeitgenössischen Schrift z. B. zur Mineralogie (1792):

"Man sagte mir, in dem vorletzten Dezennium des jetzigen Jahrhunderts sei über Minerale mehr geschrieben worden, als über die Theologie, Philosophie und Jurisprudenz zusammen in einem halben Jahrhundert." [52, Vorwort] Die Beschäftigung mit Mineralien und die Anlage entsprechender Sammlungen war zu einer Mode geworden. Das ergab sich aus dem starken Interesse gegenüber allen Problemen des Bergbaus vor allem in verschiedenen Feudalstaaten Europas, hatte aber auch seine Ursache in einem bemerkenswerten Bildungsbemühen gegenüber allen Neuigkeiten aus dem Mineral-, Pflanzen- und Tierreich in verschiedenen Kreisen des aufstrebenden Bürgertums und unter weitsichtigen Vertretern der Feudalklasse.

Wer es sich leisten konnte, sammelte Minerale, und die auch heute noch beeindruckenden Kollektionen von Adolf Traugott von Gersdorf in Görlitz oder Johann Wolfgang

von Goethe in Weimar sind uns erhalten gebliebene Zeugnisse aus dieser Zeit.

#### **4.1 Zur Entwicklung der mineralogischen Erkenntnis bis zum 18. Jahrhundert**

Die Anfänge der mineralogischen Erkenntnis lassen sich bis in die Antike zurückverfolgen. Eine erste Schrift über die Steine ist uns von Theophrastos, einem Schüler von Aristoteles überliefert, Ibn Sina (lat. Avicenna) war in der Zeit der Blüte des sarazenisch-arabischen Reiches in Buchara Arzt, Philosoph und Naturforscher.

Er legte eine erste Gliederung der Minerale in vier Klassen vor:

1. Metalle und Erze, 2. Steine, 3. Salze, 4. Brennbare Substanzen.

Al Biruni verfasste ein umfängliches Werk über die Edelsteine und bestimmte bereits die Dichte verschiedener Minerale nach dem archimedischen Prinzip mit bewundernswürdiger Genauigkeit. Auch im europäischen Raum gaben christliche Kleriker im Mittelalter Beschreibungen von Mineralen, wie der französische Geistliche Marbode, Albertus Magnus oder auch Konrad von Megenberg, der erstmals ein Steinbuch in deutscher Sprache verfasste.

Einen spürbaren Impuls erhielten die Erkenntnisse über die Minerale in der Zeit der frühbürgerlichen Revolution in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts, als unter dem Einfluss der Renaissance auch bei den Gelehrten die handwerklichen Arbeiten im allgemeinen und der Bergbau im besonderen in wissenschaftliche Betrachtungen einbezogen wurden. Das mineralogische Wissen wurde vor allem durch den mitteleuropäischen Bergbau - insbesondere den böhmisch-sächsischen Erzbergbau - vielfältig bereichert.

Im 16. Jahrhundert entstand eine Reihe von Berg- und Probierbüchern, in denen Produktionserfahrungen dargestellt wurden, die aber auch aus der Erfahrung gewonnene Mineralbeschreibungen mit einschlossen. Die überragende Persönlichkeit dieser Zeit war der in Glauchau geborene Georgius Agricola, den Werner den „Vater der Mineralogie“ nannte.

Er gilt als der bedeutendste Montanwissenschaftler der Renaissance und gab 1546 in seinem Buch „De natura fossilium“ eine erste wissenschaftliche Darstellung der Kenntnisse über die Minerale, verfeinerte die Mineralsystematik des Ibn Sina, wandte sich gegen alle Spekulationen und angeblich magische Kräfte von Mineralen und darf als einer der Begründer der induktiven Methode in der Mineralogie angesehen werden.

Agricola charakterisierte die Unterscheidungsmerkmale der Minerale, die er noch als Fossilien (nach lat. fodere = graben) bezeichnete (Farbe, Glanz, Härte, Gewicht, Geruch, Geschmack, Gestalt, Schmelzbarkeit, Magnetismus). Seine Darstellungen blieben, ergänzt durch einige Erkenntnisse wie die Beobachtung der Konstanz der Winkel an Kristallen gleicher Mineralart durch Niels Stensen, bis weit ins 18. Jahrhundert der Kern mineralogischen Wissens.

Dem Wesen der Naturforschung des 18. Jahrhunderts entsprechend hatte auch die Mineralogie vor allem beschreibenden Charakter, wobei in verschiedenen Ländern die Entwicklung der mineralogischen Erkenntnis auf unterschiedliche Weise orientiert und

vorangebracht wurde. Die Erweiterung des Wissens über Minerale gehörte in dieser Zeit zu einem bevorzugten Interessengebiet zahlreicher Gelehrter.

Mit der Einführung des Lötrohrs zur chemischen Analyse z. B. durch Axel von Cronstedt in Schweden wurden Fragen nach der Zusammensetzung der Minerale in starkem Maße in den Blickpunkt der Naturforscher gerückt. Torbern Bergman entwickelte in Uppsala verschiedene chemische Aufschlussverfahren für Minerale und regte ganz wesentlich weitere mineralanalytische Arbeiten an, so dass bis zum Ende des Jahrhunderts die chemische Zusammensetzung einer großen Zahl von Mineralen bekannt war.

Etwa zur gleichen Zeit wurden in Frankreich wesentliche Beiträge zu den kristallographischen Eigenschaften von Mineralen erarbeitet. Rome Delisle stellte 1772 eine umfassende Beschreibung der zu seiner Zeit bekannten äußeren Kristallformen natürlicher Minerale und künstlicher Salze zusammen, wobei er zur Messung der Kristallwinkel erstmalig ein Goniometer (Winkelmesser) benutzte.

Erste Vorstellungen wurden auch über den inneren Aufbau der Kristalle entwickelt. Rene Just Haüy nahm an, dass sich jedes Mineral auf eine nur ihm entsprechende kristallographische Primitivform (Baustein) zurückführen lasse. Ausgehend von diesen Auffassungen, die auf der Idee der „Dekreszenz der Moleküle“ beruhte, ergab sich die Möglichkeit, die Flächen zu bestimmen, die an einem Kristall auftreten können.

In Russland vor allem wurde der Gedanke geboren, Minerale unter regionalen Gesichtspunkten zusammenzustellen, um auf diese Weise entsprechende Vorkommen eines Landes nutzbringend zu erkunden. Auf Initiative von Lomonossow wurde eine groß angelegte regionale Mineralogie Russlands geplant.

Die vor allem von den verschiedenen Bergwerken des weiten Reiches nach Petersburg geschickten Minerale wurden chemisch analysiert, um die vorhandenen natürlichen Rohstoffe besser kennen und nutzen zu lernen. Das war eines der ersten bedeutenden Projekte, mineralogische Kenntnisse praktischen Erfordernissen gezielt nutzbar zu machen. Diese von Lomonossow begonnene Arbeit wurde von Wasilij Michailowitsch Sewergin erfolgreich fortgesetzt und mit dem Erscheinen einer zweibändigen Beschreibung der Minerale Russlands 1809 in Petersburg zu einem ersten Resultat gebracht.

## **4.2 Werners Vorstellungen zum Mineralbegriff und zur Mineralogie**

Abraham Gottlob Werner gehörte an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert zu den einflussreichsten Persönlichkeiten auf dem Gebiet der Mineralogie. Er hat in seiner über Jahrzehnte währenden Lehr- und Forschungstätigkeit an der Bergakademie Freiberg das Wesen der Mineralogie herausgearbeitet und mitbestimmt.

Diese Aufgabe ergab sich aus seinen Verpflichtungen als Lehrer an einer Ausbildungseinrichtung mit praktischen Zielsetzungen zum Nutzen zunächst des sächsischen Bergbaus und wurde mit hohem theoretischem Anspruch wahrgenommen. Der junge Akademielehrer Werner trat mit einer Auffassung von der Mineralogie in sein Lehramt, die in hohem Maße verbreiteten Tendenzen seiner Zeit entsprach.

Sein Schaffen war von erheblichem Einfluss auf die Entwicklung der Mineralogie auch

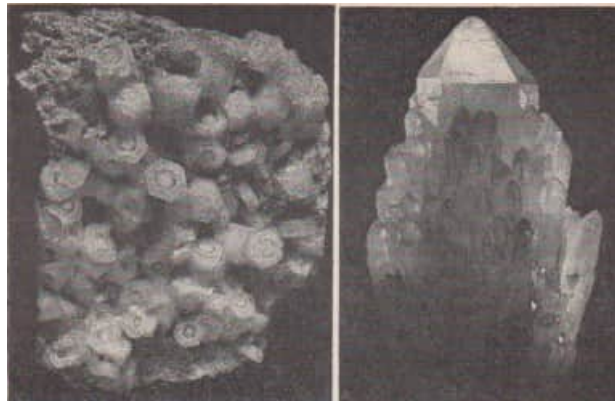
noch im 19. Jahrhundert, und selbst in der Gegenwart lassen sich Spuren seiner wissenschaftlichen Vorstellungen finden.

Zum Mineral, dem eigentlichen dinghaften Objekt der Mineralogie, entwickelte Werner präzise Vorstellungen und eine Begriffsbestimmung, die ihrem Wesen nach über lange Zeit in der Wissenschaft grundlegend blieben. Terminologisch nannte er in Anlehnung an Georgius Agricola die Naturobjekte, die wir heute als Minerale bezeichnen, Fossilien.

Er verstand darunter homogene, chemisch eindeutig definierbare Substanzen. Organische oder gar belebte Körper wurden mit größter Selbstverständlichkeit aus der Mineraldefinition ausgeschlossen. Dieser Schritt ergab sich für ihn schon aus der notwendigen Unterscheidung des Mineralreichs vom Tier- und Pflanzenreich, den globalen Gliederungsprinzipien der allgemeinen Naturgeschichte folgend.

Die Kristallinität war dagegen für ihn kein Kriterium eines Minerals. Werner definierte:

"Fossilien sind diejenigen selbständigen, mechanisch einfachen, chemisch zusammengesetzten, unbelebten, natürlichen Körper, welche miteinander den festen Erdkörper ausmachen, und in oder unter der Oberfläche desselben gefunden werden." [16, S. 378]



6a Calcit (Kalkspat) von Andreasberg im Harz (BRD); 6b Quarzkristalle von den Kerguelen-Inseln im Indischen Ozean



6c Limonit von Roßbach bei Siegen in Westfalen (BRD)

Im Unterschied zu verschiedenen Zeitgenossen sonderte Werner die Versteinerungen organischer Bildungen (oder Petrefakten) grundsätzlich von den Mineralen ab. Sehr wesentlich ist auch seine Meinung über die Gesteine, die er Gebirgsarten nannte.

Bereits Georgius Agricola, Carl Linne und vor allem Axel von Cronstedt hatten in jeweils unterschiedlichem Maße gemengte Substanzen in ihren Klassifikationen besonders ausgehalten oder gar schon von den Mineralen getrennt. Werner setzte diese Bemühungen

sehr konsequent fort und wollte die „Zusammensetzungen von Fossilien“ in anderen Zusammenhängen behandelt wissen.

Seine „Kurze Klassifikation der verschiedenen Gebirgsarten“, in der er eine systematische Darstellung der Gesteine gab (1786), war eines der ersten selbständigen Werke zur Petrographie in der Geschichte der Wissenschaft.

Der von Werner erarbeitete Mineralbegriff blieb für viele Jahrzehnte bis ins 20. Jahrhundert hinein richtungweisend. Das Kriterium der stofflichen Homogenität, die Zugehörigkeit zum Bereich der festen Kruste der Erde (bzw. eines anderen kosmischen Kleinkörpers) und die chemische Definition der Mineralsubstanz sind Momente in der Wernerschen Formulierung, die auch in modernen Diskussionen um das Wesen des Minerals eine tragende Rolle spielen.

Mit seiner Definition grenzte Werner die Mineralkörper eindeutig von Gesteinen, Versteinerungen und sogenannten Kunstprodukten ab, wodurch er im wesentlichen den Objektbereich bestimmte, der bis in die Gegenwart von der Mineralogie untersucht wird.

Unter Mineralogie verstand Werner noch die Gesamtheit dessen, was heute zum Komplex der geologischen Wissenschaften zusammengefasst wird.

Als er 1775 seine Lehrtätigkeit an der Bergakademie Freiberg aufnahm, war das Verständnis der Mineralogie bei vielen Gelehrten sehr umfangreich und weit. Die Mineralogie fasste danach alle naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zusammen, die zur damaligen Zeit über den festen Erdkörper vorlagen, und Werner wird wohl von einem derartigen Verständnis dieser Wissenschaft ausgegangen sein, als von ihm 1776 in Freiberg das erste „mineralogische Kollegium“ gelesen wurde.

Die Fülle des Faktenmaterials über die verschiedenen Probleme und Zusammenhänge der Erde hatte aber gerade in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts einen solchen Umfang angenommen, dass eine Differenzierung der damaligen Mineralogie unumgänglich geworden war. In dieser Situation bemühte sich Werner um eine Systematisierung der Erkenntnisse über die Erde und entwickelte einen Vorschlag für die Gliederung dieses Wissens in verschiedene Disziplinen, die seiner Meinung nach einen bestimmten Grad an Selbständigkeit erlangt hatten; gemeinsam aber zur damaligen Mineralogie gehörten.

Obwohl diese Gliederung unverkennbar durch Erfordernisse der Lehre an der Bergakademie motiviert war, sah Werner die Entstehung einer naturwissenschaftlichen Disziplin als objektiven historischen Prozess an. Dabei entwickelte sich seiner Meinung nach aus praktischen Erfahrungen eine gewisse Menge an Wissen, das mit der Herausbildung seines Systemcharakters zur Wissenschaft wurde.

Bereits in seiner kleinen Schrift von 1778 „Von den verschiedenerley Mineraliensammlungen ...“ deutete er mit seiner Empfehlung, die Kollektionen nach unterschiedlichen Gesichtspunkten anzulegen, eine bestimmte Gliederung des mineralogischen Wissens an. Diese Ansätze weiter verfolgend, gliederte Werner die Mineralogie etwa um 1790 in folgende fünf Spezialdisziplinen:

Oriktognosie

Mineralogische Chemie  
Geognosie  
Mineralogische Geographie  
Ökonomische Mineralogie.

Dabei ist seine Definition für die Oriktognosie von besonderem Interesse, da sich aus seinem Verständnis dieser Disziplin wesentliche Impulse für unsere Vorstellungen von der heutigen Mineralogie ergeben haben:

"Oriktognosie nenne ich diejenige mineralogische Doktrin, welche uns die Fossilien in einer natürlichern Ordnung, unter festgesetzten Benennungen und durch genau bestimmte Kennzeichen erkennen lehrt: zum Behuf einer leichten und sichern Unterscheidung, richtigen und genauen Vergleichung und verständiger und systematischer Übersicht dieser natürlichen Körper.

Die Oriktognosie hat es also bloß mit (der) Aufsuchung, Aufstellung und Erkennung der wesentlichen Verschiedenheiten der Fossilien zu tun; und zu diesem Zwecke klassifiziert, benennt und charakterisiert sie die Fossilien." [19, Bd. 10, Bl. 59]

Was die anderen genannten „Doktrinen“ Werners anbetrifft, so umfasste seine „Mineralogische Chemie“ wesentliche Elemente der späteren Mineralchemie, die „Geognosie“ bildete den Kern der eigentlichen Geologie (im engeren Sinne), die „mineralogische Geographie“ enthielt Erkenntnisse der heutigen regionalen Mineralogie und Lagerstättenlehre und seine „ökonomische Mineralogie“ solche der angewandten Mineralogie.

Mit der Gegenstandsbestimmung der „Oriktognosie“ wurde durch Werner überhaupt erstmalig der Bereich umrissen, den wir heute Mineralogie nennen. Es wurde damit die Selbständigkeit einer Wissenschaft unterstrichen, die auf Grund eines besonderen Gegenstands, einer großen Menge gewonnener Detailerkenntnisse und auch spezifischer Methoden einen beachtlichen Reifegrad erreicht hatte.

Ausgehend von der Oriktognosie, die im 19. Jahrhundert dann als Mineralogie bezeichnet wurde, entwickelte sich diese Disziplin zu einer tragenden Säule im heutigen System der geologischen Wissenschaften, das durch Werner eine erste Gliederung erfahren hatte.

### 4.3 Der Beitrag zur Methodik der Mineralogie

Das aktuelle Interesse an der Mineralogie während der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ließ das Wissen um die Möglichkeiten der Art und Weise der Mineralbestimmung zu einem weit gefächerten Erfordernis werden. Die wachsende Bergbauproduktion bedurfte rascher und zuverlässiger Bestimmungsmethoden für Minerale, um die Bedeutung der gewonnenen Abbauprodukte sicher erfassen zu können.

Viele Naturliebhaber sammelten Minerale, und die Zahl der Beiträge zu derartigen Themen wuchs in den entsprechenden Journalen spürbar an. In den zu dieser Zeit erschienenen Erdbeschreibungen, Grundrissen und Abhandlungen zur Mineralogie wurden einzelne Minerale umfänglich und wortreich dargestellt.

Ein ganz außerordentlicher Mangel, der allen diesen Werken trotz ihrer Bedeutung für

die Entwicklung der Mineralogie anhaftete, lag aber in der fehlenden Präzision bei der Beschreibung der Einzelminerale. Trotz einer ungeheuren Stoffmenge waren die Angaben nicht exakt genug, um auf dieser.

Grundlage die Minerale in der Natur unter den verschiedenartigsten Bedingungen sicher bestimmen zu können.

In dieser Situation veröffentlichte Werner 1774 sein Buch „Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien“, womit er eine Theorie der Mineralbestimmung vorlegte. Werners Ziel war es nicht, eine umfassende und detaillierte Gesamtdarstellung der Mineralogie seiner Zeit zu geben, Er griff die Mineraldiagnose als Kernfrage heraus und versuchte, diese Problematik so zu behandeln, um die in seinen Jahren dafür allein sicheren und ausreichenden Grundlagen zu systematisieren.

Sehr gründlich prüfte er alle entscheidenden Werke der Mineralogie auf ihren Gehalt an Aussagen über die äußeren Kennzeichen und kam zu dem Schluss, dass eine Bestimmung der entsprechenden Grundbegriffe fehlt:

"Um nun diesen Mängeln einigermaßen selbst abzuhelfen, so habe ich mich nicht allein bemüht, erstlich überhaupt den eigentlichen Begriff der äußeren Kennzeichen der Fossilien festzusetzen, und zweytens, ein jedes in Sonderheit so genau, als ich gekonnt habe, zu bestimmen; sondern ich habe auch angegeben, wie vollständig und gehörig geordnete Beschreibungen der Fossilien nach denselben zu machen sind." [1, S. 6 p.]

Hierbei ging Werner einen völlig neuen Weg für die Mineralogie. Waren alle bisherigen Schriften mit Angaben, Beobachtungen und Berichten über Einzelminerale und ihre Vorkommen vollgestopft, löste er sich von derartigen konkreten Schilderungen weitgehend und bemühte sich um verallgemeinernde Aussagen.

Er entwickelte eine Theorie von der Methode einer Wissenschaft, also in diesem Falle eine Methodologie der Mineralogie. Auf diese Weise verfaßte er die erste umfassende theoretische Schrift der Mineralogie überhaupt, die obendrein einem dringenden Erfordernis dieser Disziplin gerade in dieser Phase ihrer historischen Entwicklung entsprach.

Werner prüfte, welche Merkmale sich am schnellsten und sichersten erkennen lassen, welche ohne eine chemische Zerlegung der Substanz ermittelt werden können und welche am genauesten die einzelnen Mineralarten voneinander unterscheiden. Oberstes Prinzip war es ihm, jene Eigenschaften herauszuarbeiten, die auch wirklich wesentlich für das betreffende Mineral sind. Werner unterschied vier verschiedene Typen von Kennzeichen:

"Äußere Kennzeichen [1] sind diejenigen, welche wir bloß durch unsere an der Zusammensetzung oder dem Aggregat der Fossilien, welche man auch das Äussere derselben nennt, aufsuchen...

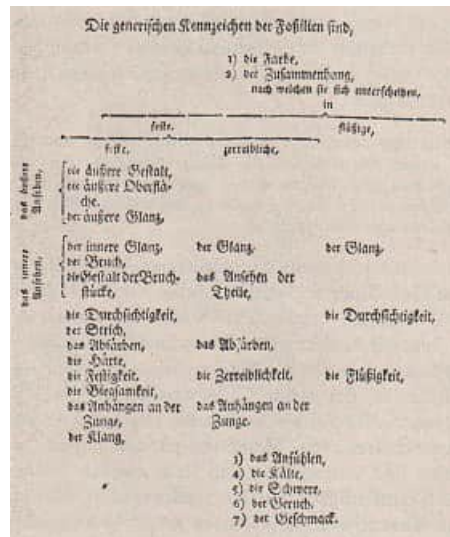
Innere Kennzeichen [2] sind die, welche wir bei der Zerlegung ihrer Mischung nehmen: Und sie heißen auch chemische ...

Physikalische Kenzeichen [3] sind die, welche von besonderen physikalischen Eigenschaften der Fossilien hergenommen werden, die man aus dem Verhalten der Fossilien gegen andere Körper so man [sie] dazu bringt, bemerkt.

Empirische Kennzeichen [4] nenne ich diejenigen, welche man zu der Beurteilung eines

Fossils von dem Orte, wo es bricht [vorkommt] und von den Fossilien, mit denen es bricht, hernimmt ..."[1, S. 32]

In den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts waren die äußeren Kennzeichen am ehesten geeignet, zu einer schnellen und praktisch anwendbaren Mineralbestimmung zu kommen. Die Entwicklung analytischer Verfahren auf der Basis spezifischer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse steckte noch in ihrem Frühstadium, so dass Bestimmungsverfahren auf exakt physikalischer oder chemischer Grundlage nur zu Teilerfolgen führen konnten.



7 Übersicht zu verschiedenen äußeren Kennzeichen von Mineralen (Werner: Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien. Leipzig 1774. S. 86)

Chemiker wie Torbern Bergman, Martin Heinrich Klaproth oder Louis Nicolas Vauquelin bemühten sich zwar sehr darum, die exakte chemische Zusammensetzung der Minerale zu ermitteln, praktisch handhabbare Analysenmethoden waren damit aber noch nicht gegeben. Weitgehend sicher war man bei der Diagnose nur dann, wenn möglichst viele typische Elemente des charakterisierenden Merkmalkomplexes eines Minerals für seine Bestimmung herangezogen wurden.

Mit der Orientierung auf die äußeren Kennzeichen hatte Werner nicht nur die Gewähr für die höchstmögliche Richtigkeit einer Diagnose bei der Mineralbestimmung, sondern auch für die leichte Handhabung und ihren Erfolg im praktischen Leben.

Entscheidendes Kriterium für die Anwendbarkeit dieses Bestimmungsverfahrens war seine Anwendung auch in der montanistischen Produktionspraxis, die in der Geschichte immer mit der Entwicklung mineralogischer Erkenntnisse und Methoden in lebhafter Wechselwirkung stand.

Die Abb. 7 gibt einen Einblick in Werners System der äußeren Kennzeichen. ;

Die Aufreihung einzelner Eigenschaften in dieser Folge entspricht Gesichtspunkten des Messens. Daraus darf wohl auch geschlossen werden, dass Werner mit diesen Verfahren in der Darstellung und Handhabung von Kennzeichen in gewisser Weise als Wegbereiter quantifizierender Methoden in der Mineralogie angesehen werden kann.

Sehr konsequent hat Werner die Begriffe der Kennzeichen von Mineralen definiert und



während seines ganzen Lebens in Publikationen und vor allem in der Lehre über seine Schüler verbreitet.

Dabei versuchte er auch die Quantifizierung von Eigenschaften in gewisser Weise zu berücksichtigen. Offenbar aus der Reihung und der Stufung im Maß des Vorhandenseins einer Eigenart entwickelte Werner die Vorstellung, dass die Quantität einer bestimmten Qualität für eine Mineralart charakteristisch sei.

Ganz offensichtlich entsprach die Methodik Werners praktischen wissenschaftlichen Bedürfnissen am Ende des 18. Jahrhunderts in der Mineralogie. Die von ihm vertretene Vorstellung, dass auf der Basis einer genauen allgemeinen Charakterisierung der verschiedenen äußeren Kennzeichen von Mineralen auch die eindeutige Diagnose von in der Natur auftretenden Mineralindividuen möglich ist, erwies sich nicht nur als prinzipiell richtig, sondern auch als praktisch anwendbare Methode. Einem mineralogischen Lehrbuch machte er zur Aufgabe, dass man beim Aufschlagen desselben von einem Fossil, welches man bloß dem Namen nach kenne, den vollständigen Begriff bekomme; oder von einem Fossil, welches man gefunden und an dem man die äußerlichen Kennzeichen aufgesucht habe, zu erfahren, wie es heiße und welchen Platz es in dem System der Fossilien einnehme. [1, S. 15]

Dieser Weg wurde zu einem weithin praktizierten Verfahren und dieser Ansatz zur Grundidee zahlreicher Bücher für die Mineralbestimmung im 19. und 20. Jahrhundert. Werner wurde mit seinem System der äußeren Kennzeichen weltberühmt, und schon zu seinen Lebzeiten feierte man ihn als Meister dieser Bestimmungsmethode von Mineralen, der nichts Gleichwertiges an die Seite gestellt werden konnte.

Tatsächlich hat Werner alle zu seiner Zeit erkennbaren Eigenschaften von Mineralen so ausführlich und gründlich bestimmt und beschrieben, dass kein zweiter Mineraloge eine solche Vollständigkeit in der systematischen Darstellung der äußeren Kennzeichen nach ihm zu erreichen vermochte.

Diese Tatsache wurde durch das Urteil eines prominenten Zeitgenossen bestätigt. Der französische Abbe Rene Just Haüy schrieb dazu 1804 in seinem Lehrbuch der Mineralogie:

"Man ist indessen heut zu Tage ... darüber allgemein einverstanden, dass die bloße Beschreibung der Mineralien vermittels ihrer äußeren Kennzeichen alles enthält, was zu ihrer Unterscheidung voneinander erforderlich ist. Nichts hat der Methode, die vorzugsweise von den äußeren Kennzeichen Anwendung macht, im ganzen gelehrten Europa mehr Eingang verschafft, als die Vollkommenheit, bis auf welche sie unter Werners Händen gestiegen ist. Dieser berühmte Gelehrte hat sie in ein vollständiges System gebracht, worin alles, was von einem Mineral unsere Sinne zu affizieren im Stande ist, alles, was es in seinen mannigfaltigen. Eigenschaften für dieselben empfänglich gibt, mit Sorgfalt angegeben ist..." [63, Bd. 1, S. 31 f.]

Trotz dieser hohen Wertschätzung charakterisieren Werners Leistungen auf dem Gebiet der mineralogischen Kennzeichenlehre, seine Bemühungen um klare Begriffsbildungen und eindeutige Benennungen ihn als Vertreter der beschreibenden Phase in der Geschichte der Mineralogie. Das ist der Abschnitt in der Entwicklung dieser Wissenschaft,

der noch stark durch die naturhistorische Methodik geprägt war, die für die Mineralogie durch Werner zu ihrem Höhepunkt und auch zu einem gewissen Abschluss geführt wurde.

Trotzdem blieb seine Methodik der Mineralbestimmung für das ganze 19. Jahrhundert überall dort, wo die Mineralogie praktisch gehandhabt wurde, von grundlegender Bedeutung und wurde höchstens durch die Lötrohrprobierkunde ergänzt. Und obwohl natürlich die verschiedenen Methoden zur Diagnose von Mineralen bis zur Gegenwart enorm entwickelt und verfeinert wurden, gehört auch heute noch die Mineralbestimmung auf der Grundlage ihrer äußeren Kennzeichen zu den praktizierten Verfahren bei Mineralsammlern und bewährt sich nach wie vor bei ersten Orientierungen auch der Mineralogen, Lagerstättengeologen und Bergingenieure.

#### **4.4 Werners Arbeiten auf dem Gebiet der speziellen Mineralogie**

Auch die praktische mineralogische Arbeit auf den Gebieten der Forschung und Lehre hat Werner zahlreiche interessante Impulse und wirkungsvolle Resultate zu verdanken. Die auszubildenden Studenten waren mit dem modernsten theoretischen Wissen, aber auch praktisch anwendbaren Fertigkeiten auszurüsten. Darauf war bereits Werners mineralogische Methodenlehre ausgerichtet, aber auch seine gesamte wissenschaftliche Arbeit an der Bergakademie diente diesem Ziel.

Er galt als hervorragender Könnner auf dem Gebiet der Mineralbestimmung, und viele seiner das Wesentliche treffenden Mineralbeschreibungen sind in den Schatz des mineralogischen Wissens eingegangen. Eine Reihe von Mineralen hat er als selbständige Arten entdeckt wie z. B. Aragonit (1796), Kaeinthin (1817), Karpholit (1817), Leucit (1791), Prehnit (1789), Pyrrhotin (1789) und Vesuvian (1795).

Von besonderer Bedeutung ist aber auch die Tatsache, dass zahlreiche Minerale von ihm als ersten gründlich und treffend charakterisiert wurden und sie uns im wesentlichen auch noch heute unter dem von Werner gewählten Namen geläufig sind. Das gilt u.a. für folgende Minerale: Anhydrit (1804), Apatit (1786), Augit (1792), Boracit (1789), Graphit (1789), Grossular (1811), Helvin (1817), Olivin (1790), Zirkon (1783), Zoisit (1805).

Werner verbreitete seine mineralogischen Auffassungen vor allem im Rahmen seiner jahrzehntelangen Lehrtätigkeit über seine Schüler in Freiberg. 1780 wurde aber auch von ihm „Axel von Cronstedts Versuch einer Mineralogie“ in Leipzig als Neuübersetzung aus dem Schwedischen veröffentlicht. Obwohl diese Arbeit, die in vier Bänden erscheinen sollte, nicht beendet wurde, zeigte Werner in dieser Publikation, wie er die Anwendung der von ihm entwickelten Kennzeichenlehre an den konkreten Objekten zu handhaben verstand.

Er bediente sich einer präzisen mineralogischen Terminologie, gab mustergültige Beschreibungen der einzelnen Mineralarten und trennte auf der Grundlage seiner Methode bis dahin häufig miteinander verwechselte Minerale. Damit wurde deutlich, auf welche Weise Werners Vorstellungen in der Mineralogie wirksam werden konnten.

Auch das durch ihn verfasste „Verzeichnis des Mineralkabinetts des Berghauptmanns Pabst von Ohain“, das 1791 und 1792 in zwei Bänden erschien, vermittelt uns Vorstellungen darüber, welchen wissenschaftlichen Wert Werner dem systematischen Aufbau von Mineralsammlungen beimaß und wie er sie anzulegen vorschlug. Diese beiden mineralogischen Arbeiten gehören zu den umfangreichsten gedruckten Publikationen Werners überhaupt.

Die wachsende Zahl der neu entdeckten und beschriebenen Minerale im 18. Jahrhundert verlangte nach Ordnung und Systematisierung. Wie viele andere Mineralogen seiner Zeit schenkte Werner deshalb der ganzen Problematik der Klassifikation der Minerale große Aufmerksamkeit. Sammeln, Beschreiben und Klassifizieren waren durch die Naturgeschichte geprägte wissenschaftliche Tätigkeiten von Gelehrten, die in solchen Disziplinen wie der Botanik oder Mineralogie während der letzten Jahrzehnte des 18. Jahrhunderts eine bestimmende Rolle spielten.

Was Linne mit seinen systematisierenden Arbeiten in der Botanik erreicht hatte, versuchte Werner offensichtlich für die Mineralogie zu leisten. Wenn Werner auch in der Mineralbestimmung das eigentliche Ziel seiner wissenschaftlichen Arbeiten sah, hat er sich um die Fragen der Klassifikation doch in erheblichem Maße bemüht. Auf der Grundlage vieler verschiedener Vorarbeiten, die in den Manuskripten seines wissenschaftlichen Nachlasses erhalten sind, veröffentlichte er 1816 eine besondere „Orykto-gnostische Klassifikationslehre“.

Hier legte er eine Theorie der Klassifikation vor und durchstieß so den Kreis der sich im Prinzip immer wiederholenden, auf die eine oder andere Weise veränderten Ordnungsversuche für Minerale. Obwohl das von ihm erarbeitete und in der Lehre vertretene Mineralsystem eine weite Verbreitung fand, ist seine Leistung auf diesem Gebiet vor allem wegen der theoretischen Durchdringung der Klassifikationsproblematik originell und richtungweisend. Er leistete damit einen weiteren wesentlichen Beitrag zur Theorie der Mineralogie und unterstrich auf diese Weise ein spezifisches Element dieser wissenschaftlichen Disziplin.

Beim Aufbau einer Mineralklassifikation sah Werner drei Aufgaben bzw. Arbeitsschritte, die er „Gattierung“, „Gradierung“ und „Reihung“ nannte.

Die Gattungen der Minerale – wir sprechen heute von Mineralarten – sind im Wernerschen Klassifikationssystem als Grundbausteine anzusehen. Deshalb ist die Ermittlung der Gattung für Werner überhaupt der erste Schritt jeder Mineralklassifikation („Gattierung“). Die Gattung wird durch die verschiedenen äußeren Kennzeichen charakterisiert, wobei einige als besonders wesentlich hervorgehoben werden. Als weitere mögliche Kriterien werden chemische und physikalische Kennzeichen sowie geognostische und geographische Angaben angesehen. Bei diesem ersten Schritt soll zunächst das in seinem Wesen bestimmt werden, was überhaupt zu klassifizieren ist.

Entsprechend dem jeweils allgemeinen oder spezielleren Charakter der zu klassifizierenden Mineralmerkmale ergeben sich verschiedenartige Klassifikationsstufen, die sich dem Niveau der Gattung gegenüber entweder über- oder unterordnen. Nach der Diagnose der Gattung sieht Werner im Aufsuchen und Bestimmen der höheren und niederen (d.h. allgemeinen oder speziellen) Klassifikationsstufen den zweiten wesentlichen Schritt beim

mineralogischen Klassifizieren („Gradierung“).

Dabei ergibt sich das System im wesentlichen aus den der Gattung über- und untergeordneten Stufen der Klassen des gesamten Mineralreichs, Werner verwendet für die einzelnen Klassifikationsstufen nicht nur einheitliche Begriffe; er definiert sie auch. Ausgehend von der Gattung sind die „Sippschaft“, das „Geschlecht“ und die „Klasse“ übergeordnet, die „Art“ und „Abänderung“ untergeordnet.

In der Tabelle soll ein Überblick zu Werners Klassifikationsstufen mit einem Mineralbeispiel gegeben werden, der gleichzeitig einen Vergleich mit modernen Auffassungen über den Stufenaufbau der Mineralsystematik gestattet.

Klassifikationsstufen im Mineralbereich

A. G. Werner (1816)		H. Strunz (1966)	
Klassifikationsstufe	Beispiel	Klassifikationsstufe	Beispiel
Klasse	Erdige Fossilien	Klasse	Oxide und Hydroxide
Geschlecht	Kiesel-Geschlecht	Abteilung	MO <sub>2</sub> - und verwandte Verbindungen
Sippschaft	Sippschaft des Quarzes	Gruppe oder Reihe	Quarz-Gruppe
Gattung	Kalzedon	Art	Quarz
Art	Karniol	Varietät	Chalcedon
Abänderung	fasriger Karniol	Subvarietät	Carneol

In den verfloßenen mehr als 150 Jahren haben sich in der Ordnung der Minerale zweifellos tiefgreifende Veränderungen ergeben. In verschiedener Hinsicht bewährt hat sich jedoch die durch Werner herausgearbeitete Stufenfolge in der Klassifikation, die es vorher für Minerale in dieser Klarheit und Konsequenz nicht gab.

Das von ihm theoretisch begründete Gerüst der Mineralsystematik hat die Zeit überdauert; verändert haben sich die Gesichtspunkte, nach denen diese Ordnung aufgebaut wird. Werner ging von den äußeren Kennzeichen der Fossilien aus, die moderne Mineralsystematik nach Strunz ist auf kristallchemische Kriterien gegründet.

So tiefgreifend diese Unterschiede auch sind, haben sich einzelne Phänomene der Wernerschen Klassifikationssystematik doch bewährt.

Der dritte Schritt bei der Klassifikation der Minerale ist die sogenannte „Reihung“. Werner verstand darunter die Ermittlung der Beziehungen zwischen den verschiedenen Gliedern auf einer bestimmten Klassifikationsstufe. Diese nicht unwesentlichen Zusammenhänge versuchte Werner als erster bewusst in die ganze Klassifikationsproblematik einzubeziehen.

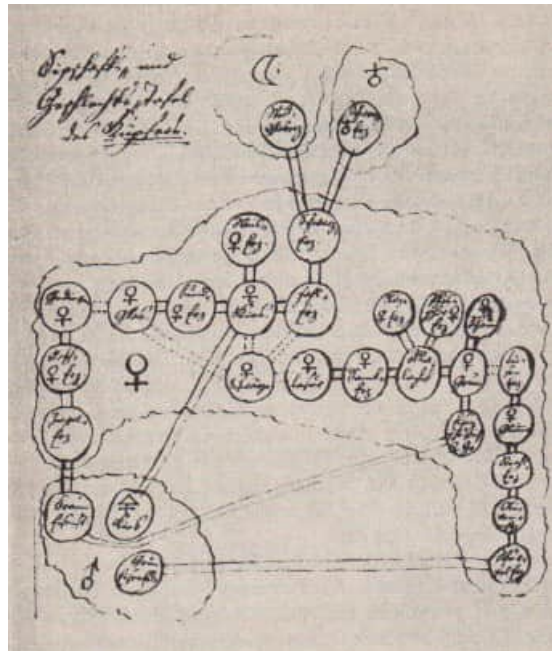
Freilich hatten die Mineralogen schon vor ihm ebenfalls bestimmte Gruppen z. B. auf der Klassifikationsstufe von Gattungen zusammengestellt. Die Beziehungen der einzelnen Elemente in so einer Gruppe ergaben sich dabei aus gleichen chemischen Bestandteilen oder ähnlichen Kennzeichen. Werner unterschied für die Beziehung zwischen den einzelnen Gliedern zwei Möglichkeiten: den „Übergang“ und das „Aneinanderstoßen“.

Der „Übergang“ ist durch eine innige Verwandtschaft und ein kontinuierliches Verschmelzen der benachbarten. Glieder gekennzeichnet. Demgegenüber soll das „Aneinanderstoßen“ zwar Verwandtschaft ausdrücken, jedoch ist der Zusammenhang zwischen den einzelnen Elementen der Gesamtheit nicht fließend, sondern diskontinuierlich. „Übergang“ und „Aneinanderstoßen“ drücken die Verhältnisse der Verwandtschaft

zwischen den Mineralen aus. Werner zeigt als Beispiel das Kupfergeschlecht und stellt in einer Skizze die Beziehungen zwischen den Mineralen dieser Gruppe dar.

Die gesamte Klassifikationstheorie Werners ist aber vor allem hinsichtlich ihrer konkreten Auswirkungen auf die von ihm ausgearbeitete und verbreitete natürliche Ordnung der Minerale bedeutsam. Diese Systematik ist ein wesentliches Element der Mineralogie überhaupt, das bis in die Antike zurückverfolgt werden kann und das wegen seiner fundamentalen Bedeutung im Verlauf der wissenschaftsgeschichtlichen Entwicklung bis in die Gegenwart immer wieder diskutiert und verbessert wurde.

Werner veröffentlichte seine Systematik während seiner über vierzigjährigen Lehrtätigkeit als Mineraloge mehrfach. Zwischen der ersten und letzten Ausgabe erhöhte sich die Zahl der im System Werners erfassten Minerale von 183 auf 317, wobei eine wesentliche Bereicherung vor allem in den Klassen der erdigen und metallischen Fossilien erfolgte. Zahlreiche weitere Minerale hatte er in sein System noch nicht aufgenommen, weil ihm über diese Arten zu wenig bekannt war, er sie noch nicht persönlich ausreichend geprüft hatte oder sie einfach nicht anerkannte.



8 Werners Entwurf einer „Sippschafts- und Geschlechtstafel des Kupfers“, mit der er über den Chemismus und bestimmte Eigenschaften hinaus auch die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Mineralen zu zeigen versuchte. Werner benutzte bei seinem Schema die damals z. T. noch üblichen Symbole für verschiedene Elemente.

Die Einteilung der Klassen in der Wernerschen Systematik geht auf die Grundidee von Ibn Sina (Avicenna) im 11. Jahrhundert zurück und sprengt scheinbar mit ihrer Grundgliederung in erdige, salzige, brennbare oder metallische Minerale den traditionellen Rahmen nicht. Schaut man nur auf die Klassen, muten Werners Auffassungen ausgesprochen konservativ an. Bleibt er hier voll dem System der äußeren Kennzeichen treu, versuchte er bei den Gattungen konsequent dem chemischen Gliederungsprinzip zu folgen.

Bereits 1774 vertrat er in seiner ersten großen mineralogischen Arbeit recht prinzipiell die Meinung, dass eine Klassifikation nur auf der Grundlage chemischer Kriterien

durchzuführen ist:

"Die Fossilien müssen bis auf ihre Gattungen herunter nach ihrer Mischung eingeteilt werden. Denn ein Mineralsystem hat keinen anderen Zweck, als die natürliche Folge oder Reihe der verschiedenen Fossilien zu bestimmen, und je genauer dieses darinnen geschieht, je vollkommener wird das Mineralsystem sein: Nun liegt aber die wesentliche Verschiedenheit der Fossilien in ihrer Mischung..." [1, S. 20]

Die Orientierung auf die „Mischung“, d. h. die chemische Zusammensetzung als Grundlage für die Klassifikation, entsprach dem wissenschaftlichen Fortschritt zu dieser Zeit. Allerdings bestand zwischen der beabsichtigten chemischen Mineralsystematik und den tatsächlichen Voraussetzungen dafür von den zeitbedingten Möglichkeiten her doch ein gewisser Unterschied.

Werner scheint in den späteren Jahren diesen Realitäten Rechnung getragen zu haben und wich von seiner ursprünglichen Konsequenz bei der Propagierung allein chemischer Klassifikationskriterien ab. Er erkannte, dass die Chemiker die Zusammensetzung der Minerale nicht mit letzter Sicherheit angeben konnten.

Trotz dieser Einschränkungen darf nicht übersehen werden, dass Werner im wesentlichen eine chemische Mineralsystematik anstrebte. Der schwedische Chemiker Jöns Jakob Berzelius bestätigte das mit den Worten: „Die Anlage in Werners System ist ganz und gar chemisch, und alle seine Abteilungen gründen sich auf die Zusammensetzung: ...“ [54, S. 64]

Es ist deshalb durchaus verständlich, warum gerade ein Schüler Werners bereits 1797 ein chemisches Mineralsystem entwickelte. Henrik Steffens gliederte die Minerale in folgende Klassen: Gediegene Metalle, Sulfide, Oxide der Metalle, Silikate, Karbonate, Kohlen. Obwohl mit Mängeln behaftet, handelt es sich hier doch um die erste chemische Mineralklassifikation in Deutschland, die dann im 19. Jahrhundert weiter ausgearbeitet wurde und auch die entsprechenden Grundvorstellungen noch im 20. Jahrhundert ganz wesentlich prägte.

Werner selbst erfasste den großen Wert chemischer Erkenntnisse für die Mineralogie über ihre Bedeutung für die Klassifizierung hinaus. In dieser Frage knüpfte er vor allem an die Arbeiten der schwedischen Chemiker-Mineralogen Johann Gottschalk Wallerius, Axel von Cronstedt und Torbern Bergman an.

Besonders verdient machte sich Werner um die Aufdeckung der Beziehungen von Eigenschaften und Chemismus der Minerale. Er meinte, dass je nachdem sich die Mischung abändert, sich auch die Zusammensetzung ändern müsse, und dass also, da die Mischung das Wesentliche der Fossilien ausmacht, die äußerlichen Kennzeichen auch zuverlässig die wesentlichen Verschiedenheiten derselben anzeigen. [1, S. 36]

Mit dieser Idee und entsprechenden praktischen Arbeiten überwindet Werner die bloß beschreibenden Darstellungen von Mineraleigenschaften. Mit der Erörterung der chemischen Zusammensetzung und ihrer Beziehung für die äußeren Kennzeichen geht er auf die Verursachung der Eigenschaften zurück. Dabei verabsolutiert Werner den Zusammenhang nicht und wendet sich gegen eine direkte und einfache Relation zwischen Chemismus und Eigenschaften.

Seiner Meinung nach ist ein unmittelbarer Schluss aus einem besonderen Merkmal auf eine bestimmte Zusammensetzung oder umgekehrt nicht möglich. Diese Einschränkungen spiegeln den damaligen Stand der Erkenntnis wider, Erst in späterer Zeit hat sich erwiesen, dass neben der chemischen Zusammensetzung die Struktur in wesentlichem Maße die Eigenschaften der Substanz bestimmt. In einer Zeit, in der richtige Vorstellungen über den prinzipiellen Feinbau der Minerale noch fehlten, tangierte Werner mit seinen Vorstellungen der ihm gegebenen Erkenntnismöglichkeiten.

Für Werner war es wichtig, neben den äußeren Kennzeichen die chemische Zusammensetzung der Minerale („Mischung“) zu bestimmen und zu kennen. Es spricht für die Bedeutung, die er der chemischen Mineraluntersuchung beimaß, wenn er alle diese Fragen einer selbständigen naturwissenschaftlichen Disziplin zuwies, der „mineralogischen Chemie“. Hier sollten die Kenntnisse dargelegt werden, die die einzelnen Minerale chemisch charakterisieren und so letztlich eine natürliche Systematik gestatten. Er definierte:

"Unter mineralogischer Chemie ist diejenige mineralogische Doktrin zu verstehen, welche uns nicht allein die Fossilien zerlegen lehrt, sondern auch und vorzüglich mit den bereits vorhandenen Zerlegungen der verschiedenen Gattungen derselben und mit allen dabei bemerkten Phänomenen bekannt macht." [19, Bd. 10, Bl. 606]

Im weiteren forderte er nach einleitenden Bemerkungen über Zweck, Nutzen und Geschichte dieser Disziplin die Darstellung aller chemischen Grundlagen. Dann erläuterte er die für diesen Gegenstand wesentlichen Begriffe und schilderte den planmäßigen Ablauf einer chemischen Mineralanalyse.

Ausführlich erklärt er die Bestandteile eines mineral-chemischen Laboratoriums und diskutiert anschließend die einzelnen analytischen Arbeiten. Bei der eigentlichen chemischen Untersuchung unterscheidet er die trockene und nasse Zerlegung sowie die Zerlegung von Gasarten. Hier werden viele einzelne Verfahren genannt, die von Werners Kenntnissen auf chemischem Gebiet zeugen.

Er gibt an, welche Beobachtungen gemacht werden können, und greift bei der Charakterisierung der einzelnen Erscheinungen auf die mineralogische Terminologie zurück.

Auch bei dieser Frage blieb Werner nicht im Theoretischen stecken oder beschränkte sich auf die Forderung nach chemischen Daten. Er arbeitete selbst chemisch, wenn er auch bei schwierigen Analysen die Hilfe so bekannter Chemiker wie Klaproth und Bergman in Anspruch nahm, mit denen er in Verbindung stand. Die Aufgeschlossenheit Werners gegenüber der Chemie war offensichtlich und trug zur Entwicklung der Mineralogie in hohem Maße bei.

Eine aktuelle wissenschaftliche Problemstellung war auch aus der Sicht eines Mineralogen am Ende des 18. Jahrhunderts sein Verhältnis zur Kristallographie, einer Disziplin, die in dieser Zeit gerade kräftig erblühte und sich im darauffolgenden Jahrhundert insbesondere im Schoß der Mineralogie weiterentwickelte. Werner schenkte kristallographischen Problemen im Rahmen seiner mineralogischen Arbeiten eine gebührende Aufmerksamkeit, beschäftigte sich mit Fragen der Kristallformen und ihren Entstehungen, ohne jedoch dabei so richtungweisende theoretische Leistungen zu vollbringen wie insbesondere seine französischen Zeitgenossen Rome Delisle oder Rene Just Haüy.

Trotzdem sind einige Gedanken von Werner zu dieser Fragestellung von besonderem Interesse, da sie von einer treffenden Problemsicht zeugen. So gab er eine Definition für die „Kristallisation“, die eine deutliche Unterscheidung vom Begriff des „Fossils“ (Mineral) erkennen lässt und sowohl für die Mineralogie als auch die Chemie gleichermaßen gültig und in den Grundaussagen lange Zeit bestimmend war:

"Der Mineraloge und Chemiker bezeichnet mit dem Ausdruck Kristallisationen diejenigen regelmäßigen, vielfächigen, äußeren Gestalten mechanisch einfacher, chemisch zusammengesetzter Körper, welche sich durch eine ihnen beiwohnende innere Kraft gebildet haben. Kristallisationen sind also diejenigen natürlich sich bildenden äußeren Gestalten chemisch sich erzeugter Körper, deren Umriss aus einer bestimmten Anzahl Flächen besteht, die auf eine bestimmte Art zusammengesetzt sind. Kommen diese regelmäßigen Gestalten bei Fossilien vor, so sind es Kristallisationen der Fossilien..." [19, Bd. 13, Bl. 309]

Aus dieser gegebenen Definition lässt sich die Folgerung ziehen, wonach der von Werner bestimmte Kristallbegriff weiter gefasst wurde als der Mineralbegriff. Auf diese Weise wurden von ihm prinzipiell Zusammenhänge und Beziehungen in der objektiven Realität erkannt und dargestellt, von denen auch wir in der Gegenwart bei der Bestimmung des Wesens von Kristallographie und Mineralogie ausgehen.

Seinen Überlegungen zur Genese von Kristallen legte Werner Beobachtungen über das Kristallwachstum in Salzsiedereien und bei chemischen Versuchen zugrunde. Seine Beschäftigung mit zeitgenössischen Problemen des Salinenwesens haben ihn möglicherweise ebenfalls zu Einsichten über die mögliche Geschwindigkeit und Art des Kristallwachstums geführt.

Nicht unwichtig für die Mineralogie insgesamt waren seine Beobachtungen über die verschiedenartigen Kristallgestalten ein- und derselben Mineralart, die Charakteristika von Tracht und Habitus sowie die Versuche, das Phänomen unterschiedlicher Kristallformen zu erklären. So versuchte er, die verschiedenen Formen des Bleiglanzes (Galenit) aus ihrem Silbergehalt zu erklären:

"Übrigens scheint mir, soviel ich bemerkt habe, der mehrere oder kleinere Silbergehalt an der Verschiedenheit der Kristallisationen des Bleiglanzes Ursache zu sein, so dass die Kristallisation desselben, wenn er mehr Silber enthält, oktaedrisch, und wenn er weniger enthält, würfelig ist." [1, S. 187 f.]

Gerade dieser außerordentlich modern anmutende Erklärungsversuch aus dem Jahre 1774 zeugt wiederum von dem Bemühen, das Stadium der bloßen Beschreibung in der Mineralogie zu überwinden und Deutungen zu erreichen.

Publikationen, Manuskripte, Vorlesungsmaterialien, Modelle und zahlreiche andere Dokumente belegen Werners vitales Interesse an Fragen der Kristallographie. Eigene Forschungsarbeiten mit wesentlicher Bedeutung für seine Zeit haben sich jedoch nicht ergeben. Gelegentlich beklagte er den unbefriedigenden Stand der kristallographischen Arbeiten in Deutschland und verwies offensichtlich in seinen mineralogischen Kollegien auf die Bedeutung dieses Gebietes wenigstens für die Mineralogie.



So hat offensichtlich auch der erste Inhaber des Lehrstuhls für Mineralogie an der 1810 in Berlin gegründeten Universität Christian Samuel Weiss während seines Studiums in Freiberg bei Werner starke Impulse erhalten, die ihn zu einem der bedeutendsten Kristallographen des 19. Jahrhunderts werden ließen.

## 4.5 Die mineralogische Lehre Werners

Werner gehörte zu den Gelehrten, die im 18. Jahrhundert als erste die Mineralogie in die Lehre einführten. Bereits 1775/76 hält er in Freiberg an der Bergakademie ein Kolleg zur Mineralogie und beginnt mit einem mineralogischen Praktikum. Seit dieser Zeit wird in Freiberg - von unbedeutenden Unterbrechungen abgesehen - Mineralogie gelehrt.

Werner begann in seinen Vorlesungen zur Mineralogie mit den Darlegungen seiner Vorstellungen zu den äußeren Kennzeichen der Fossilien und folgte nach eigenen Angaben bei der Erläuterung der Eigenschaften der einzelnen Minerale dem Inhalt nach der Mineralogie Axel von Cronstedts.

1781/82 plante er zusätzlich „Mineralogische Geographie“ zu lesen und kündigte 1788 erstmalig unter „Oriktognosie“ das an, was sich im Verlauf der weiteren historischen Entwicklung als Kernstück der heutigen Mineralogie erwiesen hat.

1804 berichtete er über eine durchgeführte Lehrveranstaltung zur „Literaturgeschichte der Mineralogie“ im Vorjahr, in der er über Publikationen zu dieser Wissenschaft in der Vergangenheit und seiner Zeit vorgetragen hatte. Das war eine der ersten Lehrveranstaltungen mit wissenschaftshistorischem Charakter zu einem naturwissenschaftlichen Gegenstand überhaupt in der Geschichte.

Sich auch diesen Fragen der Mineralogie zuzuwenden, entsprach Werners Auffassung von der Wissenschaft, die noch weitgehend durch die Ideale der bürgerlichen Aufklärung geprägt war und sich nicht in disziplinärer Enge erschöpfte, sondern die Wissenschaften trotz innerer Differenzierungen noch als homogenes Ganzes betrachtete.

Für Werner war es selbstverständlich, dass der Umgang mit Mineralen im direkten Zusammenhang mit dem entsprechenden Vorlesungsstoff im Studiengang für das Kennenlernen der verschiedenen Arten und ihrer Varietäten unbedingt notwendig war.

Einer der prominentesten: Schüler Werners, der bereits erwähnte Ch. S. Weiss, schrieb über diese Lehrmethode:

"Werners Oriktognosie lebt ganz und durchaus in der Anschauung. Das Bild der sinnlichen Anschauung der Gegenstände vollständig und genau aufzufassen und in Worten deutlich ausgeprägt wiederzugeben, war die Seele seiner oriktognostischen Methode. Werte, Kennzeichen, Beschreibungen waren nur das Mittel; die sinnliche Anschauung, welche ihm klar und lebhaft vorschwebte, wieder zu erwecken, war das Ziel." [28, S. 83 f.]

Auf diese Weise versuchte der Lehrer bei klarer Definition der einzelnen Elemente mineralogischen Wissens, was immer mit einer gewissen Vereinseitigung und Entfernung vom eigentlichen zu studierenden Naturobjekt verbunden war, die Mannigfaltigkeit und Zusammengehörigkeit der verschiedenen Merkmale von Mineralen im Unterricht die

Schüler anschaulich erleben zu lassen.

Dabei versuchte er die verschiedenen Sinneseindrücke zu aktivieren und gebrauchte dafür nicht nur das gesprochene Wort, sondern auch die Minerale als Anschauungsobjekt in der Lehre.

Auch das selbständige Sammeln von Mineralen gehörte seiner Meinung nach zu den Pflichten der Studierenden. Das setzte klare Vorstellungen bei Werner über die Bedeutung und die verschiedenen Typen von Mineralsammlungen voraus, sollten sie nicht nur modische Renommierkabinette sein, sondern auch gezielt der wissenschaftlichen Erkenntnis dienen. So veröffentlichte er 1788 eine kleinere Arbeit „Von den verschiedenen Mineraliensammlungen, aus denen ein vollständiges Mineralienkabinett bestehen soll“, in der er ein wissenschaftlich begründetes Programm für den Aufbau derartiger Kollektionen vorstellte. Darin schlug er fünf verschiedene Sammlungstypen vor, die folgenden Gesichtspunkten folgen sollten:

1. Sammlung nach den Kennzeichen, um die verschiedenen Eigenschaften von Mineralen seinen Auffassungen entsprechend systematisch zu demonstrieren;
2. Sammlung nach der natürlichen Ordnung der Minerale, wie sie in Geschlechtern, Gattungen, Arten usw. gegliedert wurden;
3. Sammlung der verschiedenen Gesteine („Gebirgsarten“), ihren natürlichen geologischen Bildungsbedingungen entsprechend;
4. geographische oder Suitensammlung, in der die in einer bestimmten geologischen Region oder einer Lagerstätte auftretenden Minerale und Gesteine zusammengestellt sind;
5. Ökonomische Sammlung, in welcher die Minerale „nach dem verschiedenen Gebrauch, der von ihnen gemacht wird“ geordnet sind.

Werner empfahl die Anlage derartiger Sammlungen sowohl zur Verwendung in der Lehre als auch Fürsten und Königen, Gelehrten und anderen Gesellschaften sowie Bergämtern. Damit entsprach er nicht nur der Lehre und dem allgemeinen gesellschaftlichen Interesse, das dem Sammeln von Mineralen entgegengebracht wurde, sondern regte mit der Empfehlung an die Bergämter auch eine Dokumentation der Förderprodukte in den einzelnen Revieren an, was sowohl von praktischer als auch wissenschaftlicher Bedeutung war.

Er selbst baute seinen Prinzipien entsprechend eine eigene große private Mineralsammlung auf, in die er durch Ankauf ein beträchtliches Vermögen investierte und die später durch Schenkungen seiner Schüler durch Belegstücke aus vielen Ländern der Erde eine beträchtliche Bereicherung erfuhr.

1814 verkaufte er diese Sammlung an die Bergakademie Freiberg zu verhältnismäßig günstigen Bedingungen für die Bildungseinrichtung, nachdem er bereits über Jahrzehnte seine Lehrveranstaltungen zur Mineralogie mit seinen privaten Sammlungsstücken veranschaulichte. Bei seinen privaten Sammlungen handelte es sich um mehr als 16000 Einzelstücke, die im wesentlichen erhalten geblieben sind und heute wegen ihrer kulturhistorischen und wissenschaftsgeschichtlichen Bedeutung eine besondere Abteilung in den Sammlungen der Sektion Geowissenschaften der Bergakademie Freiberg bilden.

Wie Werner in den Lehrveranstaltungen an der Bergakademie mit den Stücken der Sammlung arbeitete, beweist ein in 21 Paragraphen gegliedertes Dokument aus dem Jahre 1799 „Über einige bereits seit vielen Jahren getroffene Einrichtungen bei den hiesigen oriktognostischen Vorlesungen welche teils dem Lehrer den Vortrag und den Herren Zuhörern das Studium sehr erleichtern und teils zur Konservation der vorzuzeigenden Sammlungen unumgänglich nötig sind“.

So enthält diese Anweisung nicht nur eine Anleitung, wie die Minerale zu betrachten und zu behandeln sind, sondern eben auch Vorschriften zum Schutz der Demonstrationsobjekte. Welchen Umfang die Arbeit mit Mineralproben in den Vorlesungen hatte, geht aus dem § 5 hervor, der lautet:

"Eben deshalb darf man: auch bei der Betrachtung jedes einzelnen Stückes nicht lange verweilen: weil die Zahl der in den oriktognostischen Vorlesungen vorzuzeigenden Stücke sehr groß ist und sich wohl auf 6000 bis 8000 beläuft; und diese in jedem Kurse durch 8 bis 10 Personen durchgehen müssen.

Außerdem würde der Kurs ungemein aufgehalten und verlängert und sowohl der Dozent als die Herren Auditoren (die beiderseits sehr in ihrer Zeit beschränkt sind) in große Verlegenheit gesetzt werden." [19, Bd. 44, Bl. 329]

Es unterliegt keinem Zweifel, dass in der Regel eine solche Ausbildungsform (ein „Kurs“ wurde bei etwa 4 Stunden in der Woche nach Plan über ein Jahr durchgeführt) sehr wirkungsvoll war. Das System der Kennzeichenlehre bildete eine theoretische Basis, die durch das visuelle Kennenlernen einer großen Anzahl von Mineralarten wirkungsvoll ergänzt wurde und wobei der Lernende praktische Fähigkeiten erwarb, Minerale ohne besondere Hilfsmittel sicher zu bestimmen.

Diese Fertigkeit gehörte bis ins 20. Jahrhundert zu den wirkungsvollsten mineralogischen Ausbildungsverfahren an der Bergakademie Freiberg, die bis auf Werner zurückgehen.

## 5 Werners Beiträge zur geologischen Erkenntnis

Weltweit werden Werners Leistungen zur Entwicklung des geologischen Wissens auf den verschiedensten Gebieten bis in die Gegenwart gewürdigt. Er gehörte zu den Gelehrten an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert, die durch ihr Wirken maßgeblich zum Entstehen der Geologie als eigenständiger naturwissenschaftlicher Disziplin beigetragen haben.

Seine Leistung bestand insbesondere in der Ausarbeitung der theoretischen Konzeption des Neptunismus in der Geologie. Danach war das Wasser der entscheidende Faktor im geologischen Geschehen während der Geschichte der Erde.

Nicht minder bedeutungsvoll waren aber auch Werners erfolgreiche Arbeiten, die geologischen Erkenntnisse seiner Zeit der Bergbauproduktion nutzbar zu machen und die Geologie als Wissenschaft in einem systematisch gegliederten Lehrfach zahlreichen Schülern zu vermitteln.

Der Neptunismus Werners bestimmte wegen seiner theoretischen Geschlossenheit und auf Grund seines weltweiten Einflusses tiefgreifend die Vorstellungen über die Natur der Erde, wobei man den zu seinem Konzept entgegengesetzten vulkanistischen Ideen des Schotten James Hutton, die etwa in den gleichen Jahren ausgearbeitet wurden, eine ebensolche Bedeutung zuerkennen muss.

In der Konzeption des Vulkanismus spielten Temperatur und Hitze des Erdinneren eine wesentliche Rolle bei der Erklärung der geologischen Erscheinungen. Die Auseinandersetzung zwischen Neptunismus und Vulkanismus charakterisierte das geologische Denken in der Zeit der Jahrhundertwende in wesentlichem Umfang.

Werner verlieh den neptunistischen Auffassungen durch seine Autorität aber ein solches Gewicht, dass sie zunächst nicht nur in Deutschland zu den vorherrschenden Vorstellungen wurden. In den letzten Lebensjahren Werners verbreiteten sich dann jedoch selbst unter seinen Schülern andere Ansichten, und es setzten sich differenzierte Deutungen durch, die den Vorstellungen des Vulkanismus wesentlich entgegenkamen.

Trotzdem hatte der Neptunismus in der Entwicklung der geologischen Erkenntnis eine große Bedeutung und spielte in der Geschichte dieser Wissenschaft etwa eine analoge Rolle wie das geozentrische Weltsystem des Claudius Ptolemäus für die Astronomie oder die Phlogistontheorie von Georg Ernst Stahl für die Chemie.

Diese wissenschaftlichen Konzeptionen beförderten den Erkenntnisfortschritt in bestimmten historischen Abschnitten ganz maßgeblich, wurden dann aber im Verlauf der weiteren Entwicklung durch andere theoretische Vorstellungen überwunden. Und obwohl nur in einer kürzeren oder längeren Epoche wissenschaftlich fruchtbar und anerkannt, bildeten sie doch Glieder in der Kette der Erkenntnis der Natur, ohne die unsere gegenwärtigen Wissenschaften sich nicht hätten herausbilden können.

### 5.1 Das Wissen über die Erde bis zum 18. Jahrhundert

Seit dem Beginn des gesellschaftlichen Arbeitsprozesses entstanden in der menschlichen Gesellschaft Erfahrungen und Erkenntnisse über die Erde im Rahmen der materiellen Produktion und durch das Erleben der natürlichen Lebensbedingungen des Menschen.

Während die im Produktionsprozess gewonnenen geologischen Wissens Elemente über Jahrtausende von Generation zu Generation nur mündlich weitergegeben wurden und schriftliche Aufzeichnungen dazu im wesentlichen erst seit der Zeit der Renaissance bekannt sind, reichen Darstellungen über allgemeine geologische Erscheinungen der Natur weiter zurück.

Bereits in der Zeit der griechischen Naturphilosophie gab es erste Ideen über die Kräfte, die die geologischen Veränderungen bewirkt haben sollen. Ihrem Charakter nach mehr spekulative Intuition als Resultat wirklicher Naturbeobachtung versuchten sie Erklärungen geologischer Phänomene zu geben, die die geologischen Vorstellungen bis ins 18. Jahrhundert beeinflussten.

Thales von Milet sah im Wasser den Urstoff der Welt und erklärte die Gestirne, die Erde und die Lebewesen als aus diesem Element entstanden. Demgegenüber deuteten Heraklit von Ephesos und vor allem Empedokles die ihnen auffälligen geologischen Phänomene durch die Gewalt des unterirdischen Feuers. Der römische Denker Strabo lehrte, dass sich die Länder auf Grund erdinnerer Kräfte langsam heben und senken und deshalb ehemaliger Meeresboden mit marinen Fossilien z.T. in hohen Gebirgen zu finden ist.

Von allen Ursachen wurden ohne Frage die Wirkungen des Wassers im Verlauf der Geschichte der Erkenntnis zum bevorzugten Prinzip der Erklärung geologischer Erscheinungen.

Das ergab sich aus der Tatsache, dass die geologischen Wirkungen gerade des Wassers überall beobachtet werden können. Darüber hinaus waren die mythischen Bilder über große Fluten in den verschiedenen religiösen Weltbildern von nicht geringem Einfluss auf das Denken der Gelehrten, wodurch gleichfalls auf die Rolle des Wassers als Ursache geologischer Prozesse immer wieder aufmerksam gemacht wurde.

In Mittelasien führte Ibn Sina die lang andauernden geologischen Veränderungen auf erdinnere Kräfte zurück, beschrieb aber auch die Rolle des Wassers bei der Erosion und Sedimentbildung sehr detailliert. Leonardo da Vinci bezweifelte die Bedeutung der Sintflut, studierte jedoch gleichzeitig eingehend die Wirkungen des Wassers und beschrieb den natürlichen Vorgang der Fossilbildung.

Der auf dem Scheiterhaufen der Inquisition 1600 verbrannte Giordano Bruno glaubte noch an eine weltumspannende Sintflut. Auch der Däne Niels Stensen erklärte in seinen geologischen Arbeiten die Bildung von Schichtgesteinen im Wasser, diskutierte den Begriff der Sedimentation und meinte, dass alle Schichten ursprünglich horizontal lagen und erst später durch erdinnere Kräfte gefaltet und zerbrochen wurden. Er erkannte 1669 das stratigraphische Grundgesetz, wonach bei ungestörter Lagerung das Hangende jünger ist als das Liegende.

Stensen leistete wie auch Gottfried Wilhelm Leibniz wichtige Beiträge zur Herausbildung des historischen Denkens in der geologischen Erkenntnis, wobei Ideen der Sintflut im religiösen Gewand dabei noch immer nachweislich wesentliche Bezugspunkte bildeten. Zum Beginn des 18. Jahrhunderts bemühten sich Vertreter der Physikotheologie, vor allem auch geologische Erkenntnisse als Beweise für die „Größe, Güte und Allmacht

Gottes“ heranzuziehen und mit den Aussagen der Bibel in Einklang zu bringen. So deutete der Züricher Gelehrte Johann Jacob Scheuchzer die Versteinerungen als untrügliche Zeugnisse der bei der Sintflut umgekommenen Lebewesen. Derartige Ideen waren bis über die Mitte des 18. Jahrhunderts noch verhältnismäßig weit verbreitet.

Entsprechende Auffassungen wurden in England, den Niederlanden, Frankreich, der Schweiz, Schweden und Deutschland gedruckt und verständlicherweise in der Regel von den offiziellen Kirchenvertretern begrüßt und unterstützt. Obwohl diese physikotheologischen Darstellungen nicht wenige richtige Erkenntnisse über die Natur und auch die Erde verbreiteten, wurden sie wegen ihres religiösen Charakters zum Gegenstand der Auseinandersetzung der Aufklärung, die in der Naturforschung die Beobachtung der wirklichen Verhältnisse und die menschliche Vernunft zu ihren entscheidenden Kriterien machte.

Die Ideen des Neptunismus waren aber zweifelsfrei mit physikotheologischen Vorstellungen verbunden, und auch Werner hat sie vermutlich in einem solchen Zusammenhang kennengelernt. Im Nachlass von Werner findet sich eine Schrift des Schweden Johann Gottschalk Wallerius, in der versucht wird, den Neptunismus direkt aus der Bibel abzuleiten:

"Damit aber niemand glaube, dass diese unsere Theorie von der Geburt der festen Körper aus dem Wasser der heiligen Schrift widerstrebte, so wollen wir uns auf diejenigen Stellen berufen, die dieses außer allen Zweifel setzen.

Im Psalm wird gesagt: denn er hat sie an die Meere gegründet und an den Wassern bereitet, ferner: die Erde sei über dem Wasser ausgebreitet gewesen, und noch mehr gerade zu Petrus: Aber mutwillig wollen wir nicht wissen, dass der Himmel vor Zeiten auch war, dazu die Erde aus Wasser und im Wasser bestanden. Aus welchen Worten, dünkte ich, veroffenbahrte es sich, dass alle Festen, sowohl die himmlische als irdische dunkle Körper, aus ein und dem nämlichen Wasser entstanden, welches von dem ersten elementarischen Grundanfange hervorgebracht worden und dessen im Buche der Schöpfung Erwähnung geschehen, wie wir im folgenden weitläufiger dartun wollen." [72, S. 174 f.]

Gedankengänge dieser Art waren Allgemeingut in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts und haben natürlich auch die Vorstellungen über die Erde spürbar beeinflusst. Wenn auch die weite Verbreitung der Auffassungen über den bestimmenden Einfluss des Wassers im geologischen Geschehen nicht zu übersehen ist, wurden doch immer wieder Temperatur und Feuer im Erdinnern als Ursachen für geologische Erscheinungen angenommen. Der Engländer Robert Hooke machte erdinnere Kräfte für Vulkanausbrüche und die Hebungen bzw. Senkungen von Teilen der Erdkruste verantwortlich, und Lomonossow erkannte sehr wohl die geologischen Wirkungen des Wassers, sah aber in der endogenen Dynamik doch die grundlegenden Kräfte für die Veränderung der Krustenstruktur und die Genese verschiedener Gesteine.

Wesentliche Ideen der Geschichte verarbeitete Werner in seinem neptunistischen System auf die gleiche Weise wie die geologischen Erkenntnisse und Erfahrungen, die sich insbesondere im Rahmen der Bergbauproduktion des sächsisch-thüringischen Raumes

ergeben hatten.

Mit besonderer Hochachtung schätzte Werner die Auffassungen und Arbeiten von Georgius Agricola, der als Renaissance-Gelehrter die geologischen Erfahrungen der Bergleute beobachtete, systematisierte und wissenschaftlich darstellte.

Gleichzeitig analysierte er die Ansichten über die Erde der antiken Philosophen und machte ihren rationellen Gehalt seinen Zeitgenossen zugänglich.

Wie in der Mineralogie blieben auch in der Geologie die Auffassungen Agricolas für nahezu zwei Jahrhunderte für die Bergbauproduktion grundlegend. Natürlich wurde auch in dieser Zeit die geologische Erkenntnis um zahlreiche neue Fakten bereichert. Besonders Einfluss auf das geologische Denken Werners hatten dann aber erst wieder zwei deutsche Gelehrte des 18. Jahrhunderts, deren Ideen er in sein theoretisches Konzept einbezog.

Auf der Grundlage von geologischen Studien in Thüringen veröffentlichte 1756 der preußische Bergrat Johann Gottlob Lehmann den „Versuch einer Geschichte von Flözgebirgen“. Noch von der diluvianistischen Grundidee ausgehend, enthielt dieses Buch die erste Darstellung eines auf genauer Beobachtung beruhenden geologischen Profils und gab exakte Gesteinsbeschreibungen mit den in ihnen enthaltenen Versteinerungen. Lehmann gliederte die Folge der geologischen Horizonte bereits in das Urgebirge (1), wozu er alle kristallinen Gesteine rechnete, das dem Paläozoikum entsprechende Ganggebirge (2) und das Flözgebirge (3), das dem Mesozoikum gleichgesetzt werden kann.

Für diese Abfolge sollte Werner dann später eine entsprechende historisch-genetische Erklärung geben. Von besonderer Bedeutung für Werners geologische Arbeiten waren weiterhin die Vorstellungen des Arztes Georg Christian Füchsel aus dem thüringischen Rudolstadt.

1761 veröffentlichte er eine Schrift zur Geologie Thüringens. Darin fasste der Autor bestimmte Gesteine zu Gruppen („seria montana“) zusammen, woraus Werner später den Formationsbegriff entwickelte. Eine Reihe weiterer geologischer Begriffe, meist aus der Bergmannssprache übernommen, wurden von Füchsel definiert. So geht auch der Ausdruck „Geognosie“ auf ihn zurück, den Werner übernahm.

Vor allem aber enthielt Füchsels Arbeit die erste geologische Karte eines deutschen Gebietes, die die Möglichkeiten für die Entwicklung einer neuen Methodik eröffnete. Ganz im Geiste der Aufklärung löste Füchsel die Interpretation des natürlichen Geschehens von den Schöpfungsmythen der Bibel und bekannte sich zu der Maxime, die Ursachen für alle geologischen Vorgänge in der Natur selbst zu suchen.

Auf der Grundlage derartiger Ideen und Erkenntnisse begann am Ende der 70er Jahre Werner seine geologischen Erkenntnisse zu erarbeiten. Dabei sah er sich nicht nur mit einem wissenschaftlichen Erbe konfrontiert, in dem das Wissen über die Erde in den verschiedensten Zusammenhängen eingebunden war. Aus seinen Verpflichtungen als Lehrer der Bergakademie ergab sich auch die Aufgabe, die verfügbaren geologischen Erkenntnisse nicht nur schlechthin zum Zwecke der Ausbildung in ein System zu bringen, sondern auch so zu vermitteln, dass sie dem praktisch arbeitenden Bergbeamten von Nutzen sein konnten.

Die Schwierigkeiten bestanden darin, dass es eine voll ausgebildete geologische Wissenschaft noch nicht gab und demnach auch eine entsprechende Lehrtradition an Universitäten oder anderen Bildungseinrichtungen nicht existierte.

## 5.2 Werners Auffassungen vom Wesen der Geognosie

Das besondere Interesse Werners galt zunächst den Mineralen („Fossilien“), über die er unter den verschiedenartigsten Gesichtspunkten Erkenntnisse gewann und systematisierte. Davon ausgehend gab er eine Gliederung des damaligen Wissens über die Erde, die er seinen Lehrveranstaltungen zugrunde legte und die sich in den zahlreich überlieferten Vorlesungsnachschriften wiederfindet.

Die Geognosie umfasste dabei wesentliche Elemente der heutigen Geologie, wenn Werners Bestimmung dieser Disziplin auch zunächst unter dem Blickpunkt der Minerale formuliert wurde. Werner definierte:

"Noch andere Eigenschaften der Fossilien betreffen bloß die Verhältnisse des Entstehens dieser Körper. Die Betrachtung ihres verschiedentlichen Vorkommens in dem festen Erdkörper verglichen mit den mechanischen physischen und chemischen Gesetzen, worauf es beruht, und mit dem noch Tag täglich und zum Teil vor unseren Augen mit den Fossilien vorgehenden Veränderungen, führt uns auf solche und macht uns mit ihnen bekannt. Die Geognosie enthält diese Art mineralogische Kenntnisse." [19, Bd. 10, Bl. 59]

Die erste Ankündigung zu einer Lehrveranstaltung mit geologischem Charakter machte Werner 1779 unter der Bezeichnung „Gebirgslehre“, die aber erst 1782 wirklich durchgeführt wurde.

Ab 1786 nannte er sie „Geognosie“ und las dann ab 1789 bis zu seinem Tode 1817 vermutlich mit großer Regelmäßigkeit über dieses Gebiet. Natürlich hat sich der Inhalt dieser Lehrveranstaltung im Verlauf der Jahre verändert und vervollkommenet. Werner behandelte in seiner Vorlesung zur Geognosie schließlich bedeutend mehr als nur die Mineralentstehung.

Aus Aufzeichnungen in seinem Nachlass geht hervor, dass Werner auch allgemeine Vorstellungen über den Erdkörper, Beschreibungen der Gestalt der Erdoberfläche, Erkenntnisse über die exogene Dynamik sowie Elemente der Petrographie und Lagerstättenlehre in die Geognosie einbezog. Vermutlich behandelte er auch seine Vorstellungen über den Verlauf der Erdgeschichte in diesem Rahmen. Damit war der Geognosie ein Inhalt gegeben, durch den sie als Anfang der Geologie im heutigen Sinne angesehen werden darf.

Werner lehrte Geognosie an einer Bergakademie, woraus sich der Anspruch auf praktisch verwendbare Erkenntnisse in der Bergbauproduktion auch für diese Wissens Elemente ergab. Seine Vorlesungen leitete er mit gründlichen Betrachtungen darüber ein, wer aus dem Studium der entsprechenden Disziplinen Nutzen ziehen kann, welche Elemente der Wissenschaft in dieser Hinsicht von besonderem Interesse sind und in welchen Zusammenhängen sie vor allem wertvoll sein können. In seinem Nachlass befindet sich ein



Blatt mit einigen Gesichtspunkten über den Wert der Geognosie für den Bergmann:

Nutzen der Geognosie für den Bergmann

a) Er lernt daraus, die Gebirge überhaupt beurteilen

- in Rücksicht der Fossilien, die da zu vermuten sind
- in Rücksicht ihrer Untersuchungs- oder auch Bauwürdigkeit

Er nimmt die Daten zu dieser Beurteilung

- teils aus den Gesteinsmassen, woraus sie bestehen,
- teils aus dem Äußeren der Gebirge,
- teils ihrem inneren Bau ...

b) Der Bergmann lernt aber auch daraus die Natur der besonderen Lagerstätten der Fossilien kennen im Hinblick auf

- ihre Verschiedenheit und das Charakteristische einer jeden,
- ihre Entstehung und ihre davon abhängige Erstreckung und Verhalten gegeneinander.

Alles dieses kommt ihm nicht allein

- bei der Aufsuchung dieser Lagerstätten und
- Untersuchung derselben ...

sondern auch

- bei den darauf zu veranstaltenden Erzbauen, und vorzüglich
- bei dem Wiedersuchen auf Grubenbauen verlorener Lagerstätte, ja selbst
- zu genauer, deutlicher und bestimmter Abfassung der Nachrichten von dem ... Befund solcher Lagerstätte und endlich auch
- bei der juridischen Beurteilung dieser Lagerstätte in Absicht auf die Bestimmung und Beurteilung des auf solchen zu verleihenden und verliehenen Eigentums sehr zu stat-ten." [19, Bd. 1, Bl. 269]

Diese Gedanken sind ein deutlicher Beleg dafür, dass Werner die produktive Wirkung der Wissenschaften für das Montanwesen in Sachsen kannte. Mit aus dieser Einsicht abgeleiteten Vorstellungen über die Funktion der von ihm vertretenen Geognosie gehörte Werner zu den fortschrittlichsten Kräften seiner Zeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften.

Es ist deshalb auch sehr erklärlich, wenn er seinen Verdruss über das Unverständnis gegenüber wissenschaftlichen Arbeiten äußerte, das zu seiner Zeit im sächsischen Bergbau offensichtlich noch verbreitet war. So sagt er in einem Bericht über den Nutzen der Bergakademie:

"Es ist wahr, es ist bequemer, jedes Metier ohne wissenschaftliche Kenntnis zu treiben. Es ist ferner gewiß: bei möglichst verbreiteter Empirie kann man Unkunde und Fehler leicht in ein mysteriöses Dunkel verhüllen und ihnen wohl gar noch das Ansehen von Kunst und Zweckmäßigkeit geben." [19, Bd. 41, Bl. 286]

Mit diesen Gedanken gab er seinem Handeln an der Bergakademie ein Ziel, das von der Idee einer Erkenntnis um der Erkenntnis willen weit entfernt war. Werner sah seine wissenschaftliche Tätigkeit nicht als Selbstzweck an. Vor allem ging es darum, neue abbauwürdige mineralische Rohstoffe nachzuweisen, da durch den über Jahrhunderte praktizierenden Bergbau bereits zahlreiche Lagerstätten erschöpft waren oder sich die

Gewinnung nicht mehr als rentabel erwies.

Werners praktische Auffassung von der Bedeutung der Geologie und Mineralogie trug zur Herausbildung von Aspekten dieser Disziplinen bei, die sie als Produktivkraft kennzeichnen. Dabei bemühte er sich einerseits um die Erklärung der Rolle der Wissenschaften in der Bergbauproduktion, wandte sich andererseits aber sehr konsequent gegen jede Beschränkung ihrer Funktion auf diese Aufgabe.

Das verdeutlichte er insbesondere durch seine theoretischen und methodologischen Arbeiten, die auf die gleiche Weise zu seinem Lebenswerk gehören wie sein Bemühen, die Wissenschaften so zu lehren, dass sie in der gesellschaftlichen Praxis wirksam wurden. Theoretische und praktische Gesichtspunkte und Leistungen bildeten in Werners wissenschaftlicher Arbeit eine fruchtbare Einheit.

### 5.3 Die Konzeption des Neptunismus

So tief sich neptunistische Vorstellungen auch in der Geschichte des Denkens zurückverfolgen lassen, gilt Werner doch als bedeutendster Repräsentant dieses Konzeptes in den geologischen Wissenschaften. Er hat diese Idee im Hinblick auf die Erdgeschichte am weitesten ausgearbeitet und konsequent vertreten. Dabei verzichtete er bei seinen Überlegungen auf den ursprünglichen religiösen Bezug des Neptunismus und verstand ihn vornehmlich als naturwissenschaftliche Theorie.

Werner hat seine Konzeption des Neptunismus niemals im Druck veröffentlicht. Verbreitung und Wirksamkeit fand sie über seine Vorlesungen und seine zahlreichen Schüler. Heute lassen sich Werners Vorstellungen nur aus den undatierten Manuskripten und Notizen in seinem umfangreichen handschriftlichen Nachlass rekonstruieren, der an der Bergakademie Freiberg aufbewahrt wird.

Als Neptunist geht Werner prinzipiell von dem Gedanken aus, dass nahezu alle geologischen Bildungen im Wasser entstanden oder durch das Wasser geformt sind. So formulierte er:

- 1.) Unser fester Erdkörper, soweit wir ihn kennen, ist ursprünglich ganz vom Wasser gebildet. Das unterirdische Feuer mit seinen Wirkungen ist ein ... sehr partieller und gleichsam moboser [krankhafter] Zustand.
- 2.) Seine äußere Oberfläche ist fast ganz vom Wasser gebildet; was das Feuer daran gearbeitet, kommt gegen das ganze in keinen Betracht. [19, Bd. 2, Bl. 206]

Demgegenüber sah der Vulkanismus die geologischen Bildungen vor allem durch Hitze und Schmelze verursacht. Und der führende Repräsentant dieser Konzeption J Hutton schrieb:

"Die Kraft der Hitze und die Wirksamkeit der Schmelze müssen die Verfestigung der Schichten von lockeren Materialien, die auf dem Boden des Ozeans gesammelt und angehäuft worden waren, bewirkt haben. [65, S. 50]

Alle festen Schichten der Erdkugel wurden durch Hitze verdichtet und durch den Schmelzzustand erläutert." [65, S. 51]

Jede der beiden Konzeptionen hob jeweils einen wesentlichen Faktor des geologischen Geschehens hervor und machte ihn zum Grundprinzip seines theoretischen Systems. Dabei gewann der Neptunismus zunächst auch als naturwissenschaftliche Konzeption die stärkste Verbreitung, da er eine große Zahl geologischer Erkenntnisse und Abstraktionen in sein System zu integrieren in der Lage war und viele geologische Phänomene zu erklären vermochte.

Obwohl der Neptunismus durch die Überbewertung der Rolle des Wassers im geologischen Regime auch schon zur Zeit seiner Ausarbeitung in den Grundlagen fehlerhaft war, entsprach dieses theoretische System im Hinblick auf den Entwicklungsstand der naturwissenschaftlichen Erkenntnis, die Erfordernissituation der Produktivkraftentwicklung und auch in weltanschaulicher Hinsicht den gesellschaftlichen Bedingungen der letzten Jahrzehnte des 18. Jahrhunderts.

Werner sah die geologischen Verhältnisse der Erde nicht als schlechthin gegeben an. Er beschränkte sich nicht nur auf die Untersuchung des gegenwärtigen Zustandes, sondern erkannte die Bedeutung des historischen Werdens für das Verstehen aktueller Naturphänomene. Im Unterschied zur beschreibenden Naturgeschichte der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts sah er die historischen Veränderungen in der Zeit nicht nur für die Natur im allgemeinen, sondern auch für die Erde als unerschütterliche Tatsache:

"Wir haben unverkennbare Beweise, dass die Oberfläche des Erdkörpers nicht immer so gewesen ist, wie wir sie jetzt sehen; und da diejenigen Wirkungen noch fort dauern, welche diese allmählichen Veränderungen verursacht haben, so ist nichts gewisser, als dass sie ihre Gestalt von Zeit zu Zeit noch mehr verändern wird." [19, Bd. 5, Bl. 206]

Das war eine wirklich historische Sicht der Natur, die die Voraussetzung für eine echte erdgeschichtliche Betrachtungsweise bildete. Ein solches historisches Konzept entwickelte Werner im Rahmen seines Neptunismus.

Danach war die Erdgeschichte eine phasenhafte Ereignisfolge, die sich in engem Zusammenhang mit dem Absinken einer ursprünglich die ganze Erdoberfläche bedeckenden Wassermasse vollzog. Die im Zusammenhang mit diesem Gesamtprozess sich bildenden geologischen Ablagerungen wiesen im historischen Verlauf wesentliche qualitative Unterschiede auf. Sie ergaben sich mit dem sich verändernden chemischen Gehalt des großen Gewässers und den verschiedenen darin gelösten Substanzen.

Das ursprüngliche Stadium, als „das Wasser einst unseren Erdkörper, vielleicht vor 1000000 Jahren, ganz bedeckte“ [19, Bd. 2, Bl. 256], war vom gegenwärtigen Zustand der Erdoberfläche doch ganz erheblich unterschieden. Nach Meinung von Werner gab es über der Wasserdecke, dem Urozean, viel Nebel und folglich wenig Sonne.

Da noch keine Landmassen existierten, fehlten auch Landpflanzen und -tiere. Wahrscheinlich habe es auch wenig oder gar keine Organismen im Wasser gegeben. Letzteres sollte vor allem seine Ursache in den chemischen Bestandteilen der Wassermassen haben. Werner vermutete einen geringen Gehalt an organischen und kalkigen Bestandteilen, dagegen viel Schwefelsäure und metallische Stoffe.

Wegen des Fehlens von Unterschieden zwischen Land- und Seegebieten wurden verhältnismäßig einfache klimatische Verhältnisse angenommen. Solchen Bedingungen ent-

sprachen auch die in diesem Frühstadium der Erdgeschichte entstandenen geologischen Bildungen. „Mechanische Niederschläge“ waren nicht möglich, da sie Resultate vorangegangener Zerstörungen auf dem festen Lande waren, das es aber noch nicht gab.

Auch Versteinerungen von Lebewesen waren kaum zu erwarten. Die ursprünglichen Bildungen waren chemischer Art. Dabei schieden sich zunächst solche Bildungen ab, die im Wasser schwer löslich waren und sich deshalb in diesem Medium nicht als haltbar erwiesen. Werner dachte insbesondere an Ton- und Kieselsubstanzen und nicht zuletzt an Metallverbindungen (Erze).

Für den Übergang zur zweiten Phase wird von Werner die Allmählichkeit dieses Prozesses betont. Wesentlich war vor allem dabei das Auftauchen von Festland aus der anfänglichen totalen Wasserbedeckung der Erde. Das war das Resultat des Absinkens des Wasserspiegels. Werner beschreibt diesen Prozess so:

"Mit dem Hervortreten der trockenen Erdoberfläche traten Zerstörung und mechanischer Niederschlag ein. Der Erdkörper wurde mit organischen Geschöpfen bevölkert, und der Brennstoff fand sich im Mineralreich ein. Die Zeit der Existenz des festen Erdkörpers zerfällt also in zwei Zeiträume, den chaotischen und den bewohnten." [19, Bd. 5, Bl. 49]

Die Atmosphäre begann stärker zu wirken, und auch die Sonnenwärme wurde von kräftigerem Einfluss auf das irdische Geschehen.

Die sich nun intensiv entwickelnde Lebewelt war von gleicher Bedeutung für die Veränderung der Ablagerungen im Meer wie das Anfallen von Schutt mechanischer Zerstörungen auf dem Festland. Zu den unter diesen Bedingungen gebildeten Gesteinen gehören vor allem Kalke und organische Substanzen aus „absterbenden und verwesenden Tieren und Pflanzen“. Jetzt treten nicht nur Versteinerungen in größerem Umfang auf, sondern auch bituminöse und salinare Sedimente. Die verbreiteten mechanischen Niederschläge werden aber immer noch durch chemische Bildungen begleitet, wenn diese auch einen veränderten Charakter hatten:

"Denn durch jene vermännigfaltigten und so abwechselnden Wirkungen der Atmosphäre und der Temperatur erzeugten sich höchstwahrscheinlich die mancherlei fettigen und brennlichen und die salzigen Stoffe der organischen Geschöpfe. So bildet sich der Wasserstoff von zersetztem Wasser, der Kohlenstoff von entsäuerter und zersetzter Kohlensäure, der Stickstoff, die Alkalien und die mancherlei Tier- und Pflanzensäuren u.a. und diese verbanden sich wiederum zu mancherlei zusammengesetzten Stoffen teils miteinander, teils mit Erden und teils mit anderen einfachen Stoffen." [19, Bd. 6, Bi. 311]

So spekulativ und naiv uns diese Vorstellungen auch heute anmuten, waren sie für die Jahre am Ende des 18. Jahrhunderts doch bemerkenswert natürlich. Die Grundidee war neptunistisch; es fehlt aber jeder Bezug auf Gott, die Schöpfung oder die Sintflut. Stattdessen versuchte Werner, das geologische Geschehen in der Vergangenheit der Erde in Übereinstimmung mit den physikalischen und chemischen Gesetzen zu erklären, soweit sie zu seiner Zeit bekannt waren.

Auch damit stellte er sich in die Reihe der Naturforscher, die die Erkenntnis nicht nur im

Rahmen der von ihnen vertretenen Disziplinen vorantrieben, sondern auch progressive weltanschauliche Positionen vertraten.

Auch bei der Erklärung der jüngsten erdgeschichtlichen Entwicklung folgte Werner derartigen Gesichtspunkten, so sehr sie auch den Grundsätzen des Neptunismus geschuldet waren und heute offensichtliche Irrtümer aufwiesen. Dieser Abschnitt sollte durch eine weitere Zunahme der „mechanischen Niederschläge“ bestimmt sein, wozu dann noch als neues Phänomen die Vulkane kamen.

Letztere wurden zu den neuesten Bildungen gerechnet und „nur als sehr einzeln und selten, und auch nur bloß in der Oberfläche des festen Erdkörpers vorkommend“ charakterisiert. Das neptunistische Bild ließ keine andere Deutung zu und zeigte deutlich auch die Grenzen dieses theoretischen Konzepts, selbst in der Zeit seiner Blüte.

Für die Vulkane wurden endogene Ursachen negiert und ihre Existenz aus brennenden bituminösen Schichten erklärt, die nach dem Gesamtkonzept des Neptunismus eben nur in den jüngsten Ablagerungen auftreten konnten. Diese Deutung folgte logisch aus Werners neptunistischen Grundideen, blieb aber nicht unwidersprochen, wobei nicht wenige naturwissenschaftliche Argumente - dem Erkenntnisstand an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert entsprechend - sogar den Neptunismus stützten.

Unabhängig von der Richtigkeit oder Unrichtigkeit einzelner Aussagen Werners über den konkreten Verlauf der Erdgeschichte wurden von ihm doch wesentliche Vorstellungen über den Charakter der historischen Prozesse in der Vergangenheit der Erde erfasst, die zur Herausbildung des Entwicklungsdenkens in der Geologie grundlegend beitrugen. Seine neptunistische Erdgeschichte war eine Entwicklungsgeschichte. Das ergab sich aus solchen Ansichten wie der Abnahme der chemischen und der Zunahme der mechanischen Bildungen, der wachsenden Bedeutung organischer Sedimente im Zusammenhang mit der Ausformung des Lebens, der immer differenzierteren Wirkung der Atmosphäre (des Klimas) und anderer Tendenzen im Verlauf der geschichtlichen Vergangenheit der Erde. Werner betonte zwar die Allmählichkeit dieser Prozesse, sprach aber auch über die „bekannten Arten von natürlichen Revolutionen, denen unser fester Erdkörper von Zeit zu Zeit unterlegen“ war. [19, Bd. 2, Bl. 250]

Unter den natürlichen Revolutionen verstand er z.B. die Erniedrigung der Gebirge und die Anhebung des Meeresgrundes, wodurch ein allmählicher Ausgleich der Unebenheiten der Erdoberfläche bewirkt wurde. Dazu rechnete er auch die Veränderung des chemischen Charakters des Ozeanwassers, die Änderung von Meeresströmungen oder auch bestimmte Wirkungen des Wassers auf dem Lande.

So zeichnete Werner ein Bild von der Erdgeschichte in mehreren aufeinanderfolgenden Phasen. Diese einzelnen Phasen sind durch spezifische Eigenheiten voneinander unterschieden, so dass Werners Bild von der Erdgeschichte in gewisser Weise Vorstellungen von George Cuvier entsprach, der sich heftig gegen eine völlige Gleichartigkeit des irdischen Geschehens zu allen erdgeschichtlichen Zeiten wandte.

Werner und Cuvier verstanden beide die Erdgeschichte als Prozess mit qualitativ unterschiedlichen Abschnitten. Im Gegensatz zu Cuvier begriff Werner aber die Revolutionen nicht als unvermittelt hereinbrechende Katastrophen oder abrupte Unterbrechungen der

erdhistorischen Vorgänge, sondern versuchte, den allmählichen Übergang von Abschnitt zu Abschnitt zu erkennen.

Werner sah die qualitative Andersartigkeit der Phasen, leitete sie aber voneinander nach und nach ab. Letztlich verschmolz er damit in seiner Auffassung von der Erdgeschichte das diskontinuierliche Bild qualitativ unterschiedlicher Phasen mit der Vorstellung einer kontinuierlich gerichteten Veränderung im irdischen Geschehen. Damit finden sich bei Werner Elemente eines geologisch begründeten Entwicklungsbildes, Es entsteht immer wieder Neues, wobei die darauffolgende Stufe auf die vorangegangene aufbaut.

Natürlich ergab sich auch für Werner die Frage, wie die geologischen Vorgänge in der erdgeschichtlichen Vergangenheit zu erklären seien, obwohl im Verlauf der Entwicklung ein qualitativer Wandel der Bedingungen vor sich gegangen war. Grundsätzlich erkennt er nur Wirkungen an, die sich aus der Sicht gegenwärtiger natürlicher Ereignisse als real erkennen lassen und den Gesetzen der Naturwissenschaften entsprechen.

Derartige Auffassungen stimmen voll mit dem Wesen der aktualistischen Methode überein, wonach frühere geologische Verhältnisse nur auf der Grundlage der Erkenntnis gegenwärtiger Naturbedingungen erkannt und erklärt werden können. Erst am Ende des ersten Drittels des 19. Jahrhunderts haben Karl Ernst Adolf von Hoff und Charles Lyell dieses Prinzip im geologischen Denken bewusst gemacht. Ganz in diesem Sinn formulierte Werner aber bereits:

"Soweit uns der feste Erdkörper von seiner Oberfläche hinein bekannt ist, zeigt er sich uns als ein Kind der Zeit, als Resultat natürlicher Wirkungen, als Werk solcher Körper und Kräfte, die noch auf ihm fortwirken." [19, Bd. 6, Bl. 128]

"Der Geognost muss weiter alle ihren Ursachen nach hinlänglich bekannten Erscheinungen und alle ausgemacht gewissen Naturgesetze, die ihm Chemie, Physik, Erdmesskunst, Astronomie und mehrere Wissenschaften darbieten, sammeln, zusammenstellen, mit jenen nur gedachten bekannten bildenden Naturwirkungen vergleichen und sie zur sicheren Beurteilung und Erkennung anderer versteckterer Naturwirkungen anwenden." [19, Bd. 6, Bl. 130]

Inhaltlich zeichnete Werner mit diesen Gedanken über die Deutungsmöglichkeit erdgeschichtlicher Erscheinungen ein Bild, das für das geologische Forschen und Arbeiten des 19. Jahrhunderts charakteristisch wurde. Er formulierte die Notwendigkeit, Einzelheiten gegenwärtiger Naturereignisse zu beobachten, um längst vergangene geologische Verhältnisse deuten zu können. Die Betonung der Rolle der Naturgesetze ist ein deutliches Zeugnis dafür, dass Werner seine Geognosie als echte Naturwissenschaft verstanden wissen wollte, Damit schließt er übernatürliche Einflüsse im Sinne des Offenbarungsglaubens aus.

Er verlässt auf diese Weise Positionen, die in erkenntnistheoretischer Hinsicht dem ursprünglich an der Bibel orientierten Neptunismus entsprachen.

Seine Auffassung über die Verursachung erdgeschichtlicher Ereignisse entspricht voll dem philosophischen Kausalgesetz, wonach die Dinge und Erscheinungen der Natur aus materiellen Zusammenhängen begriffen und aus materiellen Ursachen erklärt werden. Nur von einer solchen Grundlage her hatte Werner die Möglichkeit, ein Gebäude

der Geognosie zur errichten, dessen Einflüsse bis in die Gegenwart zu verfolgen sind, wenn sich auch viele seiner Auffassungen im Verlauf der geschichtlichen Entwicklung als zeitbedingt erwiesen haben.

Besonders deutlich wird das bei Gesichtspunkten Werners für die wässrige Entstehung vor allem von Gesteinen, aber auch geologischen Strukturen. Seiner Meinung nach „bezeichnen aber folgende Kriterien die rein nassen Gebirgsbildungen“ [19, Bd. 5, Bl. 193], worunter er neben anderen die folgenden nennt: Gehalt an Kristallwasser oder Gasarten in Mineralen; fettige oder zähe Beschaffenheit von Mineralen (z. B. Ton, Lehm, Talk, Steinmark, Speckstein); gleichzeitige Bildungen aus verschiedenen Gesteinsarten wie Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Porphyry, Syenit usw.; Bildungen mit ganz oder halb ausgefüllten Blasenräumen wie Mandelstein mit Zeolith oder Chalzedon; Bildungen mit Versteinerungen von Organismen; Bildungen mit übereinander liegenden parallelen Schichtungen oder säulenförmig, großkugelig oder schalenförmig abgesonderte Gesteinsmassen usw.

Verschiedene Kriterien, die für das Gesamtgebäude der neptunistischen Konzeption außerordentlich wesentlich waren, sind uns heute unverständlich, stimmten aber mit dem Stand der naturwissenschaftlichen Erkenntnis am Ende des 18. Jahrhunderts noch weitgehend überein. So war es in der damaligen Zeit nicht vorstellbar, dass Minerale mit Kristallwasser auch aus einer hochtemperierten Schmelze entstehen können.

Das Wasser wurde als sicherer Hinweis auf das Bildungsmedium gewertet. Zahlreiche Minerale galten wie der Quarz als unlöslich. Man kannte aber die Bildung von Kieselsinter aus Geysiren und versuchte, diese Ausscheidung aus einer Lösung durch chemische Umsetzung zu deuten. Das harmonierte durchaus mit der damaligen chemischen Erkenntnis. Bedeutend war diese Erklärung deshalb für das neptunistische Konzept, weil man Quarz noch nicht zu schmelzen oder gar aus einer Schmelze auszuscheiden vermochte.

So blieb die Ausscheidung derartiger Minerale aus einer Lösung immer noch eine plausiblere Erklärung.

Blasige Strukturen oder solche mit Hohlräumen waren für die Neptunisten ebenfalls als in einer Schmelze entstanden unvorstellbar, da die Hitze alle Gase hätte austreiben müssen.

Säulenförmige Bildungen wurden von den hinreichend bekannten Trockenrissen abgeleitet, und kugelige Formen sprachen unmittelbar für eine wässrige Entstehung.

Da zu dieser Zeit in der Erde kaum andere Ursachen für Hitze und Schmelzfluss bekannt waren als die Verbrennung bituminöser Substanzen, konnten die Neptunisten wenigstens für die nach ihrer Ansicht mit untergeordneter Bedeutung auftretenden Vulkane eine scheinbar einleuchtende Erklärung geben. Die Vulkanisten waren dagegen nicht in der Lage, die ihrer Meinung nach allgemein verbreitete Temperatur im Erdinnern auf Grund damals geläufiger physikalischer oder chemischer Prozesse zu deuten.

Auf diese Weise stimmte der Neptunismus in vielen Fragen am Ende des 18. Jahrhunderts noch wesentlich besser mit den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen überein und bot überzeugendere Erklärungen für verschiedene geologische Phänomene an als

der Vulkanismus. Das war zweifellos eine wichtige Ursache dafür, dass der Neptunismus zunächst doch eine erhebliche Verbreitung fand.

Dazu kam, dass diese geologische Konzeption wegen ihrer ursprünglichen Verträglichkeit mit der Religion bei den herrschenden Klassenkräften in der Gesellschaft immer noch Zustimmung fand, obwohl Werner sie als naturwissenschaftliche Theorie entwickelt hatte.

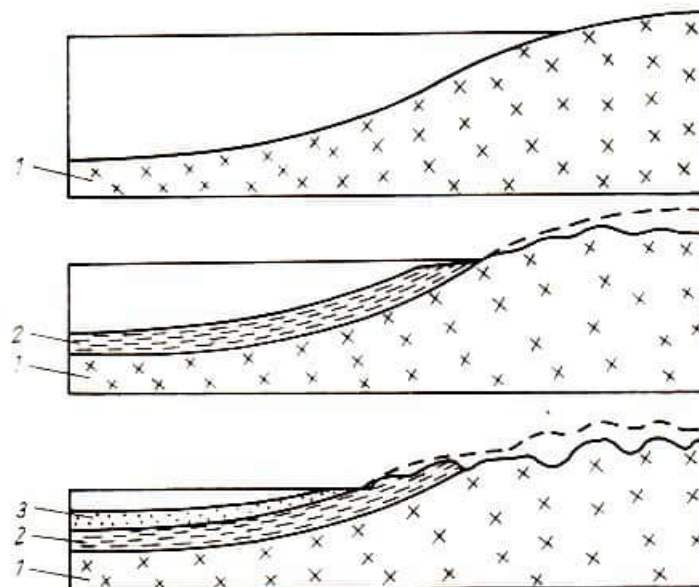
Obendrein besaß der Neptunismus eine umfassende Funktion bei der Deutung zahlreicher anderer geologischer Erscheinungen, die sich scheinbar zwanglos aus seinen Grundideen ableiten ließ.

Auf dieser Grundlage war es möglich, verschiedene Phänomene mit Hilfe eines einheitlichen Prinzips zu verknüpfen. Damit entsprach der Neptunismus trotz aller zeitbedingter Irrtümer den Erfordernissen der geologischen Erkenntnis in einer Entwicklungsphase, in der sich die Geologie als eigenständige naturwissenschaftliche Disziplin herausbildete.

## 5.4 Neptunistische Deutungen geologischer Erscheinungen und der Basaltstreit

Bei seinem Bemühen, die verschiedenen geologischen Beobachtungen unter dem verknüpfenden Abstraktum der überwiegend wässerigen Entstehung zusammenzufassen, machte Werner Aussagen über den Aufbau der Gebirge, die Genese der Gesteine, die Entstehung der Erzgänge, die Geschichte der Organismen usw. Damit berührte er sehr wesentliche Fragen der Erkenntnis der Erde und ihrer Geschichte in seiner Zeit.

Die Gebirgsbildung sah Werner als einen Vorgang an, der sich im Urozean bei sinkendem Wasserspiegel vollzogen hatte. Durch wulstförmig verstärkte Sedimentation war danach zuerst das kristalline Urgebirge entstanden, woran sich seitlich die Flöz- und aufgeschwemmten Gebirge angelagert hatten.



9 Genetische Abfolge von Urgebirge (1), Flözgebirge (2) und Übergangsgebirge (3) in den Vorstellungen von Werner (nach Wagenbreth, 1967)



Es war nicht nur Werners Meinung, aus dem gegenwärtigen strukturellen Aufbau der Gebirge auf einen solchen historischen Prozess schließen zu können. Der tektonische Bau der deutschen Mittelgebirge, der schon von J. G. Lehmann und G. Ch. Füchsel beschrieben worden war, gestattete unter den Bedingungen der geologischen Erkenntnis am Ende des 18. Jahrhunderts durchaus eine solche Schlussfolgerung.

Danach wurden der Harz, der Thüringer Wald und das Erzgebirge in ihren Kernen von Urgebirgsarten gebildet, die die ältesten Teile darstellen und denen die Flözgebirge als jüngere Abfolgen an den Flanken aufgelagert sind. Die Flözgebirge tauchen im weiteren unter die aufgeschwemmten Gebirge, so dass sich in der stark vereinfachten neptunistischen Vorstellung die erdgeschichtliche Entwicklung mühelos aus dem Aufbau der Gebirge ablesen ließ.

Aus anderen Gebieten der Erde wurden analoge Beobachtungen veröffentlicht. Peter Simon Pallas publizierte entsprechende Untersuchungen 1771/78 von seinen Reisen durch den Ural, und Horace-Benedict de Saussure versuchte, 1779 und 1799 die Resultate seiner Arbeiten in den Alpen in einem solchen Sinn zu interpretieren.

Natürlich erschöpften sich Werners Auffassungen über den Aufbau der Erdkruste nicht in diesem globalen Bild. Er ging in seinen Vorstellungen insbesondere von den Beziehungen zwischen den Gesteinsmassen und dem Bau der Gebirge bei der Beschreibung des Aufbaus der Krustenteile aus. Er bestimmte wichtige geologische Begriffe wie etwa die „Lagerung“ oder die „Schichtung“ und versuchte zu erklären, auf welche Weise die Struktur der Gebirgsmassen zu erkennen möglich wäre:

"Zu der Anwendung der Lehre von der Schichtung und Lagerung der Gebirgsmassen auf die Beurteilung der Gebirge in Ansehung der Orts- und Altersfolge ihrer Massen und so weiter der ganzen Konstruktion eines Gebirges ist die Kenntnis des Verhaltens der Gebirgsschichten und Lager und der Schichtungs- und Lagerungs-Klüfte gegen die Oberfläche des Gebirges und einzelner Berge unumgänglich nötig, weil der Geognost nicht das Innere und Vollständige dieser Konstruktion sehen, sondern bloß aus dem Verhalten der Gebirgslager und Schichten da, wo sie die Oberfläche des Gebirges berühren, in ihrer Direktion gegen die Oberfläche des Gebirges auf diese Konstruktion schließen muss. Der Geognost muss also sorgfältig die entblößten Stellen der Gebirge aufsuchen und daselbst ihre Verhältnisse mit Genauigkeit beobachten." [19, Bd. 2, Bl. 232]

Hier wird nicht nur allgemein etwas über den tektonischen Bau geologischer Körper formuliert; gleichsam wird eine Anleitung gegeben, wie der Geologe vorzugehen hat, um den inneren Bau eines Gebirges zu erkennen, tritt bei solchen Details auch notwendigerweise das neptunistische Gedankengebäude in den Hintergrund, bildet es doch auch für diese Erkenntnisse und Arbeitsanleitungen den allgemeinen wissenschaftlichen Rahmen.

Noch deutlicher wird das bei Werners Auffassungen zur Petrographie oder der „Lehre von den Gebirgsarten“, wie er dieses Gebiet gern nannte. 1786 erschien von ihm dazu die kleine Schrift „Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten“, die eine der ersten selbständigen Veröffentlichungen zur Gesteinskunde überhaupt war.

Darin stellte er eine genetische Klassifikation der Gesteine vor, die sich voll in sein neptunistisches Erdgeschichtsbild einfügte. Ausgehend von der Meinung, dass bei den „Gebirgsmassen ... die oberen neuer, die unteren älter sein müßten“, entwickelte er im Hinblick auf die Altersfolge der Gesteine die These, „dass sich in verschiedenen Zeiträumen verschiedenerlei und meist in jedem Zeitraum ihm eigene Massen gebildet haben“. [19, Bd. 1, Bl. 104]

Das bedeutet nichts anderes als die Entstehung gleicher Gesteinstypen in gleichen Zeitabschnitten überall auf der Erde unter völlig gleichartigen Bedingungen.

Umgekehrt hätte man nach dieser außerordentlich vereinfachenden Vorstellung mit der Bestimmung aufgefundener Gesteine auch sofort eine Einstufung ihres Alters vornehmen können. Diese Idee wurde erst mit der Entwicklung des Faziesbegriffes durch Amant Gressly um 1840 endgültig überwunden, wonach gleichaltrige geologische Ablagerungen durchaus verschiedenartig ausgebildet werden, da unterschiedliche natürliche Verhältnisse das bedingen können.

Seinen Grundprinzipien folgend und sich deutlich an Vorstellungen von J. G. Lehmann orientierend, gliederte Werner die ihm bekannten Gesteine in vier Hauptgruppen. Die uranfänglichen Gebirgsarten (1) wie Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Porphyry usw. sind in seinem System die ältesten Gesteine und nach den Kriterien der wässrigen Entstehung selbstverständlich - vor allem als Resultat chemischer Prozesse - im Urozean entstanden. Nach diesen Niederschlägen folgt in der Klassifikation die Gruppe der Flözgebirgsarten (2) mit Sandstein, Schieferthon, Kalkstein, Steinkohle, Kreide usw. als Ergebnis mechanischer Ablagerungen. Vor allem mit den Kohlen stehen die vulkanischen Gebirgsarten (3) in Verbindung, worauf als jüngste Bildungen die aufgeschwemmten Gebirgsarten (4) mit Sand, Lehm, Ton, Torf usw. bis in die Gegenwart reichen.

Die Verknüpfung von petrographisch-substantiellen und historischen Aspekten im geologischen Denken Werners kommen auch in seinem Verständnis des Formationsbegriffes zum Ausdruck, wobei er sich hier auch an Ideen von Fuchs anlehnt. Der noch nicht voll ausgearbeitete Begriffsinhalt schließt aber historisch-genetische Gesichtspunkte eindeutig mit ein, wenn er in einer Notiz (Gebirge bedeutet hier etwa Gesteinsart) sagt:

"Unter Formation versteht man ein Gebirgsprodukt aus einer Bildung ... Formation und Gebirge verhalten sich wie Gattung und Individuum. Gebirge ist ein örtliches Vorkommen einer großen weit und hoch verbreiteten Gesteinsmasse von einerlei Zusammensetzungs- und Lagerungsverhältnis in sich. Alle vorkommenden Gebirge von einerlei dergleichen Verhältnissen machen die Formation." [19, Bd. 1, Bl. 137]

Seiner erdgeschichtlichen Gliederung entsprechend gibt Werner auch den Gebirgen (im umfassenden Sinne) eine Altersbestimmung, wobei er etwa ab 1790 zwischen das Urgebirge und das Flözgebirge noch das Übergangsgebirge mit Phylliten und Tonschiefern stellte. Das waren Gesteine, die einerseits schon Versteinerungen - wie auch das Flözgebirge - führten, aber andererseits nicht mehr die Kristallinität der Gesteine - wie etwa des Urgebirges - besaßen. Den verschiedenen Gebirgen Werners können vereinfacht nach Wagenbreth (1967) etwa folgende heutige historische Perioden zugeordnet werden:

4. Aufgeschwemmte Gebirge	Tertiär, Quartär
3. Flözgebirge	Mesozoikum, Rotliegendes, Zechstein
2. Übergangsgebirge	Silur, Devon, Karbon
1. Urgebirge	Präkambrium, Kambrium

Die vulkanischen Bildungen waren in Werners Gliederung kein eigenständiges Element, da sie seiner Meinung nach eine völlig unbedeutende Rolle neben den anderen Gesteinen spielten. Zeitlich stellte er sie zwischen das Flözgebirge und das aufgeschwemmte Gebirge. Trotzdem sollte dann aber ein Gestein dieser Gruppe, der Basalt, eine gewaltige wissenschaftliche Kontroverse auslösen, die zwischen den Vertretern des Neptunismus und des Vulkanismus in den 80er Jahren des 18. Jahrhunderts ausbrach.

Eine Reihe von Gelehrten in Italien, Frankreich, Deutschland, England und Schottland hatte den Basalt richtig als „vulkanisches“ Gestein erkannt. Werner widersprach dieser Meinung, sah im Basalt eine „pseudovulkanische Gebirgsart“ und war von der wässrigen Bildung dieses Gesteins überzeugt. 1786 schrieb er, dazu:

"Als ich im Jahr 1775 wieder nach Freiberg kam, fand ich das System der Vulkanisten, und in solchem unter anderm den vulkanischen Ursprung des Basaltes, allgemein angenommen. Sowohl die Neuheit und das Interessante dieser Lehre, als vorzüglich auch die Überredungskunst ihrer Verteidiger, und in gewissem Maße das Überredende oder der Schein der Sache selbst, hatten selbiger bald ungemein viel Anhänger verschafft. [4, 5. 25]

Ich bin aber durch mehrere, mit vieler Sorgfalt über diese Gesteinarten in und auf ihren Lagerstätten in den Gebirgen sowohl Sachsens als anderer angrenzender Länder, angestellte eigene Beobachtungen und durch Nachrichten, die ich von sachverständigen Beobachtern über diese Gebirgsarten aus anderen Ländern eingezogen habe, überzeugt worden: dass die nämlichen Gebirgsarten daselbst unter eben den Umständen, als andere uranfängliche und Flötzgebirgsarten, vorkommen, und nicht zeigen, was eine Entstehung durch Feuer erraten ließe." [4, S. 24]

Offenbar hatte Werner in der Frage der Entstehung des Basalts eine richtige und auch schon verhältnismäßig verbreitete Erklärung, ausgehend von den Kriterien seines neptunistischen Konzepts, zu widerlegen versucht und auch auf Grund seiner Argumentation die Wirkung der zutreffenden Deutung eingeschränkt.

Die Ursache für diese historische Tatsache ergab sich aus den Bedingungen der naturwissenschaftlichen Erkenntnis am Ende des 18. Jahrhunderts, die die Möglichkeit einer eindeutigen Entscheidung für die eine oder andere genetische Deutung auf der Grundlage gesicherter Kriterien noch nicht bot.

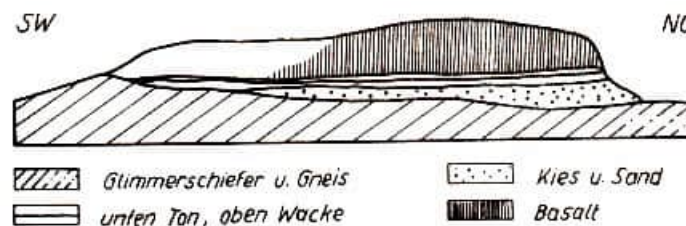
Jede der beiden Parteien vermochte in dieser wissenschaftlichen Kontroverse Argumente vorzutragen, die von der anderen Seite nicht vollständig widerlegt werden konnten. Werner vertrat seinen Standpunkt prinzipiell und mit großem Engagement, wodurch der „Basaltstreit“ eine wesentliche Nahrung fand. Er hatte gerade diesem Gestein bei seinen geologischen Felduntersuchungen und Überlegungen eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da sich mit seiner Einordnung in die erdgeschichtliche Abfolge gewisse Schwierigkeiten ergaben.

Ursprünglich hatte er den Basalt in das „Urgebirge“ gestellt, fand ihn dann aber im

sächsischen Erzgebirge mit Lockermassen des „Aufgeschwemmten Gebirges“ vergesellschaftet, weshalb er ein jüngeres Alter für ihn annahm.

Die eigentliche Auseinandersetzung ging von einer Preisfrage aus, die 1787 von einem schweizerischen Naturforscher und Herausgeber einer Zeitschrift gestellt wurde: „Was ist Basalt? ist er vulkanisch oder ist er nicht vulkanisch?“ Von den insgesamt sechs eingesandten Arbeiten waren die der Werner-Schüler Johann Friedrich Wilhelm Widenmann und Johann Carl Wilhelm Voigt von besonderer Klarheit.

Widenmanns Antwort gab eine neptunistische Erklärung und gewann den ersten Preis, Voigt versuchte den Basalt vulkanistisch zu erklären. Beide Stellungnahmen konnten aber nicht völlig überzeugende Argumente liefern. Vermutlich durch das Eingreifen von Werner in die Debatte wurden die entgegengesetzten Positionen profiliert.



10 Geologisches Profil durch den Scheibenberg/Erzgebirge (nach R. Bech, 1917)

Bereits am 20. Oktober 1788 ließ Werner die „Bekanntmachung einer am Scheibenberg Hülgel über die Entstehung des Basalts gemachten Entdeckung“ im Druck erscheinen und sprach sich darin eindeutig für die neptunistische Genese dieses Gesteins aus. Er schildert seine Beobachtung sehr eindrucksvoll:

"Wie erstaunte ich aber, als ich hinkam und gleich mit einem Blicke erst unten eine mächtige Quarzsandschicht, dann darüber einige Tonschichten, endlich eine Wackenschicht und über dieser den Basalt aufliegen sahe ... Hier drangen sich mir ... die Ideen schnell und unwiderstehlich auf: Dieser Basalt, Wacke, Ton und Sand sind alle von einer Formation, sind alle durch nassen Niederschlag aus einer und derselben ehemaligen Wasserbedeckung dieser Gegend entstanden ..." [5, S. 848]

Innerhalb weniger Wochen nahm Voigt zu dieser Deutung am 23. November 1788 mit einer „Berichtigung. Über die neue Entdeckung von Herrn Akademie-Inspektor Werner“ kritisch Stellung.

Dadurch wurde die Debatte auch emotional gefärbt, weil sich wohl der Lehrer Werner durch seinen ehemaligen Schüler nicht schlechthin „berichtigen“ lassen wollte, zumal selbst Voigt die am Scheibenberg gemachten Beobachtungen weder in Zweifel ziehen wollte noch konnte, ihnen aber eher eine andere Deutung gab.

Werner antwortete darauf bereits am 19. Dezember 1788, und auch Voigt meldete sich 1789 wieder zu Wort, wodurch es zu einer sehr lebhaften und im Ton nicht immer maßvollen Debatte kam.

Da in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts die Geologie eine im Blickpunkt des öffentlichen Interesses stehende Wissenschaft war, ergab sich eine große Anteilnahme an dieser Auseinandersetzung. Sowohl die neptunistische wie die vulkanistische Deutung der Basaltgenese fanden zahlreiche Parteiläufer.

Die größere Zahl der Schüler Werners bekannte sich zur Position des Neptunismus, wozu auch Alexander von Humboldt gehörte, der sich ebenfalls an der Debatte beteiligte. Auch Johann Wolfgang von Goethe, an geologischen und mineralogischen Fragen lebhaft interessiert, versuchte 1790 die „Vulkanier und Neptunier“ durch Vergleichsvorschläge zu vereinigen, neigte dann aber selbst doch mehr der neptunistischen Partei zu.

Durch die Deutung der Lagerungsformen und Petrographie des Basalts im neptunistischen Sinne sowie die gleichartige Beantwortung der Frage danach, ob die Basaltgänge von oben oder von unten gefüllt wurden, war um 1790 die Meinung Werners in Deutschland die vorherrschende.

Der Neptunismus-Vulkanismus-Streit war die erste große wissenschaftliche Auseinandersetzung in der Geschichte der geologischen Wissenschaften, die über ihre Bedeutung in diesen Disziplinen selbst allgemeine Beachtung fand und die Alexander von Humboldt bereits 1790 mit folgenden Worten würdigte:

"Jener literarische Zwist, dessen Ende vielleicht noch fern ist, und an welchem die größten Mineralogen Anteil nehmen, wird immer als ein schönes Denkmal des menschlichen Scharfsinns in der Geschichte der Geognosie Epoche machen." [64, S. 14]

Schien der Sieg der Neptunisten in der Basaltfrage einstweilen auch gesichert zu sein, verstummten die Parteigänger einer vulkanistischen Deutung durchaus nicht.

Standen zunächst vor allem die Basaltberge des Erzgebirges und der Rhön im Mittelpunkt des Interesses der streitenden Gelehrten, gewannen im Verlauf der Auseinandersetzungen und Überlegungen auch bereits früher geäußerte Meinungen über die Genese dieses Gesteins in anderen Ländern einschließlich entsprechender Beobachtungen an Bedeutung. Wesentlich für den Ausgang der Kontroverse und die Überwindung der neptunistischen Deutung wurde auch die Tatsache, dass mehrere prominente Schüler Werners auf Reisen vor allem nach Italien und Frankreich Vulkane und Basaltvorkommen besuchten und dort ein detailliertes Studium dieses Gesteins in der Natur vornahmen.

Leopold von Buch, einer der bedeutendsten Schüler Werners, hatte bereits 1796/97 bei einem Italiaufenthalt den Vesuv besucht, reiste 1802 in die Vulkangebiete der Auvergne in Frankreich und erlebte zusammen mit Alexander von Humboldt 1805 den Ausbruch des Vesuv. Dabei war den Reisenden der ursächliche Zusammenhang zwischen Basalten und vulkanischen Erscheinungen keineswegs entgangen.

Um aber offensichtlich ihrem Lehrer Werner nicht prinzipiell widersprechen zu müssen, vertraten sie ihre neuen Erkenntnisse zunächst mit großer Vorsicht. Werner blieb bis zu seinem Lebensende ein konsequenter Neptunist, seine bedeutendsten Schüler wurden dagegen vor allem unter dem Eindruck der Naturbeobachtungen in der Auvergne und am Vesuv zu Vulkanisten.

Unbeirrt von den neuen Erkenntnissen zur Genese des Basalt beharrte man in Freiberg auf den orthodoxen Positionen des Neptunismus über den Tod von Werner hinaus. Es kann nur als Ausdruck von Dogmatismus in der Wissenschaft gewertet werden, wenn noch 1824 der spätere Professor für Physik an der Bergakademie Ferdinand Reich vom sächsischen Oberbergamt zu einer Studienreise nach Frankreich geschickt wurde, um

unter anderem die Haltlosigkeit der Argumente gegen den Neptunismus Werners nachzuweisen.

Reich führte in Frankreich gewissenhafte Untersuchungen durch und verfasste einen ausführlichen Bericht, in dem er die Vulkanität der Basalte der Auvergne bestätigte. Seine wissenschaftlichen Beschreibungen wurden in Freiberg nur widerwillig aufgenommen, da man gehofft hatte, er würde die vulkanische Deutung des Basalts widerlegen. Die Absicht Reichs, einen Aufsatz über die vulkanische Entstehung der Basalte zu veröffentlichen, wurde von der Freiburger Bergbehörde verhindert. Nicht zu verhindern war dagegen die richtige Einsicht in die Genese der basaltischen Gesteine, die sich auch in Freiberg - wenn auch verzögert - durchsetzte.

Das Problem des Vulkanismus-Neptunismus-Streits um die Entstehung des Basalts beschäftigte die Gelehrten an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert über Jahrzehnte. Ganz offensichtlich waren diese Dispute nicht in jedem Falle durch eine aufrichtige Kollegialität bestimmt, so, dass Goethe in einer Dichtung über Amerika diesen Kontinent auch deshalb rühmte, weil man dort mit dem Basalt keine Sorgen habe; damals waren die Kenntnisse über die Geologie von Nordamerika noch begrenzt, und so reflektierte Goethe über diesen Gelehrtenstreit: [61, S. 127]

Amerika, du hast es besser  
als unser Kontinent, der alte,  
hast keine verfallenen Schlösser  
und keine Basalte.

Trotzdem bestimmte der Streit der beiden Parteien noch am Beginn des 19. Jahrhunderts die wissenschaftliche und kulturhistorische Situation in einem solchen Maße, dass Goethe diese Kontroverse selbst in seinem *Faust* (II) verarbeitete. Dort heißt es in der klassischen Walpurgisnacht [62, Bd. 4, S. 433 f.]

Anaxagoras zu Thales:

Dein starrer Sinn will sich nicht beugen;  
Bedarf es Weitres, dich zu überzeugen?

Thales:

Die Welle beugt sich jedem Winde gern,  
Doch hält sie sich vom Schroffen Felsen fern.

Anaxagoras:

Durch Feuertunst ist dieser Fels zu Handen

Thales:

Im Feuchten ist Lebendiges erstanden.

...

Anaxagoras:

Hast du, o Thales, je, in einer Nacht,  
Solch einen Berg aus Schlamm hervorgebracht?

Thales:

Nie war Natur und ihr lebendiges Fließen  
Auf Tag und Nacht und Stunden angewiesen.

Sie bildet regelnd jegliche Gestalt,  
Und selbst im Großen ist es nicht Gewalt.

Anaxagoras:

Hier aber war's! Plutonisch grimmig Feuer,  
Äolischer Dünste Knallkraft ungeheuer  
Durchbrach des flachen Bodens alte Kruste,  
Daß neu ein Berg sogleich entstehen musste.

Thales:

Was wird dadurch nun weiter festgesetzt?  
Er ist auch da, und das ist gut zuletzt.  
Mit solchem Streit verliert man Zeit und Weile  
Und führt doch nur geduldig Volk am Seile.

So weitgehend die Wirkungen der Positionen Werners in der Frage des Basaltstreits bis hinein in die klassische deutsche Literatur waren, beeinflussten andere seiner wissenschaftlichen Vorstellungen die Lösung aktueller geologischer Probleme unmittelbar. In dem einen wie im anderen Falle war ihm der Neptunismus dazu die selbstverständliche allgemeine Grundlage, auf der seine wissenschaftlichen Aussagen beruhten.

Das galt auch für seine Beiträge zur Lagerstättenlehre. Im Mittelpunkt geologischer Diskussionen über die Lagerstätten der Erze standen insbesondere in Sachsen Probleme der Genese, der Tiefenerstreckung und der Erzführung auf den Gängen. Diese Fragen waren von großer Aktualität für die Effektivität des Bergbaus.

Werner entwickelte und veröffentlichte (1791) eine „Neue Theorie von der Entstehung der Gänge mit Anwendung auf den Bergbau“, die aus der neptunistischen Grundkonzeption abgeleitet war. Dabei verarbeitete er eine Fülle wertvoller Detailerkenntnisse über Gangerzlagerstätten aus den verschiedensten Bergbau treibenden Ländern und fasste wichtige Erfahrungen zusammen. Die verschiedenen Veröffentlichungen zu Lagerstättenfragen am Ende des 18. Jahrhunderts vertraten unterschiedliche Standpunkte zur Genese.

Allen Ansätzen zu einer magmatogenen Deutung der Entstehung von Erzgängen widersprechend, sah Werner die Gänge als im Verlauf sedimentärer Prozesse gebildete Spaltenbildungen an, deren Ausfüllung durch einen Niederschlag von oben zu erklären sei. Wurde damit die Genese der Gänge auch im Prinzip falsch interpretiert, ergab sich doch zu einer in dieser Zeit außerordentlich wichtigen Problematik der Geologie aus der Sicht des Neptunismus eine mögliche Erklärung und eine kompetente Zusammenfassung der Erkenntnisse über die Gangerzlagerstätten.

Natürlich erschöpfte sich der Wert der Aussagen Werners zu den Lagerstätten nicht in der neptunistischen Deutung ihrer Entstehung. Werner verallgemeinerte eine Reihe konkreter Beobachtungen und definierte verschiedene Begriffe, die in der weiteren Geschichte der geologischen Erkenntnis ihren praktischen Wert erwiesen haben, indem sie auch von zahlreichen anderen Geologen benutzt wurden.

Dazu gehören solche Termini wie die „Gang-Formation“, die „Gang-Niederlage“, das „Erzrevier“ usw. Die von Werner beschriebenen Gangformationen des Freiburger Erzreviers haben zwar im Verlauf der weiteren Erkenntnis in der Bestimmung ihres konkreten

Inhalts manche Veränderung erfahren, seine grundsätzlichen Vorstellungen haben sich aber in der praktischen Arbeit der Geologen bewährt. Er gab diesem Begriff folgenden Inhalt:

"Ich nenne alle Gänge von ein und der nämlichen Entstehung zusammen, sie mögen nahe in einer Gegend beisammen oder weit entfernt von einander in verschiedenen Ländern vorkommen, eine Gang-Formation, oder auch kurz eine Formation und sage z.B. die Bleiglanz-, Fluss- und Schwerspatformation, - die Rot- und Weißgültig-Formation usw." [10, S. 5 f.]

Damit definierte Werner diesen Begriff. durch den jeweils gegebenen Mineralinhalt und seine Entstehungsweise. Gangformationen waren in seinem Verständnis Gänge derselben Genese. Bis in die Gegenwart ist diese Bestimmung brauchbar geblieben, und der Terminus Gangformation wird als einer der Grundbegriffe in der Erzlagerstättenlehre nach wie vor verwendet.

Werner klärte weitere Begriffe: Gänge der gleichen Formation, in einem Gebiet benachbart, nannte er Gang-Niederlage; verschiedene Gangerzniederlagen, die in einer Gegend zusammen auftreten, bezeichnete er als Erz-Revier. Diese Bestimmungen waren nicht abstrakte Festsetzungen. Ihnen lagen zahlreiche geologische Untersuchungen in der Natur zugrunde, die er immer als erläuternde Beispiele wenigstens zum Teil beifügte.

Hier zeigt sich, wie die von Werner aus konkreten Beobachtungen abgeleiteten Verallgemeinerungen - auch auf der Basis seines neptunistischen Konzepts - keine tauben Blüten blieben, sondern den Fortschritt der geologischen Erkenntnis bis in unsere Tage spürbar stimulierten. Ganz in diesem Sinne verdient hervorgehoben zu werden, dass Werner eine wichtige theoretische Aussage zu dem 1849 von August Breithaupt erarbeiteten Begriff der Mineralparagenese bereits 1791 vorwegnahm. Dabei geht es um die Tatsache, dass bestimmte Minerale in der Natur gesetzmäßig zusammen vorkommen bzw. sich untereinander ausschließen. Werner hatte dieses Phänomen beobachtet und sagte dazu:

"Die ... Untersuchung über die verschiedenen besonderen Formationen eines Metalls oder Erzes führt unmittelbar zu der nicht minder interessanten Betrachtung über das gewöhnliche Zusammenbrechen [Miteinandervorkommen] gewisser Erze und Fossilien, und die stete Abwesenheit gewisser Fossilien bei einigen anderen. ..." [10, S. 162 f.]

Treffend vermutete Werner im „Mischungs-Verhältnis“, das heißt in der chemischen Zusammensetzung, die Ursache für dieses Phänomen, führte aber als möglichen Grund auch das Alter der Formationen an. In jedem Falle hatte er hier aber eine Beobachtung gemacht, die sowohl für die Lagerstättenlehre als auch die Mineralogie und später auch die Geochemie von wesentlicher Bedeutung war.

Auch ein ganz anderes Gebiet, die Geschichte des Lebens, hatte im neptunistischen System einen festen Platz. Es verwundert nicht, in diesem Rahmen den Gedanken der Veränderung der Organismen in der Erdgeschichte ausgesprochen zu finden: „Es haben anfänglich nur Meeresgeschöpfe existiert, die Landgeschöpfe kamen später. Die organische Welt muss sich allmählich geändert haben.“ [19, Bd. 1, Bl. 38]



Auch durch diese Worte wird deutlich, dass dem Neptunismus eine echt historische Auffassung von der Erdgeschichte entsprach, die für das Verständnis des Entwicklungscharakters dieses Prozesses mindestens eine günstige Voraussetzung war. Werner gab eine erste Vorstellung von der Paläontologie, die er „Versteinerungslehre“ nannte und dazu auch eine erste eigene Lehrveranstaltung im Zusammenhang mit der Geognosie durchführte.

Von den verschiedenen Einzelerkenntnissen, die durch Werners Notizzettel in seinem Nachlass belegt sind; ist wenigstens sein Gedanke zur Zeitgebundenheit bestimmter Fossilien hervorhebenswert. Seine detaillierten Beobachtungen von Versteinerungen in verschiedenen Ablagerungen führten zu dem Resultat, dass es zwischen Fossilien und geologischen Horizonten bestimmte Relationen geben muss.

Zunächst war für ihn das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Versteinerungen ein Kriterium für die Unterscheidung des Urgebirgs vom Flözgebirge. Darüber hinaus aber bemerkte er eine Horizontbeständigkeit bestimmter Fossilarten in Formationen, die Versteinerungen enthielten: „In Flözalkalgebirgen ist es merkwürdig, dass verschiedene Schichten auch verschiedene Versteinerungen führen. Dieses beweist einen Unterschied im Niederschlag.“ [19, Bd. 5, Bl. 226]

In der letzten von Werner (1818) publizierte Arbeit wird dieser Gedanke folgerichtig weitergeführt und angemerkt, dass die verschiedenen Versteinerungen, die in bestimmten Gebirgsschichten auftreten, eine „gewisse Ordnung“ der geologischen Bildungen erkennen lassen. Damit ergab sich aus dem historisch-genetischen Grundsatz des Neptunismus ein Ansatz für die Erkenntnis des Leitfossilprinzips, das der Engländer William Smith als wesentliche Methode der Stratigraphie<sup>2</sup> und der relativen Altersbestimmung in der Geologie entwickelte.

Deutlich wird aus den neptunistischen Erklärungen zahlreicher sehr verschiedener geologischer Phänomene in der Natur, wie weitgehend Werner sein theoretisches Konzept entwickelt hatte und es auch auf die zahlreichen Erscheinungen anzuwenden verstand. Die Geschlossenheit in der Gedankenführung und die Konsequenz, sich von dieser Grundlage ausgehend allen aktuellen geologischen Fragestellungen an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert zu stellen, waren wichtige Voraussetzungen für die Wirksamkeit und Verbreitung des Neptunismus in dieser Epoche der Entwicklung naturwissenschaftlicher Arbeit.

## 5.5 Die geognostische Landesuntersuchung in Sachsen

Werner war nicht nur der führende Theoretiker des Neptunismus und Lehrer an der Bergakademie. Von großer Bedeutung war auch sein Wirken als Bergbeamter, wodurch er Einfluss auf praktische Belange des Montanwesens nahm. Nachdem er 1792 zum Mitglied des Oberbergamtes in Freiberg berufen worden war, machte er sich insbesondere um die Wasserwirtschaft des Freiburger Bergbaus verdient und leitete die geologische Landesuntersuchung Sachsens.

---

<sup>2</sup>Stratigraphie = Teilgebiet der historischen Geologie, das sich mit der Aufeinanderfolge von Schichten, ihrem Fossilinhalt und dem entsprechenden Gesteinsinhalt beschäftigt.

Die Landesuntersuchung war deshalb von besonderer Bedeutung, weil sie einem originellen Konzept Werners folgte und die geologische Feldarbeit auch in anderen Gebieten beeinflusste. 1788/89 erteilte der sächsische Kurfürst den Auftrag, die nutzbaren Minerale des Landes aufzusuchen und zu erfassen.

Dabei ging es insbesondere um Erzlagerstätten, aber auch Steinkohlenvorkommen, da die Brennstoffvorräte in Sachsen einer dringenden Ergänzung bedurften. Unter dieser praktischen Zielsetzung wurde Werner 1791 mit der Durchführung dieser geologischen Arbeiten beauftragt, die er mit seinen Schülern durchführte und mit einem Hauptbericht an das Oberbergamt Freiberg 1811 abschloss.

Beim Beginn der Arbeiten lagen zwar schon einige geologische Karten vor, es gab aber noch nirgends ein Vorbild für die systematische geologische Untersuchung eines Landes. Bereits 1778 war die erste farbige petrographische Karte Sachsens von Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier erschienen, die einen Überblick zur Geologie des Landes gab. Werner ging bei der Realisierung der ihm gestellten Aufgabe einen anderen Weg, der für die geologische Arbeit eine grundlegende Bedeutung erlangen sollte. Das von ihm zu untersuchende Gebiet wurde in 92 verschiedene Kartierungsdistrikte gegliedert, die von seinen Schülern selbständig zu untersuchen, kartographisch darzustellen und verbal zu beschreiben waren.

Auf diese Weise konzipierte er eine systematische Detailuntersuchung des Landes, um dann auf dieser Grundlage nicht nur die gesuchten Lagerstätten nachweisen zu können, sondern auch mosaikartig ein Gesamtbild von den geologischen Verhältnissen Sachsens zu erarbeiten.

Ausgehend von allgemeinen verbindlichen Hinweisen Werners für die Anfertigung geologischer Karten, erhielten die Beteiligten spezielle Instruktionen für die Arbeiten auf dem von ihnen aufzunehmenden Territorium.

Auf Exkursionen im Freiburger Gebiet führte Werner seine Studenten in die geologische Geländearbeit ein und besuchte auch einzelne seiner Schüler bei den Kartierungsarbeiten. Die wissenschaftlichen Grundlagen für die Übung dieser praktischen Aufgaben waren vor allem durch seine Vorlesungen zur Geognosie, aber auch entsprechende Konzepte zur Nomenklatur und detaillierte Arbeitsanweisungen gegeben. So wurde die Einheitlichkeit im Arbeitsprozess gesichert, da doch eine für die damalige Zeit größere Zahl von Personen in das Projekt im Verlauf der Jahre einbezogen wurde.

Die eigentlichen Aufnahmen im Gelände begannen 1798. Später bedeutende Bergbeamte wie Siegmund August Wolfgang von Herder oder Johann Carl Freiesleben, Professoren der Bergakademie wie Carl Amandus Kühn oder August Breithaupt und auch einige Ausländer wurden in diese Arbeit einbezogen und erhielten auf diese Weise eine praktische geologische Ausbildung, die für ihre berufliche Tätigkeit von großer Bedeutung war.

Werner gab den kartierenden Studenten nicht nur exakte Instruktionen, was sie auf welche Weise zu beobachten hatten. Auch für die Kartierungsberichte waten bestimmte Formen vorgegeben. Die verbale Beschreibung des Gebietes war einer bestimmten Disposition entsprechend zu gliedern. Zeichnerische Darstellungen gehörten unbedingt

zu jedem Bericht und umfassten durchgängig eine farbige geologische Karte, in einigen Fällen auch Routenkarten oder Profile.

Den Berichten waren auch Belegstücke der im Kartierungsgebiet auftretenden Gesteinsarten beizugeben. Werner selbst sah die von den Schülern vorgelegten Arbeiten durch und gab dazu sein wertendes Urteil. Da alle Arbeiten unter einer einheitlichen Zielsetzung und bei Anwendung einer nahezu gleichartigen Methodik angefertigt wurden, ergab sich eine Fülle von Informationen, wenn auch in Abhängigkeit vom subjektiven Vermögen der kartierenden Studenten mit unterschiedlicher Qualität. Trotzdem wurde das Ziel erreicht, wie der umfängliche (aber ungedruckte) Bericht vom 17. September 1811 belegt.

Neben der Bedeutung der konkreten Resultate, deren Wert natürlich nur an ihrer Brauchbarkeit für Sachsen am Anfang des 19. Jahrhunderts gemessen werden kann, ist diese geologische Landesuntersuchung vor allem aber noch unter anderen Gesichtspunkten zu würdigen.

Zunächst ist sie die erste geologische Spezialkartierung eines Territoriums in der Geschichte, die zum Vorbild für die Geländeaufnahme auch in anderen Staaten wurde. Sie bedeutete einen wichtigen Schritt in der Entwicklung der geologischen Kartierung überhaupt, der nicht nur von Werner konzipiert, sondern auch verwirklicht wurde. Zum anderen erfolgte im Rahmen dieses Projekts erstmalig eine Verknüpfung von theoretischer (Studium) und praktischer (Kartierung) Ausbildung auf dem Gebiet der Geologie, die in ihrer Bedeutung der Laborarbeit in der Chemie oder dem anatomischen Praktikum in der Medizin gleichgesetzt werden darf.

Schließlich entwickelte Werner im Resultat der Landesuntersuchung methodische Beiträge zur geologischen Kartierung, die in der Folgezeit bei zahlreichen weiteren Arbeiten Berücksichtigung fanden. Dem Abschlussbericht über die Kartierung Sachsens (1811) war eine besondere Anlage „Über die Farbenbezeichnung und übrige Charakterisierung der verschiedenen Gebirgsgattungen und anderer anzudeutender Gegenstände auf petrographischen Karten“ beigegeben, die als eine in der praktischen Feldarbeit bestätigte Konzeption für die Anfertigung geologischer Karten angesehen werden darf.

Werner bestimmte für die einzelnen Gesteine und Lagerungsformen Symbole und Farben, wobei er bereits bei anderen geologischen Karten verwendete Farbnuancen in sein System mit einbezog. In einer Tabelle fasste er für 40 Gesteinsarten seine Farbvorschläge zusammen.

Diese Tabelle wurde in Freiberg manuell vervielfältigt und fand über seine Schüler sowie die weitere Abgabe an Bergbehörden im Ausland und private Interessenten eine relativ weite Verbreitung. Werner nahm bereits vorliegende Erfahrungen zur Kartierung in sein System auf, erweiterte aber durch seine Vorschläge die Methodik für die praktische geologische Geländeaufnahme erheblich und gab vor allem mit seiner Anleitung zur Farbenbezeichnung der geologischen Kartierung nachhaltige Impulse, die bis in die Gegenwart spürbar sind. So wurde durch ihn auch die praktische Wirksamkeit geologischer Tätigkeit nachhaltig stimuliert und damit sein wissenschaftliches Werk den Erfordernissen seiner Zeit entsprechend abgerundet.

Die wissenschaftliche Aktivität Werners lässt sich bis zum Ende der neunziger Jahre des 18. Jahrhunderts ziemlich sicher verfolgen, während er in den letzten anderthalb Jahrzehnten seines Lebens offenbar weniger produktiv war. Unübersehbar sind seine zahlreichen Beiträge zur geologischen Erkenntnis, die sich vor allem durch einen hohen Allgemeinheitsgrad auszeichneten und großen Einfluss auf die wissenschaftliche Deutung vieler Probleme hatten.

Aus diesen Gründen vor allem erklärt sich das Phänomen seines großen Einflusses auf die Geologie an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert. Der bedeutende englische Geologe Charles Lyell schrieb 1830 über Werners Wirksamkeit:

"Er richtete seine Aufmerksamkeit nicht nur auf die äußeren Charaktere der Mineralien, sondern auch auf das, was er „Geognosie“ nannte, oder das natürliche Vorkommen der Mineralien in besonderen Gebirgsarten, nebst der Gruppierung dieser Gebirgsarten, ihrer geographischen Verteilung und verschiedenen anderen Verhältnissen.

Die in der Struktur der Erde beobachteten Erscheinungen hatten bis dahin zu weiter nichts gedient, als interessante Themen zu philosophischen Diskussionen geliefert; als aber Werner ihre Anwendung auf den praktischen Bergbau dartat, wurde sie sofort von einer großen Klasse von Männern als zu ihrer Fachausbildung wesentlich angesehen, und seit der Zeit wurde sie in Europa eifriger und mehr systematisch getrieben ... In wenigen Jahren erlangte die vorher in Europa unbekannte Bergakademie den Ruf einer großen Universität, und Männer, die sich schon in wissenschaftlicher Hinsicht ausgezeichnet hatten, studierten die deutsche Sprache und kamen aus entfernten Gegenden herbei, um das große Orakel der Geologie zu hören." [67, Bd. 1, S. 50 f.]

Dieses positive Urteil von Lyell, der in vielen Fragen Werner gegenüber auch sehr kritisch eingestellt war, bezeugt in hohem Maße, dass der Freiburger Gelehrte die spezifische Aktualität geologischer Fragestellungen in seiner Zeit erkannt und sein wissenschaftliches Wirken auf ihre Lösung erfolgreich eingerichtet hatte.

Damit entsprach Werner im wesentlichen den Erfordernissen der Gesellschaft seiner Zeit, die ihrerseits seine wissenschaftlichen Leistungen anerkannte und würdigte.

## 6 Zur Weltanschauung Werners und seinen Auffassungen über die Gesellschaft

Seine wissenschaftliche Arbeit betrieb Werner nicht als Selbstzweck. Er empfand sie als eine Tätigkeit in der Gesellschaft zum Nutzen der Menschen und verwies darauf bei den verschiedenen Gelegenheiten in Vorlesungen und Veröffentlichungen. In seinem Denken und Urteilen beschränkte er sich keineswegs auf wissenschaftliche Fragen der Mineralogie und Geologie.

Im Geist der Aufklärung interessierte er sich außerordentlich rege auch für Politik, Philosophie, Kultur und Technik. An politischen Ereignissen nahm er regen Anteil. Leidenschaftlich sammelte er nicht nur Minerale und Münzen, sondern vor allem auch Bücher. Das war Ausdruck seiner Aufgeschlossenheit gegenüber den verschiedensten Fragen und Problemen seiner Zeit. Die Breite seiner Interessen wird insbesondere durch den Inhalt seiner Privatbibliothek belegt, die neben einer nahezu vollständigen Sammlung der Literatur zu den Montanwissenschaften (einschließlich Mineralogie, Geologie und Chemie) seiner Zeit auch über viertausend Bände zur Geschichte, Philosophie, Theologie, Philologie, Belletristik, Literaturgeschichte, Völkerkunde usw. enthielt. Werners Sammlungen sind in ihrem Grundbestand erhalten geblieben und befinden sich im Besitz der Bergakademie Freiberg.

Werners weltanschauliche Haltung war sehr eng mit der Art und Weise seiner wissenschaftlichen Arbeit verbunden. Er bemühte sich um Erkenntnisse, die allein auf einer sicheren Naturbeobachtung basierten. Allegorische Darstellungen der Erdgeschichte, die sich häufig sogar auf Einzelheiten der biblischen Berichte bezogen, lehnte er ab. Deduktiv abgeleitete Erklärungsversuche und unbeweisbare Vermutungen blieben für Werner unzureichend. Er orientierte sich auf Erkenntnisse, die - wenn schon nicht durch das Experiment - wenigstens durch die Beobachtung jederzeit zu überprüfen möglich waren. Nur ein solches Herangehen bot die Voraussetzung für eine erfolgreiche Lösung der Aufgaben im Rahmen des Bergbaus oder der geologischen Landesuntersuchungen.

So forderte er in seinen Vorlesungen, auch in der geologischen Arbeit allein von den Tatsachen auszugehen und alle wissenschaftlichen Erkenntnisse durch die Beobachtung zu bestätigen:

"Wiederum aber kann und muss Geognosie bloß am Pulte entworfen, - d. i. ohne alle, oder doch nicht hinlängliche gemachte Beobachtungen und Erfahrungen, ohne gute Mineralogische Geographie, - nichts als kahle schiefe Ideen, nichts als Hirn-Gespinnste enthalten, wovon wir leider nur so viele Beispiele haben ... Ein System der Geognosie wird also um so mehr an Evidenz [Klarheit] gewinnen, je mehr es aus richtigen mineralogisch geographischen Beobachtungen gezogen und durch solche verifiziert [bestätigt] ist. Ich sage verifiziert ist: denn der Geognost soll die Sätze seines Systems eben so mit Beobachtungen belegen, als der Rechnungsführer seine Rechnung, oder wie der Geschichtsschreiber seine Quellen anführt." [19, Bd. 1, Bl. 267]

Diese Worte charakterisieren Werners Werk, das mit seinen richtigen Elementen voll derartigen Prinzipien entsprach. Seine Verdienste um die mineralogischen und geologi-

schen Wissenschaften gehen zu einem großen Teil auf seine Leistungen bei der Entwicklung, Anwendung und Verbreitung exakter wissenschaftlicher Methoden zurück. Zwar waren schon die Arbeiten von G. Agricola im 16. Jahrhundert dadurch gekennzeichnet, aus den Dingen selbst die Kenntnis über ihr Wesen zu suchen.

Die induktive Methode war also in diesen Naturwissenschaften bereits angewandt worden. Das Neue bei Werner bestand demgegenüber in der systematischen Ausarbeitung dieser Methodik und ihrem Bewusstmachen in den geologischen Wissenschaften.

So sehr sich Werner auch um die Entwicklung der Tatsachenforschung bemühte, verfiel er doch nicht in einseitige Urteile. Ausgehend von einer exakten Beobachtung der Naturphänomene erkannte Werner die Rolle und Funktion des theoretischen Denkens in der Wissenschaft voll an. So sprach Werner auch über den Wert der Phantasie in der wissenschaftlichen Arbeit und unterstrich ihre Bedeutung als Triebkraft für die Erkenntnis:

"Hauptsächlich ist es unsere Phantasie, in dem Falle, wenn solche die Beurteilungskraft einigermaßen überwiegt oder ihr doch ziemlich die Waage hält, welche uns zu solchen wissenschaftlichen Schwärmern macht. Ich bin weit davon entfernt, über diese Geisteskraft und ihre Wirkungen in dem Felde der Gelehrsamkeit spotten zu wollen. Ich erkenne vielmehr ihre heilsamen Wirkungen mit aller Achtung und sehe sie als die große Sprungfeder des menschlichen Geistes an, die Leben und Tätigkeit in die außerdem gewiss nur sehr langsam fortschleichende Kultur der Wissenschaft bringt." [19, Bd. 77, Bl. 76]

Mit diesen Worten verweist Werner auf die eigenständige Rolle des menschlichen Geistes bei der wissenschaftlichen Erkenntnis, der bei aller äußeren Bedingtheit von ihm als Triebkraft der Wissenschaftsentwicklung angesehen wird. Er grenzt sich von einem platten Empirismus ab, der die Wissenschaft auf das Sammeln von einzelnen Erkenntnissen und Erfahrungen beschränken möchte.

Wie in seinem eigenen wissenschaftlichen Werk, so zeigt sich auch in den Auffassungen von Werner über die Methodologie der Wissenschaft die Wertschätzung von induktiven und deduktiven Verfahren in der Erkenntnis gleichermaßen. Das war eine weltanschauliche Position, die sich auf die Entwicklung der geologisch-mineralogischen Erkenntnis an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert sehr förderlich auswirkte.

Bei Werners hoher Meinung über den Wert der induktiven Methode ist seine materialistische Grundhaltung in erkenntnistheoretischen Fragen durchaus verständlich. Die sinnliche Wahrnehmung der Eigenschaften z. B. von Mineralen ist seiner Auffassung nach für den Erkenntnisprozess die Grundlage. Für ihn hatten diese Eigenschaften objektiven und realen Charakter. Sie werden durch die menschlichen Sinne wahrgenommen, um dann in unser Gedächtnis und Denken einzugehen, Wenn z. T. auch mit anderen Worten, wird dieser Sachverhalt von Werner auf folgende Weise dargestellt:

"Alles was wir von natürlichen Gegenständen wissen, wissen wir bloß vermittelt gewisser Wirkungen derselben, die unsere äußeren Sinne (Gesicht, Gefühl usw.) affizieren [berühren], von unserem inneren Sinn (Seele p. p.) wahrgenommen und verglichen werden und mehr und weniger bleibende Eindrücke in uns hinterlassen. Dergleichen wahrge-

nommene Wirkungen sind Farbe, Schwere, Geruch, Geschmack, Härte, Glätte, Kälte usw. ..." [19, Bd. 1, Bl. 254]

Das ist eine Auffassung des Erkenntnisprozesses im Sinne des materialistischen Sensualismus. Mindestens kommt in diesen Gedanken die spontane materialistische Grundhaltung Werners zum Ausdruck, wie sie sich direkt aus seinen naturwissenschaftlichen Arbeiten ergab.

Sein Verhältnis zur Natur war von der Art, wie es später von Friedrich Engels mit den Worten charakterisiert wurde: „Allerdings heißt materialistische Naturanschauung weiter nichts als einfache Auffassung der Natur so, wie sie sich gibt, ohne fremde Zutat ..." [56, S. 469]

Auf einer solchen Naturauffassung basierten auch die von Werner entwickelten methodischen Prinzipien, mit denen er den mineralogischen und geologischen Wissenschaften ein wirksames Rüstzeug für ein erfolgreiches Arbeiten in Theorie und Praxis gab.

In seinem ganzen wissenschaftlichen Denken vertrat Werner eine Trennung von Naturerkenntnis und religiösem Glauben. Er war von der durchgängigen Gesetzmäßigkeit des Naturgeschehens überzeugt und ließ in seinem neptunistischen Konzept von der Erdgeschichte in keinem Zusammenhang Gott eingreifen oder bediente sich irgendwelcher Wunder zur Erklärung der Naturprozesse.

Damit unterschied er sich gravierend von den Versuchen verschiedener Naturforscher auch in Deutschland, die noch bis zur Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert Ergebnisse der Naturforschung mit biblischen Berichten ursächlich verknüpften, um den religiösen Glauben zu festigen. Entsprechend allgemein verbreiteter Auffassung im 18. Jahrhundert stand der Schöpfer auch nach Werners Meinung am fernen Anfang des Naturgeschehens.

Die Natur agiert aber autonom entsprechend den ursprünglich gegebenen Befehlen und Gesetzen. Diese seine weltanschauliche Position wird in folgenden Formulierungen deutlich:

"Gewächse und Tiere entstanden auf der nunmehr zur Erhaltung dieser Körper geschickten Erde, entweder durch das bloße Wort des Schöpfers gerufen oder durch die der Natur vom Schöpfer beigelegte und sich nunmehr entwickelnde Erzeugungskraft hervorgebracht." [19, Bd. 5, Bl. 167]

Diese Auffassung vom Naturgeschehen ist ein klarer Ausdruck des Deismus, einer weltanschaulichen Richtung, die zwar vom Glauben an ein höheres Wesen ausgeht und in diesem den Schöpfer der Welt sieht, alle Phänomene des Wunders in der Natur aber ablehnt und sich bei der Erkenntnis der objektiven Realität auf den materiellen Charakter der Naturgesetze stützt. So auch Werner, wenn er meint:

"Aber welch Recht haben wir, der Natur einen Bildungsweg für die Fossilien vorzuschreiben? Wir sollen nicht Gesetzgeber der Natur sein. Sie ist ihr eigener Gesetzgeber, und wir sollen bloß treuer Ausleger und Verkünder ihrer durch ihre Bildungen und Kraftäußerungen zu erkennen gegebenen und betätigten Gesetze sein." [19, Bd. 11, Bl. 60]

Zahlreiche bedeutende Gelehrte und Philosophen dachten im 18. Jahrhundert auf die-

se Weise über die Gesetzmäßigkeit des Naturgeschehens und die Schöpfung. Zu ihnen gehörten John Locke, Voltaire, Jean-Jacques Rousseau, Michail Wassiljewitsch Lomonossow. Obwohl der Deismus an religiöse Ideen anknüpfte, haben diese Denker mit bemerkenswerter Konsequenz die Grundlagen der christlichen Lehre angegriffen und zur Erschütterung des Offenbarungsglaubens maßgeblich beigetragen.

Die Deisten wurden in ihrer Zeit wegen ihrer Anschauungen über Gott und die Natur häufig von den offiziellen Vertretern der Kirche heftig angegriffen. Nach den deistischen Vorstellungen war die Wirksamkeit Gottes auf einen Initialpunkt am Beginn der Welt beschränkt. Für die Erkenntnis der Natur wurden keine Schranken gesetzt.

So darf man im Deismus durchaus einen „verschämten Materialismus“ verstehen, da seine Vertreter ganz im Geist der Aufklärung dem Verstand des Menschen freie Wirkungsmöglichkeiten gaben und vor allem die Naturforschung nicht durch religiöse Zwecksetzungen behinderten. Die Deisten standen häufig in einer kritischen Auseinandersetzung mit Vertretern des Offenbarungsglaubens oder Interpreten der Natur in einem religiösen Sinn. Auch Werner hatte vor allem während seiner Studienzeit in Leipzig eine solche kritische Haltung gegenüber einigen Theologen eingenommen, so dass ihn sein Freund Johann Carl Gehler in einem Brief 1774 ermahnte:

"... und lassen Sie die Theologen zufrieden. Die Schafsköpfe hassen jeden, der klüger ist als sie, noch mehr aber den, der es sich merken lässt, Schwache Seelen aber ... ärgern sich daran und halten Sie für einen Spötter der Religion, ob Sie gleich nur ein Spötter des Pastorengesindeles und der Vorurteile sind." [20, Bd. 1, Brief vom 2. 8. 1774]

Werners Verhältnis zu einigen offiziellen Theologen war also bereits sehr früh in die Diskussion gekommen, und sein zeitgenössischer Biograph, der Pastor Samuel Gottlob Frisch, fand es nach 1825 für notwendig, ihn wegen der Beschuldigung „des Mangels an Religiosität“ zu verteidigen. Dabei wird aber bedauernd hervorgehoben, dass er trotz „seiner hohen Achtung gegen das Christentum dennoch unkirchlich war und blieb“ [28, S. 253] und den Gottesdienst - außer bei amtlichen Anlässen - nicht besuchte.

Dieses Verhalten charakterisierte nicht nur Werners Weltanschauung und sein Verhältnis zur Kirche; es war auch typisch für den Deismus, der im 18. Jahrhundert eine progressive bürgerliche Denkrichtung war, im beginnenden 19. Jahrhundert aber selbst zum Gegenstand der Kritik wurde, da sich offen materialistische und atheistische Auffassungen immer stärker ausbreiteten.

Obwohl Werner mit seinem Wirken bis in das 19. Jahrhundert hinein reichte, war sein Denken und Handeln vor allem durch die Ideen der Aufklärung bestimmt, als dessen Vertreter er im sächsischen Gelehrtenstand angesehen werden darf.

Das Gebot der menschlichen Vernunft, die Hinwendung zur Erforschung der Natur und die Überzeugung von der gesellschaftlichen Wirksamkeit der Erkenntnisse verflochten sich in der Vorstellung der Gelehrten der Aufklärung zu einem Idealbild von der Funktion der Wissenschaften in ihrem Einfluss gegen religiösen Aberglauben und für den Progress der Geschichte der menschlichen Gesellschaft. Der Wissenschaft wurde der größte Wert beigemessen, und Werner qualifizierte ganz in diesem Sinn die wissenschaftliche Arbeit als höchstes Ziel menschlichen Daseins:



"Kann irgend etwas die ernstliche und angelegentliche Beherzigung des denkenden, aufgeklärten und sich fürs Gute beeifernden Welt- und Staatsbürgers verdienen, so ist es gewiss die Erweiterung der Wissenschaften, die höher und höher zu treibende Aufklärung im Felde der Gelehrsamkeit." [19, Bd. 72, Bl. 31]

"Wissenschaften machen human und daher echt wohlthätig und geehrt von anderen." [19, Bd. 77, Bl. 27]

Diese Wissenschaftsgläubigkeit basierte auf der Überzeugung von der überragenden Rolle der Vernunft in der vom Bürgertum erhofften Zukunft der menschlichen Gesellschaft. Nicht nur die bestehende Religion, Naturanschauung, Staatsordnung und das Recht hatten ihre „Existenz vor dem Richterstuhl der Vernunft“ zu rechtfertigen.

Die Vernunft wurde auch als Grundlage für die Überwindung aller gesellschaftlichen Unzulänglichkeiten in der Welt angesehen und zur Basis für ein freies und friedvolles Leben der Menschen deklariert. Auch Werner folgte in einer seiner Notizen diesen Ideen:

"Sie [die Vernunft] befreit Nationen von den niederdrückenden Ketten, wo- mit sie der Aberglaube fesselt und zu verworfener Knechtschaft herabwürdigt; so wie ihre Fackel Länder, ja Weltteile erleuchtet, um sowohl diese Pest in ihrer ganzen scheußlichen Gestalt zu zeigen, als auch die Menschen ihre eigene Bestimmung, Wert und Würde erkennen zu lassen. Sie entreißt dem Fanatismus sein Mordschwert, womit er ganze Völkerschaften, ja Millionen aufs grausamste würgt, seinen Pechkranz, mit dem er die gesegnetsten Gefilde mit Brand erfüllt. Sie ists, die rohe, wütende Barbaren zu friedsamem, fleißigen, erfindungsreichen und edlen Bürgern umerschafft." [19, Bd. 77, Bl. 29]

Diese Ideen wurden von den progressivsten Ideologen des 18. Jahrhunderts formuliert und auf die eine oder andere Weise in die Tat umzusetzen versucht. Solche Gedanken gaben der französischen Revolution von 1789 das Gepräge. Das aufstrebende Bürgertum brauchte - so sehr sein Wirken in Deutschland auch begrenzt war - zu seinem Selbstbewusstsein und seiner historischen Rechtfertigung ein neues Weltbild, das von den progressivsten Vertretern des Gelehrtenstandes im 18. Jahrhundert in Philosophie und Wissenschaften auch in Deutschland ausgearbeitet und vertreten wurde.

Dieses Weltbild basierte vor allem auf der Überzeugung von der gesellschaftlichen Wirksamkeit des Subjekts auf der Basis der Erkenntnis und der Allmacht der Vernunft. Seinem Wesen nach war dieses Weltbild illusionär. Es entsprang dem Denken von Gelehrten, die das wirkliche Verhältnis zwischen materieller und geistiger Produktion noch nicht zu erkennen vermochten und trotz der Progressivität ihrer Ideen von einem idealistischen Modell der menschlichen Gesellschaft ausgingen.

Mit solchen Auffassungen gehörte Werner zu den bürgerlich orientierten Gelehrten. In einer kleinen Studie über den deutschen Nationalcharakter nennt er eine Reihe von Persönlichkeiten, die er zu den „Großen Deutschen“ zählte. Dort führte er neben anderen die Philosophen Gottfried Wilhelm Leibniz, Christian Wolff, Alexander Gottlieb Baumgarten, Christian Thomasius, die Historiker Samuel Freiherr von Pufendorf und Veit Ludwig von Sackendorff sowie Martin Luther auf.

In einem anderen Zusammenhang würdigte er Immanuel Kant, Charles Louis de Mon-

tesquieu, Voltaire, Jean-Jacques Rousseau und Claude-Adrien Helvetius.

Damit nannte Werner ausschließlich Philosophen und Gelehrte, die bürgerliche Auffassungen in der Geschichte der Kultur und des Denkens vertraten und zu deren Auffassungen er vermutlich selbst tendierte.

Interessant ist die Tatsache, dass der sächsische Gelehrte Werner - wie viele andere seiner intellektuellen Zeitgenossen - dem Preußenkönig Friedrich II. eine große Verehrung entgegenbrachte.

Das war zweifellos mit der Erwartung verbunden, im aufgeklärten Absolutismus einen Ausweg aus den Missständen der Feudalgesellschaft zu finden, zumal der „Philosoph von Sanssouci“ mit seinen philosophischen Arbeiten und Sympathien für französische Aufklärer zu gewissen Hoffnungen Anlass gab.

Werner war ein Anhänger des aufgeklärten Absolutismus, weil derartige Ideen mit dem Ideal der Vernunft harmonierten, das dem Denken der Aufklärung entsprach. Darüber geben Notizen Auskunft, wie etwa der Satz: „Die Gelehrsamkeit adelt Fürsten.“ [19, Bd. 77, Bl. 28]

Werner unterstrich in diesem Satz das Verb gleich dreimal!

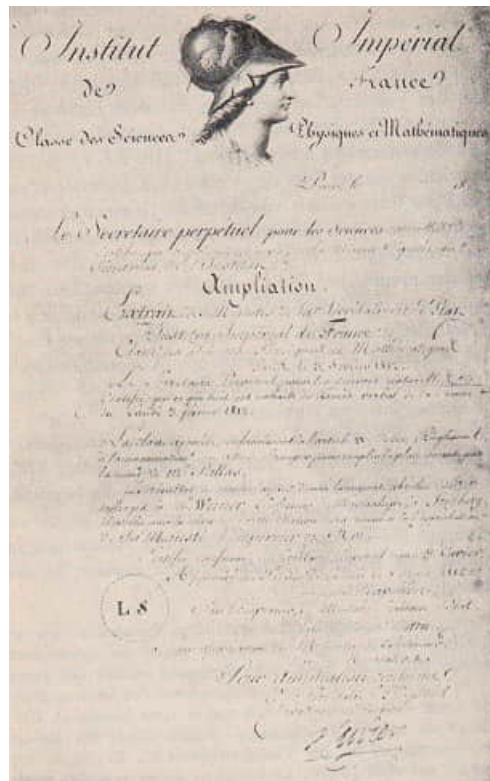
Wenn auch der Beginn der Regentschaft von Friedrich II. einen gewissen Anschein erweckte, als würde in Preußen ein bürgerlich-aufgeklärtes Staatswesen entwickelt, ließ die weitere Geschichte den wahren Charakter der preußischen Politik deutlich werden. Der aufgeklärte Absolutismus war lediglich der Versuch der niedergehenden Feudalgesellschaft, sich mit Hilfe bürgerlicher Ideen durch ein begrenztes Anpassen an die veränderten ökonomischen und gesellschaftlichen Verhältnisse über offenbar gewordene Widersprüche und Krisensituationen hinwegzusetzen.

Wie tief in Werners politischem Denken der Wunsch nach gesellschaftlichem Fortschritt verwurzelt war, zeigte sich in seiner Haltung zur Großen Französischen Revolution von 1789. Er begrüßte dieses Ereignis mit großer Anteilnahme, zumal auch er diesen Umbruch vermutlich als Resultat der Wirkung der Aufklärung in Frankreich ansah. Der Biograph Frisch berichtet darüber in der Lebensbeschreibung Werners:

"So war auch Werner beim Ausbruch der französischen Revolution vom republikanischen Fieber ergriffen. Sein Widerwille gegen die grenzenlose Willkür, mit welcher damals die französische Regierung verfuhr und lange verfahren war, sein Abscheu vor der Sittenlosigkeit unter den höheren Ständen ließ ihn auf kurze Zeit Frankreichs Ziel nur in einer gänzlichen Umkehrung der Dinge als möglich annehmen ... Politik wurde der einzige Gegenstand der Unterhaltung bei der Tischgesellschaft ... Er soll in den ersten beiden Jahren mit einer solchen Lebhaftigkeit die vergeblichen republikanischen Zwecke verteidigt haben, dass einige Schüchterne sich von der Gesellschaft ausgeschlossen hatten." [28, S. 245 f.]

Obwohl er in der Zeit der Herrschaft der Jakobiner vermutlich wie viele der anderen deutschen Aufklärer die weiteren revolutionären Ereignisse in Frankreich mindestens mit zurückhaltender Gesinnung beurteilte, gehörte er ohnstreitig zu den Befürwortern auch revolutionärer Veränderungen der Gesellschaft. Zweifellos folgte der Freiburger Hochschullehrer mit seinen Ansichten nicht den radikalsten und fortschrittlichsten Vertretern

der europäischen Aufklärung.



11 A. G. Werner war Mitglied zahlreicher Akademien und wissenschaftlicher Gesellschaften des In- und Auslandes. Diese von George Cuvier unterzeichnete Urkunde bestätigt die Zugehörigkeit von Werner zur Akademie der Wissenschaften in Paris.

Er wurde aber von den progressiven Denkern unter seinen Anhängern und Schülern wegen seiner freimütigen Denkart geschätzt und besaß auch auf sie einen nicht unbedeutenden Einfluss. Zu Werners Freunden gehörte auch der Naturforscher Georg Forster.

Er vertrat die Ideen der Aufklärung nicht nur in seinen wissenschaftlichen Arbeiten, sondern auch in seinen politischen Taten. Forster stand 1793 an der Spitze der Mainzer Republik, der ersten demokratischen Republik in Deutschland. Forster, der mit Werner 1784 in Freiberg zusammengetroffen war, schätzte den bergakademischen Lehrer nicht nur wegen seiner naturwissenschaftlichen Arbeiten.

In einem Brief aus Freiberg an Samuel Thomas Sömmering meinte er auch: „Werner ist einer der tiefsten, trefflichsten Philosophen, die ich kenne.“ [59, Bd. 14, S. 124] Diese Wertschätzung war wechselseitiger Art, da Werner nach dem Tod von Georg Forster an ihn in einem Brief (1805) als einen seiner „ersten Zöglinge in der Mineralogie“ würdigend erinnert. So stand Werner mit einem der bedeutendsten politischen Zeitgenossen in geistigem Einvernehmen.

Werners Weltanschauung entsprach den Ideen zahlreicher deutscher Intellektueller mit einer progressiven Grundhaltung. Auf die gleiche Weise war seine politische Haltung geprägt. Werner war sehr wahrscheinlich Mitglied der Freimaurerloge, die am Ende des 18. Jahrhunderts noch überwiegend fortschrittliche Ziele verfolgte. Diese Positionen

waren bürgerlicher Natur und in ihrem Wesen gegen die herkömmliche Feudalordnung gerichtet. Befangen in den gesellschaftlichen Zuständen Deutschlands gaben die Intellektuellen ihre bürgerliche Denkhaltung keineswegs auf, waren aber zu unentschlossen, praktische Schritte zur politischen Emanzipation des Bürgertums ernsthaft zu unterstützen oder gar selbst einzuleiten.

## 7 Ausklang

Überschaut man das Leben von Abraham Gottlob Werner, galt sein Planen und Wirken vor allem der Wissenschaft.

Nach seiner Studienzeit und seiner Berufung an die Bergakademie Freiberg war er ganz offensichtlich in den achtziger und neunziger Jahren des 18. Jahrhunderts besonders kreativ. In dieser Zeit entwickelte er zahlreiche wissenschaftliche Ideen, gestaltete vor allem das System des Neptunismus durch die verschiedensten Arbeiten weiter aus, realisierte seine Lehrprogramme und konzipierte auch verschiedene Projekte mit praktischer Bedeutung für den sächsischen Bergbau.

Das war die Zeit, in der er seine Beiträge zur Herausbildung der Geologie und Mineralogie als eigenständige wissenschaftliche Disziplinen leistete. In diesen Jahren insbesondere weilten zahlreiche prominente Schüler bei Werner in Freiberg, die nicht nur durch seine wissenschaftlichen Leistungen angezogen wurden, sondern auch seine anregende Gesellschaft schätzten.

Angesteckt von seiner Begeisterung für die Wissenschaft trugen sie die geologischen und mineralogischen Ideen des Lehrers der Freiburger Bergakademie in die Welt, was Werner Ruhm und Anerkennung einbrachte. Natürlich waren auch in diesen Jahren die Bedingungen in Freiberg nicht problemlos und ohne Gegensätze. Auch Erfolg schafft im Leben Schwierigkeiten, vor allem wenn in der unmittelbaren Umgebung anderen Gelehrten weniger gelingt, wenn auch gewiss nicht minder intensiv gearbeitet wird.

Johann Friedrich Wilhelm von Charpentier vertrat in geologischen Fragen kein neptunistisches Konzept und widersprach Werners Ideen in Freiberg. Auch hatten andere sächsische Bergbeamte ganz offensichtlich nicht immer ein förderndes Verhältnis zu Werner. Daraus erwuchsen Probleme, die die zahlreichen Rufe ins Ausland verlockend erscheinen ließen. Aber Werner blieb in Freiberg, offensichtlich die großen Chancen erkennend, die der florierende Bergbau Sachsens und die Möglichkeiten der neuen Bildungseinrichtung ihm boten.

Unvoreingenommen schildert Georg Forster in einem Brief vom 10. Juli 1784 aus Freiberg die Position und Situation Werners:

"Werner ist als Mineralog sehr groß, ich möchte sagen, ohne seines Gleichen; so ein systematischer Kopf war selbst Linne nicht; dabei ist er ein guter gründlicher Philosoph, und hat Kenntnisse in der Bergwerkskunde, die ihn sehr brauchbar machen würden, wenn er Vorgesetzte hätte, die mit ihm umzugehen wüssten.

Er wird hier vernachlässigt, schlecht besoldet, nicht geehrt und von Leuten, die er übersehen kann, gedrückt und zurückgesetzt. Könnte er sich überwinden, so fleißig zu publicieren, wie er fleißig arbeitet, beobachtet und aufschreibt, und hätte er dann Lust, sein Vaterland (an dem er trotz aller Philosophie und aller Unbilligkeit doch hängt) zu verlassen, so würde man ihn in der ganzen Welt mit offenen Armen aufnehmen. Ueber die Bearbeitung der Naturkunde hat er eigene, und mich dünkt sehr richtige Ideen, so wie über den Umfang dieser Wissenschaft und die Anzahl der dazu gehörigen verschiedenen Disziplinen, ihren Inhalt, ihre Grenzen, ihren ihnen angemessenen Vortrag, oder die Einteilung und Ordnung der Lehrsätze usw." [59, Bd. 14, Bl. 124]

Sehr deutlich wird aus dieser zeitgenössischen Schilderung, dass auch Werner der große Erfolg nicht einfach in den Schoß gefallen ist. Er hat hart gearbeitet und sich schließlich durchgesetzt. Erst damit erwarb er moralische und materielle Anerkennung, erhielt Titel und errang schließlich Weltruhm.

Die in- und ausländischen Gelehrten vom Fach reagierten auf Werners Anschauungen und Darstellungen keineswegs ungeteilt positiv. Voigt widersprach der neptunistischen Deutung des Basalts ganz entschieden. August Ferdinand von Veltheim kritisierte in der Mineralogie Werners 1793 vor allem die Überspitzungen im System der äußeren Kennzeichen, die Umbenennungen verschiedener Minerale, die ungenügende Berücksichtigung von Ergebnissen chemischer Analysen bei der Mineralcharakterisierung und auch die Intoleranz Werners gegenüber den Auffassungen anderer Mineralogen. Die Angriffe von Abbe Estner aus Wien gipfelten 1790 sogar in der Frage:

"Soll denn in Freiberg der einzige Sitz des Oberhaupts der mineralogischen Kirche sein, welche alles bestimmen und in jeder Rücksicht unfehlbar, auch des Plinius mineralogische oder technologische Bibel, allein erklären oder nach Belieben auslesen kann?" [26, S. 9]

Diesen Kritiken und Angriffen wurde natürlich aus dem Kreis der Anhänger Werners oder durch ihn selbst entgegnet. Letztlich setzten sich die wissenschaftlichen Ideen Werners bis zur Jahrhundertwende in den meisten Ländern durch, ohne natürlich andere Auffassungen völlig verdrängen zu können.

Nicht zu übersehen ist, dass während der letzten beiden Jahrzehnte seines Lebens Werners naturwissenschaftliche Arbeiten - mit Ausnahme der geognostischen Landesuntersuchung - in ihrer Bedeutung stark zurückgingen. Seine ohnehin geringe Publikationsfreudigkeit erlosch nahezu gänzlich. Es wird berichtet, dass er in diesen Jahren mehr sprachliche und historische Studien trieb und sich vor allem ausgiebig mit seiner Bibliothek beschäftigte.

Werner lebte unverheiratet. In jüngeren Jahren mögen die Mittel für die Gründung einer Familie nicht gereicht haben. Später nahm seine Unentschlossenheit zu, und der fast familiäre Umgang mit seinen Schülern bei der Speisetafel, bei Spaziergängen oder sogar auf Reisen bot reichlichen geistigen Kontakt, der ihm ein Äquivalent gewesen sein mag. Nachdem im fortgeschrittenen Alter auch seine Gesundheit angegriffen war, machte er jährlich längere Reisen nach Karlsbad, was die Regelmäßigkeit seiner Lehrtätigkeit beeinträchtigt haben soll.

Mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts vermehrten sich auch die sicheren geologischen Beobachtungen, für die das neptunistische Konzept Werners zur Erklärung keine hinreichende Basis mehr sein konnte, Vieles passte einfach nicht mehr in die Wernersche Leitidee: Vulkanismus und Tektonik, magmatische Gesteinsgenese, metamorphe Gesteine usw.

Bereits 1797 hatte Henrik Steffens, zwar noch anonym, ein konsequent chemisches Mineralsystem veröffentlicht, welches den Tendenzen des chemischen Erkenntnisfortschritts folgte und das noch von Ibn Sina durch Werner übernommene Mineralsystem letztlich überwinden half. Alle diese und andere Erkenntnisse erarbeiteten vor allem auch

Anhänger Werners, die von ihrem Lehrer konsequent zu einer exakten Beobachtung, Analyse und Auswertung naturwissenschaftlicher Tatsachen erzogen worden waren.

Blieben zunächst dem Neptunismus widersprechende Entdeckungen häufig von Werners Anhängern noch unveröffentlicht, um dem verehrten Lehrer in seinen Grundauffassungen nicht widersprechen zu müssen, fand dieser später selbst offenbar nicht mehr die Kraft, die neuen Erkenntnisse in sein System einzupassen oder anderen Deutungen öffentlich zu widersprechen. Werners Erkenntnisssystem, so fruchtbar und anregend es zunächst auch war, geriet nach einigen Jahrzehnten in die Erstarrung und verlor schließlich mit dem Lebensende seines Schöpfers auch seine Wirksamkeit.

Geblichen waren zahlreiche bewährte Methoden geologisch-mineralogischer Forschungsarbeit, eine unübersehbare Menge sicherer Erkenntnisse über die Erde, die Erfahrung der nützlichen Anwendung geologischer Erkenntnisse in der Bergbauproduktion und nicht zuletzt auch ein erfolgreiches System der montanwissenschaftlichen Lehre.



12 Die Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der DDR würdigt verdienstvolle Mitglieder seit 1979 mit der silbernen Abraham-Gottlob-Werner-Nadel

Werner verstarb am 30. Juni 1817 in Dresden.

In einem feierlichen Leichenzug wurde seine sterbliche Hülle von Dresden nach Freiberg übergeführt und dort am Dom beigesetzt. Die große Anteilnahme der Bevölkerung und auch der offiziellen Öffentlichkeit an seiner Beerdigung, die den Charakter eines Staatsbegräbnisses hatte, verdeutlichte die große Hochachtung, die Werner in seiner sächsischen Heimat entgegengebracht wurde. Akademische Gedenkveranstaltungen für den verstorbenen Gelehrten fanden an verschiedenen Orten statt, so in Dresden, Jena und München. In Paris sprach George Cuvier eine Lobrede auf Abraham Gottlob Werner aus Anlass seines Todes.

Diese bemerkenswerten Würdigungen zeugen davon, welche große Verbreitung seine wissenschaftlichen Auffassungen gefunden hatten und wie groß die Impulse gewesen sind, die er insbesondere der Entwicklung von Mineralogie und Geologie gegeben hatte. Sein Wirken bildete ohne Frage einen allgemein anerkannten Höhepunkt in der Geschichte dieser Disziplinen. Noch in der Gegenwart verbinden sich für Mineralogen und Geologen in zahlreichen Ländern der Erde mit dem Namen von Werner Vorstellungen über die großen wissenschaftlichen Leistungen an der Bergakademie Freiberg in der Geschichte.

Abraham Gottlob Werner gehört zu den Klassikern in der Geschichte der geologisch-mineralogischen Wissenschaften. In unseren Jahren erleben seine Arbeiten in der DDR,

den Niederlanden und den USA neue Auflagen und Übersetzungen. Wissenschaftshistoriker der DDR, der UdSSR und der USA haben den Gedankenreichtum seines wissenschaftlichen Systems für die Gegenwart neu erschlossen. In besonderem Maße bemüht sich die Bergakademie Freiberg um die Pflege des wissenschaftlichen Erbes ihres großen Gelehrten. 1961 erhielt das Gebäude, in dem seine umfangreiche private Mineralsammlung aufbewahrt wird, den Namen „Abraham-Gottlob-Werner-Bau“.

Auch die Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der DDR erinnert an diesen großen Mineralogen und Geologen. Seit 1979 verleiht sie die Abraham-Gottlob-Werner-Nadel für verdienstvolle Arbeiten im Rahmen dieser wissenschaftlichen Organisation. Auf diese Weise lebt das wissenschaftliche Werk von Abraham Gottlob Werner auch in der Gegenwart, wird die Erinnerung an ihn auf vielfältige Art wach gehalten. Er gehört zu den Persönlichkeiten in der Geschichte der Wissenschaften, die durch ihr Denken und Wirken in ihrer Zeit überragende Leistungen vollbracht haben.

Wir stehen heute auf den Schultern dieser großen schöpferischen Gestalten. Mit unserem Wissen fällt es uns leicht, ihre Größe und ihre Grenzen zu erkennen. Daraus ist auch Gewinn für unsere heutige wissenschaftliche Arbeit zu ziehen. In einem solchen Sinn bieten sich Leben und Werk von Werner auch in der Gegenwart zu gewinnbringendem Studium an.



## 8 Chronologie

- 1749 Geburt von Abraham Gottlob Werner am 25. September in Wehrau an der Queis (heute Osiecznica, VR Polen) in der Nähe von Görlitz.  
Johann Wolfgang von Goethe am 28. August in Frankfurt am Main geboren.
- 1751 Beginn der Herausgabe der „Enzyklopädie der Wissenschaft, Kunst und des Handwerks“ in Frankreich durch Denis Diderot und Jean Le Rond d'Alembert.
- 1755 Kants „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ erscheint.
- 1756 Beginn des Siebenjährigen Krieges mit dem Überfall Preußens auf Sachsen und der Besetzung Dresdens.
- 1759 Aufnahme von Werner in die Waisenhaus-Schule in Bunzlau (heute Boleslawiec/VR Polen).
- 1761 Von Füchsel erscheint in Erfurt „Historia terrae et maris, ex Historia Thuringiae ...“ mit einer geologischen Karte von Thüringen.
- 1763 Ende des Siebenjährigen Krieges, mit dem Friedensschluss auf Schloss Hubertusburg; während des Krieges hatte Sachsen hohe Bevölkerungsverluste zu erleiden und musste an Preußen hohe Kontributionen zahlen.
- 1764 Rückkehr von Werner nach Wehrau und Tätigkeit als Hüttenschreiber im Eisenwerk.
- 1765 Gründung der Bergakademie Freiberg am 13. November,  
James Watt beginnt mit Arbeiten zur Verbesserung der Dampfmaschine.
- 1767 Werners erster Besuch in Freiberg anlässlich einer Reise nach Karlsbad (heute Karlovy Vary, CSSR); Befahrung Freiberger Gruben,
- 1768 Der Naturforscher P. S. Pallas bereist Ostrussland (1768), den Ural (1770), den Altai (1771), den Baikalsee (1772) und die Gebiete am Amur bis zur chinesischen Grenze im Auftrag der Petersburger Akademie der Wissenschaften.
- 1769 Werner beginnt mit dem Studium an der Bergakademie Freiberg.
- 1770 Werner wird Ehrenmitglied der Leipziger Ökonomischen Gesellschaft. Gründung der Bergakademie Berlin.
- 1771 Ostern verlässt Werner Freiberg, um an der Universität Leipzig vor allem Naturwissenschaften, Sprachen und Jura zu studieren.  
F. A. v. Heynitz legt den Bericht der Revisionskommission für den sächsischen Bergbau vor und empfiehlt u.a. eine intensivere geologische Untersuchung des Landes als Voraussetzung für die Suche und Nutzung von Lagerstätten.
- 1772 Zweite Erdumseglung von J. Cook, an der G. Forster teilnimmt.  
Erste Teilung Polens durch Preußen, Österreich und Russland.
- 1773 Gründung einer Bergbauschule (Bergakademie) in Petersburg.
- 1774 Ende des Studiums von Werner in Leipzig. In Leipzig erscheint Werners Buch „Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien“ (2. Aufl. Wien 1785).
- 1775 Berufung von Werner zum Inspektor und Lehrer für Bergbaukunst und Mineralogie an die Bergakademie Freiberg.
- 1776 A. L. Lavoisier entwickelt die Oxydationstheorie und widerlegt die Vorstellungen von G. E. Stahl über das Phlogiston.
- 1777 Reise von Werner in das böhmische Mittelgebirge.
- 1778 Die „Mineralogische Geographie der Chursächsischen Lande“ von J. F. W. v. Charpentier erscheint in Leipzig mit einer ersten farbigen petrographischen Karte von Sachsen.
- 1780 „Axel von Kronstedts Versuch einer Mineralogie“, übersetzt von A. G. Werner, erscheint in Leipzig.
- 1784 Werner wird Edelstein-Inspektor in Sachsen (bis 1797).

- Besuch des Weltreisenden, Naturforschers, Schriftstellers, Politikers und Revolutionärs G. Forster bei Werner in Freiberg.
- 1785 J. Huttons „Theorie of the Earth“ erscheint, worin das Konzept des Vulkanismus dargelegt wird.
- 1786 Die „Kurze Klassifikation der verschiedenen Gebirgsarten“ von Werner erscheint erstmals in den Abhandl. d. Böhm. Ges. der Wissenschaften in Prag.  
Werner beginnt Vorlesungen über „Geognosie“ oder „Gebirgslehre“, d. h. Geologie im heutigen Verständnis. Tod Friedrich II. von Preußen.
- 1787 James Watt, Sohn des Dampfmaschinenbauers, beginnt sein Studium bei Werner in Freiberg.
- 1788 Beginn des Streits um die Entstehung des Basalts; Auseinandersetzung Werners mit J. C. W. Voigt.  
Werner beginnt in Freiberg mit besonderen Vorlesungen zur „Oriktognosie“, d. h. der Mineralogie im heutigen Sinne,
- 1789 Das „Mineralsystem des Herrn Inspektor Werner“ wird von C. A. S. Hoffmann in Freiberg herausgegeben; letzte Ausgabe mit „neuen Beobachtungen und Zusätzen“ von Ch. Mayr, Wien 1820.  
Werner besucht Goethe in Weimar und erklärt diesem seine Konzeption des Neptunismus; Reisen durch Franken, Hessen, Hannover, den Harz und den Thüringer Wald, Beginn der Großen Französischen Revolution mit dem Sturm auf die Bastille in Paris.
- 1790 L. von Buch beginnt sein Studium bei Werner in Freiberg (bis 1793). Bauernaufstände in verschiedenen Teilen Sachsens.
- 1791 In Freiberg erscheint Werners Buch „Neue Theorie von der Entstehung der Gänge mit Anwendung auf den Bergbau besonders den freibergischen“.  
Alexander von Humboldt beginnt sein Studium bei Werner in Freiberg (bis 1792).  
Werner wird die Gesamtleitung der geognostischen Landesuntersuchung Sachsens mit dem Ziel übertragen, vor allem nutzbare Bodenschätze (insbesondere Steinkohle) zu finden.
- 1792 Werner wird als Bergkommissionstrat Mitglied des Oberbergamts Freiberg und mit der Aufsicht über die Bergakademie beauftragt.
- 1793 Einführung des metrischen Systems von Maß und Gewicht in Frankreich.  
Gründung der Mainzer Republik als erster bürgerlich-demokratischer Staatsordnung auf deutschem Boden unter Leitung von G. Forster, dem Freund von A. G. Werner.
- 1794 Sturz der Jakobinerherrschaft in Frankreich. Gründung der „Ecole Polytechnique“ in Paris.
- 1797 Friedrich von Hardenberg (Novalis) beginnt sein Studium bei Werner in Freiberg (bis 1799). In Hamburg gibt der Werner-Schüler H. Steffens anonym eine erste chemische Mineralklassifikation heraus.
- 1799 Ernennung von Werner zum Bergrat.  
Werner hält eine Vorlesung zur „Versteinerungskunde“, d. h. Paläontologie im gegenwärtigen Verständnis.  
Gründung einer „Bergmännischen Zeichen- und Rechenschule“ (Bergschule) in Freiberg.  
A. v. Humboldt beginnt seine Süd- und Mittelamerika-Reise, die bis 1804 dauert.  
W. Smith entwirft eine erste stratigraphische Tabelle geologischer Schichten in England,
- 1800 Zu Ehren von Werner benennt J. B. d'Andrada, Professor für Mineralogie an der Universität Coimbra (Portugal), ein neuentdecktes Mineral „Wernerit“; im deutschen Sprachbereich heute Skapolith.
- 1802 Reise von Werner nach Paris, wo er u. a. R. J. Haüy und G. Cuvier trifft.  
Vorlesung von Werner über „Literaturgeschichte der Mineralogie“ mit Darstellungen zur historischen Entwicklung der Mineralogie und der Vorstellung wichtiger mineralogischer

- Publikationen,
- 1804 Werner wird Korrespondierendes Mitglied der Academie de Science Paris.  
Napoleon lässt sich zum Kaiser der Franzosen ausrufen.
- 1805 In der Schlacht von Jena und Auerstedt wird die preußische Armee von französischen Truppen geschlagen; der alte preußische Staat bricht zusammen. Napoleon verkündet die Kontinentalsperre.
- 1807 Gründung der Geologischen Gesellschaft in London.  
Das Oktoberedikt hebt in Preußen die Erbuntertänigkeit der Bauern auf und bringt ihnen eine Reihe persönlicher Freiheiten.
- 1808 Gründung der „Wernerian Natural History Society“ in Edinburgh durch Robert Jameson, die etwa 50 Jahre wirkte.  
Theodor Körner, Dichter und ab 1813 Mitglied des Lützowschen Freikorps wird bei Werner in Freiberg (bis 1810) Student.  
Werner wird Mitglied der „Berliner Koenigl. Akademie der Wissenschaften“ und Ehrenmitglied „Physikalisch-medizinischer Societact“ zu Moskau.
- 1809 Vermutliche Reise von Werner nach Wien.
- 1810 Werner wird Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Stockholm.  
Gründung der Berliner Universität mit Lehrstühlen für Mineralogie und Geologie.
- 1811 Abschluss des Hauptberichts über die geognostische Landesuntersuchung Sachsens am 17. September.  
In Leipzig erscheint Werners „Kleine Sammlung Berg- und Hüttenmännischer Schriften“, Der Italiener A. Avogadro entwickelt die Molekültheorie.
- 1812 Vorlesung Werners über „Grubenwirtschaftslehre“ mit Darlegungen über die Aufgaben der verschiedenen Bergbeamten und wie sie zu erfüllen sind.  
Der Werner-Schüler Friedrich Mohs stellt die nach ihm benannte 10stufige Härteskala auf. Niederlage Napoleons in Russland.
- 1813 G. Stephenson baut in England seine erste Lokomotive, die 30 t befördern kann.  
In der Völkerschlacht bei Leipzig schlagen die verbündeten preußischen, österreichischen, russischen und schwedischen Armeen die Truppen Napoleons.
- 1814 Werner wird Auswärtiges Mitglied der Academie de Science Paris,  
A. Breithaupt gründet in Freiberg den „Verein Wernerscher Schüler“, der in den folgenden Jahren eine rege Vortragstätigkeit entwickelt.
- 1815 W. Smith entwirft die erste geologische Karte von England, Niederlage Napoleons in der Schlacht bei Waterloo.
- 1817 Tod von Abraham Gottlob Werner in Dresden am 30. Juni; Überführung des Leichnams Werners in einem großem Trauerzug nach Freiberg, wo er im Kreuzgang des Domes (Grüner Friedhof) beigesetzt wird; Trauerfeiern fanden zu Ehren Werners in Dresden, Jena, München und Paris statt.
- 1818 An der Bergakademie Freiberg werden nach Werners Tod getrennte Lehrstühle für Orikognosie (Mineralogie) und Geognosie (Geologie) geschaffen; die Mineralogie wird von C. F. Ch. Mohs gelesen, die Geologie von K. A. Kühn. In Trier wird Karl Marx geboren.

## 9 Literatur

A. Wichtige Schriften von Abraham Gottlob Werner

[1] Von den äußerlichen Kennzeichen der Foßilien. Leipzig 1774.

[2] Von den verschiedenerley Mineralsammlungen, aus denen ein vollständiges Mineralienkabinet bestehen soll. Sammlign. z. Phys. u. Naturgeschichte (Hrsg.: J. S. T. Gehler), Bd. 1,4. Stück, S. 387-420. Leipzig 1778. (Nachdruck Bergakademie Freiberg 1982, mit einem Nachwort von M. Guntau und P. Schmidt).

[3] Axel von Kronstedts Versuch einer Mineralogie. Auf's neue aus dem Schwedischen übersetzt und nächst verschiedenen Anmerkungen vorzüglich mit äußeren Beschreibungen der Fossilien vermehrt von A. G. Werner. 1. Bd., Teil 1. Leipzig 1780.

[4] Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. Dresden 1787 (Reprint der Bergakademie Freiberg 1967; engl. Ausgabe: Short classification and description of the various rocks. Translated with an introduction and notes by Alexander M. Ospovat. New York 1971).

[5] Bekanntmachung einer am Scheibenerger Hügel über die Entstehung des Basalts gemachten Entdeckung - Bergmänn. Journal (Hrsg. A. W. Köhler), 1, Bd. 2, S. 845-907. Freyberg 1788.

[6] Antwort auf Herrn Bergsekretär Voigts im Intellegenzblatte der allgemeinen Literaturzeitung ... eingerückte sogenannte Berichtigung meiner ... neuen Entdeckung. Bergm. Journ. (Hrsg. A. W. Köhler), 1, Bd. 2, S. 871-878. Freyberg 1788.

[7] Anmerkung zu Herrn Fausts Nachricht von dem auf dem Meißner in Hessen über Steinkohlen und bituminösem Holze liegenden Basalt. Bergm. Journal (Hrsg. A. W. Köhler), 2, Bd. 1, S. 261-295, Freyberg 1789.

[8] Versuch einer Erklärung der Entstehung der Vulkane durch die Entzündung mächtiger Steinkohlenschichten. Mag. f. d. Naturkunde Helvetiens (Hrsg. A. Höpfner), Bd. 4, S. 239-254, 1789.

[9] Äußere Beschreibung des Olivins, Krisoliths, Berils und Krisoberils, nebst noch einigen über diese Steine, besonders den ersteren hinzugefügten Bemerkungen. Bergm. Journ. (Hrsg. A. W. Köhler), 3, Bd. 2, S. 54-94. Freyberg 1790.

[10] Neue Theorie von der Entstehung der Gänge mit Anwendung auf den. Bergbau besonders den freibergischen. Freiberg 1791.

[11] Ausführliches und systematisches Verzeichnis des Mineralienkabinets des weiland Kurfürstlich-Sächsischen Berghauptmanns Herrn Eugen Pabst von Ohain. Freiberg und Annaberg 1791/92. 2 Bde.

[12] A treatise on the external character of fossils, Edinburgh 1804.

[13] Kleine Sammlung Berg- und Hüttenmännischer Schriften. Leipzig 1811.

[14] Acta die allergnädigst anbefohlene geognostische Gebirgs-Untersuchungen zu Entdeckung brennbarer Foßilien betreffend (Manuskript 1811). Staatsarchiv Freiberg, OBA, Sect. 163, 8860, Bd. V, Bl. 1-87.

[15] Über die Farben-Bezeichnung und übrige Charakterisierung der verschiedenen Gebirgs-Gattungen und anderer anzudeutender Gegenstände auf zu verfertigenden petrographischen Karten. (Manuskript vom 17.9.1811). Staatsarchiv Freiberg, O. B. A., Sect. 163, 8860, Bd. V, Bl. 88-96.

[16] Werners oryktognostische Klassifikationslehre. Hesperus, 16, S. 345 bis 349, 377-381, 414-416, 428-430, Prag 1816.

[17] Letztes Mineralsystem. Aus Werners Nachlasse auf oberbergamtliche Anordnung heraus-

gegeben und mit Erläuterungen von A. Breithaupt und A. W. Köhler versehen. Freyberg und Wien 1817.

[18] Allgemeine Betrachtungen über den festen Erdkörper. Auswahl aus den Schriften der unter Werners Mitwirkung gestifteten Gesellsch. f. Mineralogie zu Dresden, Bd. 1, S. 39-57, Leipzig 1818.

[19] Handschriftlicher Nachlaß (Manuskripte). 78 Bde. Bibliothek der Bergakademie Freiberg, Abt. Wissenschaftlicher Altbestand.

[20] Handschriftlicher Nachlaß. Briefe an A. G. Werner (Briefschaften). 6 Bde. Bibliothek der Bergakademie Freiberg, Abt. Wissenschaftlicher Altbestand.

B. Ausgewählte Publikationen über Abraham Gottlob Werner

Die umfangreichste Veröffentlichung über A. G. Werner ist die Gedenkschrift aus Anlass der Wiederkehr seines Todestages nach 150 Jahren am 30. Juni 1967, die auch eine umfassende Bibliographie (S. 305-317) der Publikationen von ihm und über ihn enthält:

[21] Abraham Gottlob Werner. Freiburger Forschungshefte C 223, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig 1967. 3175.

[22] Amoros, J. L.: The Introduction of Werner's Mineralogical Ideas in Spain and in the Spanish Colonies of America. Freiburger Forschungsheft C 223, S. 231-236. Leipzig 1967,

[23] Beck, R.: Abraham Gottlob Werner. Eine kritische Würdigung des Begründers der modernen Geologie. Zu seinem hundertjährigen Todestag. Jb. Berg- u. Hüttenw. Kgr. Sachsen, A, Freiberg 91 (1917) 3-51.

[24] Blöde, K. A.: Kurzer. Nekrolog Abraham Gottlob Werner. Auswahl aus d. Schriften d. Gesellsch. f. Mineralogie zu Dresden, Bd. 2, S. 250-304. Leipzig 1819. [25] Böttiger, C. A.: Über Werners Umgang mit seinen Schülern, Auswahl aus d. Schriften d. Gesellsch. f. Mineralogie zu Dresden, Bd. 2, S. 307-325. Leipzig 1819.

[26] Estner, A.: Freymüthige Gedanken. über Herrn Inspector Werners Verbesserungen in der Mineralogie ... Wien 1790.

[27] Fischer, W.: Abraham Gottlob Werner in Darstellungen der bildenden Künste. Mitt. Roland, Dresden, 21 (1936) 4/5, S. 61-67.

[28] Frisch, S. G.: Abraham Gottlob Werners Lebensbeschreibung, nebst 2 Abhandlungen über Werners Verdienste in Oryktognosie und Geognosie von Ch. S. Weiss. Leipzig 1825.

[29] Guntau, M.: Zwei Fragmente zum Neptunismus aus dem handschriftlichen Nachlaß von A. G. Werner. Bergakademie, 19. Jg., H. 2, S. 112-115. Leipzig 1967.

[30] Guntau, M.: Der Aktualismus bei A. G. Werner. Mit einem Fragment zum Aktualismus aus dem handschriftlichen Nachlass von A. G. Werner. Bergakademie, 19. Jg., H. 5, S. 294-297. Leipzig 1967.

[31] Guntau, M. und H. J. Rösler: Die Verdienste von Abraham Gottlob Werner auf dem Gebiet der Mineralogie. Freiburger Forschungsheft C 223. S. 47-82. Leipzig 1967.

[32] Mühlfriedel, W.: Abraham Gottlob Werners Lehrsystem und seine Stellung im deutschen Hochschulwesen. Bergakademie, 19. Jg., H. 3, S. 164-169. Leipzig 1967.

[33] Mühlfriedel, W.: Abraham Gottlob Werner - sein Verhältnis zu den Wissenschaften und zur Gesellschaft (zum 150. Todestag). Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., A, Geolog. Paläont., 12. Jg., H. 3/4, S. 437-454. Berlin 1967.

[34] Mühlfriedel, W. und M. Guntau: Abraham Gottlob Werners Wirken für die Wissenschaft und sein Verhältnis zu den geistigen Strömungen des 18. Jahrhunderts. Freiburger Forschungsheft C 223. S. 9-46. Leipzig 1967.

- [35] Ospovat, A. M.: Abraham Gottlob Werner and his Influence on Mineralogy and Geology. Dissertation, Oklahoma University (USA) 1960.
- [36] Ospovat, A. M.: Einige Bemerkungen zu A. G. Werners „Kurze Klassifikation der verschiedenen Gebirgsarten“. Bergakademie, 19. Jg., H. 4, S. 225-229. Leipzig 1967.
- [37] Ospovat, A. M.: Abraham Gottlob Werners Gedanken über Wissenschaft und Bildung. Neue Hütte, 12. Jg., H. 4, S. 308-313. Leipzig 1967.
- [38] Ospovat, A. M.: The „Wernerian Era“ of American Geology. Freiburger Forschungsheft C 223, S. 237-244. Leipzig 1967.
- [39] Ospovat, A. M.: The Importance of Regional Geology in the Geological Theories of Abraham Gottlob Werner: a Contrary Opinion. In: Annals of Science, 37 (1980) 433-440,
- [40] Safranovskij, I. I.: A. G. Verner. Z. namenityj mineralog i geolog. 1749-1817. Leningrad 1968.
- [41] Safranovskij, I. I. und D. P. Grigoriev: Abraham Gottlob Werner in der Geschichte der russischen Mineralogie. Freiburger Forschungsheft C 223, S. 191-203. Leipzig 1967.
- [42] Schellhas, W.: Abraham Gottlob Werner als Inspektor der Bergakademie Freiberg und als Mitglied des Sächsischen Oberbergamtes zu Freiberg. Freiburger Forschungsheft C 223,5. 245-278. Leipzig 1967.
- [43] Schmidt, P.: Der handschriftliche Werner-Nachlaß unter besonderer Berücksichtigung der Geowissenschaften. Ztschr. f. Geologische Wissenschaften, 9. Jg., H. 8, S. 899-919. Berlin 1981.
- [44] Schmidt, P. und Dobberitz, L.: Über Sprachstudien Abraham Gottlob Werners (1749-1817). Z. geol. Wiss., 9. Jg., H. 6, S. 679-711. Berlin 1981.
- [45] Wagenbreth, O.: Abraham Gottlob Werner und der Höhepunkt des Neptunistenstreites um 1790. In: Bergbau und Bergleute, Freiburger Forschungshefte D 11, 183-241. Berlin 1955.
- [46] Wagenbreth, O.: Abraham Gottlob Werners System der Geologie, Petrographie und Lagerstättenlehre. Freiburger Forschungsheft C 223, S. 83-148. Leipzig 1967.
- [47] Wagenbreth, O.: Abraham Gottlob Werner und seine Bedeutung für die Entwicklung der geologischen Landesaufnahme und des geologischen Kartenwesens. Ztschr. f. angew. Geologie, 13. Bd., H. 7, S. 372-384. Berlin 1967.
- [48] Wagenbreth, O.: Die Paläontologie in Abraham Gottlob Werners geologischem System. Bergakademie, 20. Jg., H. 1, S. 32-36. Leipzig 1968.
- [49] Wagenbreth, O.: Die geologischen Handskizzen Abraham Gottlob Werners. Geologie, 17. Jg., H. 2, S. 113-135. Berlin 1968.
- [50] Zillmann, K. F.: Bestandsübersicht des handschriftlichen wissenschaftlichen Werner-Nachlasses. Veröff. der Bücherei der Bergakademie Freiberg Nr. 24. Freiberg 1967.
- C. Weitere Literatur
- [51] Andert, W, und H, Prescher: Nathanael Gottfried Leske (1751-1786). Sächs. Heimatblätter, 23. Jg., H. 2, S. 73-89. Dresden 1977.
- [52] Anonymus: Die Mineralogen gegen das Ende des 18. Jahrhunderts. Frankfurt und Leipzig 1791.
- [53] Baumgärtel, H.: Bergbau und Absolutismus, Freiburger Forschungsheft D 44. Leipzig 1965.
- [54] Berzelius, J. J.: Neues System der Mineralogie, Nürnberg 1846.
- [55] Engelhardt, W. v.: Neptunismus und Plutonismus. Fortschritte der Mineralogie, 60. Jg., H. 1, S. 21-43. Stuttgart 1982.
- [56] Engels, F.: Dialektik der Natur. Marx-Engels-Werke Bd. 20. Berlin 1975.
- [57] Fischer, W.: Mineralogie in Sachsen von Agricola bis Werner. Dresden 1939.

- [58] Fischer, W.: Gesteins- und Lagerstättenlehre im Wandel der wissenschaftlichen Anschauung. Stuttgart 1961.
- [59] Forster, G.: Tagebücher und Briefe. Sämtliche Schriften 14. Bd. Berlin 1978.
- [60] Goethe, J. W. v.: Vergleichs-Vorschläge die Vulkanier und Neptunier über die Entstehung des Basalts zu vereinigen. Die Schriften zur Naturwissenschaft. 1 Bd. Schriften zur Geologie und Mineralogie 1770 bis 1810, S. 189-191. Weimar 1947.
- [61] Goethe, J. W. v.: Zahme Xenien. - In: Goethes Sämtliche Werke, Jubiläumsausgabe. 4. Bd., S. 33-135. Stuttgart und Berlin o. J.
- [62] Goethe, J. W. v.: Faust, - In: Werke in zwölf Bänden, 4. Bd. Berlin - Weimar 1981.
- [63] Haüy, R. J.: Lehrbuch der Mineralogie, - 5. Bde. Paris und Leipzig 1804/10.
- [64] Humboldt, A. v.: Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein. Mit vorgesandten zerstreuten Bemerkungen über den Basalt der ältern und neuern Schriftsteller. Braunschweig 1790.
- [65] Hutton, J.: Theorie of the Earth ... - Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Edinburgh 1788.
- [66] Kobell, F. v.: Geschichte der Mineralogie von 1650 bis 1860. - München 1864.
- [67] Lyell, Ch.: Lehrbuch der Geologie. 4 Bde. Quedlinburg und Leipzig 1933/35.
- [68] Riesbeck, J. K.: Briefe eines reisenden Franzosen über Deutschland an seinen Bruder in Paris (1784). Berlin 1976.
- [69] Schubert, G. H. v.: Der Erwerb aus einem Vergangenen und die Erwartungen von einem zukünftigen Leben. 2 Bde. Eine Selbstbiographie. Erlangen 1855.
- [70] Voigt, J. C. W.: Berichtigung. Über die Entdeckung von dem Herrn Akademie-Inspector Werner. Bergm. Journ, (Hrsg.: A. W. Köhler) 1, Bd. 2, S. 856-871. Freyberg 1788.
- [71] Strunz, H.: Mineralogische Tabellen. Leipzig 1966.
- [72] Wallerius, J. G.: Physisch-chemische Betrachtungen über den Ursprung der Welt besonders der Erdwelt und ihrer Veränderung. Erfurt 1782.