

Georgius Agricolae Beiträge zur Entwicklung geologischer Vorstellungen

Martin Guntau (Rostock) / Gerhard Mathé (Dresden)

Die Vorstellungen und Leistungen von Georgius Agricola zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik entsprachen voll den Ideen des deutschen Renaissance-Humanismus in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Seine geologischen Auffassungen hatten diesen geistigen Hintergrund und bildeten ihrerseits wesentliche Beiträge zu der sich in dieser Zeit herausbildenden neuzeitlichen Naturwissenschaft. Agricola war noch nicht in der Lage, einen paradigmatischen Ansatz für die Geologie als eigenständige wissenschaftliche Disziplin zu schaffen, aber er leistete dazu wichtige Beiträge in Gestalt neuer Sichtweisen und wesentlicher Erkenntnisse sowie durch die Entwicklung entsprechender methodischer Ansätze.

Neben verstreut in anderen Werken zur Natur zur Erde von Agricola geäußerten Auffassungen stellte er seine geologischen Ansichten vor allem in den folgenden Arbeiten dar:

Bermannus, sive de re metallica	Basel 1530
De ortu et causis subterraneorum libri V	Basel 1546
De natura eorum quae effluunt ex terra libri IV	Basel 1546
De natura fossilium libri X	Basel 1546
De veteribus et novis metallis libri II	Basel 1546
De re metallica libri XII	Basel 1556\$\$

Diese Schriften wurden vielfach in der Originalsprache und auch übersetzt herausgegeben. Bei aller Würdigung ihrer wissenschaftlichen Bedeutung in der Geschichte ist aber im Vergleich zu anderen Aspekten des Werkes von Agricola bisher die Diskussion über seine geologischen Vorstellungen deutlich schwächer entwickelt.

Als Mann der Renaissance war Agricola ein brillanter Kenner der Ideen der antiken Autoren über die Erde, insbesondere von Aristoteles, Theophrast, Epikur, Lukrez, Strabo, Seneca und Plinius d. Ä.. Auch die geologischen Vorstellungen des islamischen Gelehrten Ibn Sina (Avicenna) kannte er, da dessen mineralogisch-geologisches Traktat bis in unser Jahrhundert für eine Schrift des Aristoteles gehalten wurde. Neben hoher Anerkennung der Leistungen antiker Autoren im Hinblick auf die Naturerkenntnis bemerkte Agricola aber auch, daß alles *was unter der Erde verborgen ist, davon haben dieselben Philosophen ein gut Teil beiseite gelassen oder doch keineswegs genügend entwickelt.*¹ Auch zur Behandlung der unterirdischen Naturerscheinungen durch Aristoteles meinte er kritisch, daß dieser *die einen überhaupt nicht, die anderen nur obenhin berührt; die, denen er nachgegangen ist, hat er nicht alle richtig erfaßt.*² Natürlich waren die Aussagen der antiken Philosophen für Agricola nicht nur zu hinterfragende historische Überlieferungen sondern vor allem ernsthafte Erkenntnisse, die er ausführlich darstellte und auf der Grundlage seiner Erfahrungen bestätigte oder kritisch bewertete. Die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung der Phänomene in der Natur war ihm aber dabei die Basis für seine Erkenntnis. Agricola folgte dem von ihm formulierten kognitiven Prinzip: *Da wir das alles mit den Augen sehen und, was man mit den Sinnen ... erfaßt, eine zuverlässigere Erfassung der Wirklichkeit ist, als wenn man es durch einen Beweis ... erkennen würde, genügt es, wenn ich ... das lehre, was wir über die Entstehung der Erden sinnlich wahrnehmen.*³

Sein Anliegen war es offenbar, ganz im Geist der Zeit, das exakte Studium von Arbeiten antiker Autoren im Original mit der empirischen Forschung zu verbinden, um auf diese Weise ein neues Bild von der natürlichen Umgebung des Menschen, also von der Welt, zu gewinnen und so auch die antik-scholastische Sicht zu überwinden.

1. Über die gesteinsbildende Kraft

Aus einer solchen Haltung heraus wird auch die kritische Distanz Agricolas gegenüber Albertus Magnus verständlich. Ohne dessen Bedeutung für die Naturerkenntnis zu negieren, wählte er doch deftige Worte, wenn durch Albertus Auffassungen des Aristoteles mit unzutreffenden Folgerungen verknüpft wurden, so beispielsweise bei alchemistischen Erklärungsversuchen zur Entstehung einzelner Minerale: *Albertus impft des Aristoteles Lehre mit der Krätze der Alchimisten: die trieft immer vom Eiter des Quecksilbers und riecht nach dem Gestank de Schwefels.*⁴ Offenbar wird hier Agricolas Abneigung gegenüber der Alchimie, die er auch in anderen Zusammenhängen zum Ausdruck brachte.⁵

Von Bedeutung für die geologische Erkenntnis ist zweifelsfrei Agricolas Polemik gegen die Idee des Albertus über die *gesteinsbildende Kraft*,⁶ die noch bis zum 18. Jahrhundert in den Diskussionen um die Fossilgenese eine Rolle spielen sollte. Agricola wandte ein, daß zwar Organismen aus sich selbst heraus weitere durch Geburt hervorbringen könnten, nicht aber Erden oder Gesteine andere ihrer Art: *So wie ein Mensch einen Menschen, eine Zypresse eine Zypresse erzeugt, kann nicht Rötel einen Rötel und ein Diamant einen Diamanten erzeugen.*⁷

Ausgehend von der Unterscheidung zwischen Organischem und Anorganischem begründete er sehr einleuchtend, daß es eine besondere gesteinsbildende Kraft nicht geben kann:

*Jeder Gattung von Lebewesen, soweit sie nicht aus faulender Materie stammt, hat die Natur Samen zugeteilt. Wenn der sich in der Gebärmutter festgesetzt hat, bildet er ein lebendiges Wesen. Ähnlich erzeugt jede Pflanze aus sich Samen; der fällt von ihr ab, die Erde nimmt ihn in ihrem Schoße auf, und er erzeugt aus sich eine seiner Erzeugerin ähnliche Pflanze. Aber kein Stein bringt Samen hervor. Daher kann auch keines Steines Stoff, weil er nicht Samen ist, in sich eine Kraft haben, die Erzeugerin eines Steines wäre; sondern außerhalb befindet sich das, was aus dem Stoff einen Stein bildet.*⁸

Agricola stützte sich hier bei seiner Ablehnung einer gesteinsbildenden Kraft allein auf die Beobachtung und Erfahrung. Den Albertus griff er aber bezeichnenderweise wegen der Art der vom ihm dargelegten Beweisführung für den Begriff der *gesteinsbildenden Kraft* an, weil die von dem mittelalterlichen Gelehrten gegebene Definition eine Tautologie sei.⁹ Agricola meinte in der Diskussion um die Problematik, *daß Albertus mit seiner unreinen Auffassung die Lehren der Wissenschaft beschmutzt hat.*¹⁰ Unmißverständlich kommt hier die unter den Vertretern des Renaissance-Humanismus verbreitete Gegnerschaft gegenüber der mittelalterlichen Scholastik zum Ausdruck. Agricola zog in seinen Arbeiten trotz scharfer Einzelkritiken weder die peripatetischen noch scholastischen Naturlehren grundsätzlich in Zweifel oder entwickelte gar neuartige Prinzipien für die Naturerkenntnis. Deutlich werden aber aus seinen Arbeiten eine vorurteilsfreie Sicht in die Natur, die Rolle der Erfahrung auf der Grundlage sinnlicher Wahrnehmungen sowie die Suche nach den kausalen Ursachen für die verschiedenen Naturphänomäne der Erde. Agricola entdeckte die Montanproduktion als Gegenstand für

wissenschaftlich-literarische Darstellungen, die er in einer allgemein verständlichen Art gab und obendrein durch höchst instruktive Abbildungen in dreidimensionaler Perspektive ergänzte. Damit trug er auch auf diesem Gebiet zu einer neuartigen Begegnung zwischen dem traditionsreichen theoretischen Denken und der Praxis auf dem Feld der zu dieser Zeit führenden Technologie bei.¹¹ Wohl hatte er den praktischen Nutzen von Wissen im Sinn, vor allem aber sollte die Erkenntnis – ganz im humanistischen Geist – den Menschen in seinem Wesen bereichern und ihm bei seiner Entfaltung behilflich sein. Das eröffnete die Möglichkeit für neue Sichtweisen und Erkenntnisse auch zur Natur der Erde.

2. Veränderungen und Ereignisse in der Vergangenheit der Erde

Ganz wesentlich war das Erfassen der historisch-genetischen Dimension und der Veränderungen in der Zeit bei den durch Agricola in der Natur beobachteten geologischen Phänomenen. Obwohl – im Unterschied zu analogen Auffassungen von Leonardo da Vinci – dieser historische Denkansatz durch Agricola 1546 veröffentlicht wurde, fanden seine Ideen bei den Zeitgenossen oder unmittelbaren Nachfolgern kaum Resonanz. Offenbar wurde unter den nach wie vor herrschenden religiösen Ideen die Vergangenheit der Erde allein unter den Gesichtspunkten der Schöpfung und dem Ereignis der Sintflut gesehen. Die anfänglichen Vorstellungen in dieser Epoche über die Zeit – beispielsweise von Giordano Bruno¹² – wurden wohl vor allem durch die aufkommende Gegenrenaissance im 17. Jahrhundert zurückgedrängt und konnten sich erst im 18. Jahrhundert allgemein durchsetzen. Agricola sah die Meere und Berge nicht als ewig existierend an und sprach über Veränderungen in früheren Zeiten, die aber durch die menschliche Erinnerung kaum zu erfassen waren und deshalb auch nicht bekannt gewesen sind. So sagte er:

*Aber auch die Vertiefungen, die jetzt die Meere enthalten, hat es einst nicht alle gegeben, noch die Berge, die deren Fluten zähmen und brechen, sondern an vielen Stellen war Feld, bevor die Gewalt das erregte und in Flut aufbrausende Meer darauf trieb. Auf die gleiche Weise arbeitet die Gewalt des Wassers auch geradezu an der Abtragung und Zertrümmerung der Hügel und Berge. Aber weil wegen der großen zeitlichen Entfernung der menschlichen Erinnerung das Wissen darum versagt ist, wann, wo und wie diese zahlreichen gewaltigen Veränderungen der Landschaft begonnen haben, sieht es für die große Menge so aus, als vollzögen sie sich gar nicht, gerade wenn sie sich vollziehen.*¹³

Auch an dieser Stelle bemerkte Agricola, daß sich viele Naturzustände scheinbar über Jahrhunderte nicht verändern und deshalb diese Prozesse von vielen Laien nicht erkannt würden.¹⁴ Aber er vertrat nicht nur die Idee der Veränderung. Ganz wesentlich war in diesem Zusammenhang, daß er bei den auf Beobachtungen beruhenden Darstellungen über die Minerale eine genetische Sicht einbrachte, also ausdrücklich nach ihrer Entscheidung fragte. Er wandte sich gegen jene die meinten, *man müsse eher über das Wesen der Minerale sprechen als über ihre Entstehung und deren Ursachen.*¹⁵

An anderer Stelle sagte er dazu weiter:

*Die Philosophen, Chymisten, Astrologen untersuchen die Entstehung der Erze, weil ja nichts ohne Ursache geschieht, und sie behaupten ganz richtig, es käme auch jetzt noch, wie einst, zur Entstehung von Erzen.*¹⁶

Agricola unterstrich hier die Bedeutung von Überlegungen zur Genese von Mineralen und Erzen neben Betrachtungen über ihre Eigenschaften oder ihren Charakter. Das war ein neuer Gesichtspunkt mit erheblicher Relevanz für die Erkenntnis der Minerale, der aber erst in späterer Zeit eine gebührende Aufmerksamkeit finden sollte.

Ein neuartiger Aspekt im Denken von Agricola über die Natur der Erde kommt in seinem unmißverständlichen Bekenntnis zur Historizität der geologischen Erscheinungen zum Ausdruck. Von einem deistischen Ansatz ausgehend, befreite er den Blick in die Vergangenheit von dem einmaligen Ereignis der Schöpfung und postulierte zur Erklärung der verschiedenen Phänomene in der Geschichte ihr ständiges Neuentstehen. 1546 schrieb er in seinem Werk «De ortu et causis subterraneorum»:

*Um so weniger tragbar ist die völlig lächerliche Ansicht der großen Masse – sie ist einem Dichtermärchen ähnlich und widerspricht jeglicher Erfahrung – , wenn Sie behauptet, nicht nur die Felsen, sondern auch die Erze und Edelsteine und die verschiedenen Erdarten in ihren Gängen, Klüften und Fugen habe zu Beginn der Welt Gott so gebildet und geschaffen, wie man sie jetzt findet, und in der Zwischenzeit wären aus den dazu geeigneten Stoffen keine solchen Dinge entstanden, und der höchste Werkmeister habe keine irgendwie geartete Naturkraft zu ihrer dauernden Erzeugung in Bewegung gesetzt.*¹⁷

In weiteren Erörterungen über das Nachwiesensein von Erzen betonte Agricola den unzureichenden Charakter von Autoritätsbeweisen und unterstrich die Rolle der sinnlichen Beobachtung bei der Erklärung entsprechender Phänomene und ihrer Ursachen, was von erheblicher methodischer Bedeutung für die Erkenntnis der Natur der Erde war und die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Renaissance-Gelehrten zeigte.

Mit diesen Ideen zur Historizität der Natur war Agricola noch nicht der Entdecker der Erdgeschichte oder einer der Begründer der Historischen Geologie. Aber seine Erkenntnisse über die Veränderungen in der Natur der Erde und die Erklärungsversuche für ihre Ursachen auf der Grundlage natürlicher Bedingungen waren wichtige Schritte zum Begreifen der Geschichte der Erde. Diese Beiträge Agricolas sind lange Zeit nicht beachtet oder vergessen worden. Vorstellungen dieser Art über die Geschichte der Erde setzten sich allgemein erst zwei Jahrhunderte später durch, ohne dabei die Leistungen von Vordenkern aus der Zeit der Renaissance immer gebührend zu würdigen.

3. Wirkungen des Wassers, Erdbeben und Vulkane

In seinen Arbeiten hat Agricola auch Ideen zu verschiedenen Gebieten der Physikalischen oder Allgemeinen Geologie entwickelt. Unverkennbar ist dabei seine tiefe Verwurzelung im aristotelischen Denken. Durchdrungen waren seine Vorstellungen von der peripatetischen Elementenlehre, wobei seine Gedankengänge immer wieder Wasser, Feuer, Luft und Erde in die Betrachtungen einbezogen oder auf ihnen basierten.

Über das Wasser und seine geologischen Wirkungen wird von Agricola in «De ortu et causis subterraneorum» wesentliches ausgesagt, während in «De natura eorum, quae effluunt ex terra», wie der Titel vermuten läßt, Wasser zwar den Hauptgegenstand ausmacht, die Behandlung dieses Stoffes sich aber vor allem in dessen physikalischen und chemischen Eigenschaften erschöpft. Der erodierenden Bildung der Gebirge ist danach vor allem auf die Schaffung von Hohlräumen und die Erosion durch Wasser verursacht:

*Daß das Wasser die meisten Berge hervorbringt, liegt offen vor Augen. Denn die Gießbäche spülen zuerst die weiche Erde weg, dann reißen sie härtere ab, darauf wälzen sie auch die Felsen weg. So höhlen sie in wenigen Jahren die Ebenheit der Felder oder irgendeinen Abhang zu einiger Tiefe aus, was in gebirgiger Gegend auch Laien beobachten können. Indem sie aber eben diese Hohlräume in vielen Menschenaltern zu erstaunlicher Tiefe aushöhlern, schaffen sie von beiden Seiten eine ungeheuere Erhebung.*¹⁸

So genau hier auch die Erosionswirkung des fließenden Wassers geschildert wird, so offensichtlich zeigt sich ebenfalls Agricolas fehlendes Verständnis für absolute Höhen. Er erkannte am Südhang des Erzgebirges oder am Harzrand die aus flachem Gelände aufsteigenden Berge und gewiß hatte er bei seinen Reisen nach Italien auch die gewaltigen Höhen der vergletscherten Alpenketten bemerkt. Die Gebirgsbildung durch die Kraft des Wassers war für ihn trotzdem lediglich ein Akt der Zertalung. Aber auch der Wind schafft nach Meinung von Agricola Hügel und Berge¹⁹, wobei vermutlich Ideen von Anaximenes von Milet bei ihm noch eine Rolle spielten, wonach aus dem Urelement Luft durch verdünnen und verdicken nicht nur Wolken und Regen sondern auch Erde und Felsen hervorgegangen sein sollten. Agricola dachte da mehr an die Anhäufung von Sandmassen zu Bergen als Wirkung des Windes. Aber auch im Zusammenhang mit Erdbeben frei gesetzte Winde²⁰ sollen nach antiken Berichten Inseln wie Delos, Rhodos, Anaphe usw. haben entstehen lassen, die Agricola als aus dem Meer hervorgebrachte Berge ansah.

Die Erdbeben als geologische Phänomene finden in den Arbeiten von Agricola eine breite Berücksichtigung, obwohl er vermutlich zu diesen Erscheinungen kaum persönliche Erfahrungen sammeln konnte. Aber die antiken Autoren des seismisch aktiven europäischen Mittelmeerraums stellten zu dieser Thematik umfängliche Betrachtungen an, die Agricola natürlich gut kannte. Er zitierte und kommentierte diese Arbeiten umfänglich und gründlich, um danach seine eigenen Auffassungen darzustellen. Er untergliederte die Erdbeben – noch auf den antiken Autoren fußend – nach ihrem Charakter in vier Typen: Erdzittern *tremor*, Erderschütterung *succosio*, Erdstöße *arietatio* und Erdschwanken *inclinatio*.

Zu den Ursachen der Erdbeben äußerte er sich ebenfalls ausführlich, wobei er die unmittelbare Wirkung des Feuers dabei ausschloß. *Das Feuer ist also nicht Ursache des Erdbebens, sondern der Luftstrom, der, wie wir nicht in Abrede stellen, bisweilen sich entzündet und auf-
flammt.*²² Agricola setzte auf die in der Erdkruste eingeschlossene Luft als Ursache für die Beben, womit er die Argumente der Peripatetiker aus der Antike, die sich ihrerseits auf Anaxagoras (4.Jh.v.u.Z.) stützen, in seiner Zeit nochmals belebte und weitergab. Er vertrat die Meinung:

*Erdbeben entsteht auf folgende Weise. Wenn die Hitze oder das Feuer unter der Erde eine Masse Dunst erzeugt und die Kälte in die Enge getrieben hat ... dann versucht er ... an der nächsten Stelle durchzubrechen ... Während ... der Luftstrom hin und her wandert, wird die Erde erschüttert, aber sobald er in den Fugen der Felsen eine Stelle findet, da zerbricht er die Felsen ... und wirft alles hinaus, was entgegensteht und hindert.*²³

Alle vier Elemente (Erde, Wasser, Feuer, Luft) wurden von Agricola in den Überlegungen zu der Verursachung von Beben einbezogen und keines bei ihrem Zusammenwirken in der Totalität ausgeschlossen. Ein gasförmiges Medium – in welcher Form auch immer – blieb aber letztlich die direkte Ursache für das Phänomen der Beben. Bei der Erklärung der Vulkane

spielte natürlich bei Agricola das Feuer die entscheidende Rolle. Aber selbst blieb ein *Hauch* das auslösende Medium für die Entzündung von brennbaren Substanzen im Innern der Erde, die er für die entscheidenden Ursachen des unterirdischen Feuers hielt:

[Das Feuer] ... *zündet ... ein in Brand gesetzter Hauch an. Der gerät in Brand, indem die Kälte ihn entweder auspreßt, wie die Wolken die Blitze ausstoßen, oder in die Enge der Lagerstätten hineintreibt; er windet sich durch diese und sucht einen Ausweg, wobei er durch Zusammenstoß und Reibung sich entzündet und entflammt. Wo ihm aber ein Stoff begegnet, der leicht entzündlich ist und das Feuer nährt, dort wächst dann die Flamme, und das Innere der Erde geht ganz in Flammen auf.*²⁴

Als brennbare Substanzen sah Agricola Schwefel und Bitumina an, wobei er zu den letzteren auch die Steinkohle rechnete. Eindeutig hielt er die Bitumina für die entscheidenden und andauernden Ursachen der unterirdischen Feuer. Er formulierte:

*Weil aber angezündeter Schwefel im Wasser auslöscht und sich rasch verzehrt, so kann er doch, wenn auch manche Vulkane ihn ausspeien ... nicht die Ursache für die Fortdauer des Feuers sein, sondern es muß vielmehr das Bitumen sein, das in Hohlräumen brennt, die Wasser enthalten.*²⁵ *Aber das Bitumen spielt bei der ganzen Materie, von der sich das unterirdische Feuer nährt, unstreitig die Hauptrolle.*²⁶

Erdbrände durch Kohlenlager hatte Agricola in Zwickau selbst beobachten können. Der über viele Jahrhunderte hinweg schwelende und zu verschiedenen Zeiten stärker aufflammende Flözbrand von Zwickau-Planitz wurde von ihm in seinen Werken mehrfach erwähnt:

*Im Meißner Gebiet aber, einer Landschaft Deutschlands, brennt der Kohleberg, der von der Stadt Zwickau etwa 3 Meilen entfernt ist ... Der Beginn des Feuers im Meißner Lande liegt vor menschlicher Erinnerung. Vor 40 Jahren flammte der Berg stärker auf, so daß er die Stadt in Angst versetzte. Weil er aber nur an der Oberfläche brennt, wird er wahrscheinlich auch von einem Menschen zuerst angebrannt worden sein.*²⁷

Wirkliche vulkanische Aktivitäten auf der Grundlage von solchen unterirdischen Bränden hat Agricola natürlich nicht beobachten können. Seine Beschreibungen vulkanischer Prozesse von der Lava-Effusion über vulkanische Bomben und Ascheregen bis hin zu Gasaushauchungen, die er aus antiken Quellen kannte, gleichen aber durchaus modernen Schilderungen zum Vulkanismus. So schrieb er:

*Die Stellen, an denen aus der Tiefe der Erde das Feuer herauflammt, brennen zwar meist dauernd; doch wenn ein Feuer entweder neue Krater öffnet und alte schon erloschene wieder aufreißt, da beginnen sie doch zu rasen, und sie geben Feuerbäche von sich, sie speien Feuerkugeln aus, sie geben brennende Felsen von sich, sie jagen eisenhaltige Massen heraus, Asche verstreuen sie weit und breit, Finsternis verbreiten sie und rauben das Licht.*²⁸

Von Agricola wurden in seinen Arbeiten zahlreiche *Vulkane* als Beispiele angeführt, die diesen Gesichtspunkten heute entsprechen – oder auch nicht. Neben den heute noch aktiven Vulkanen wie Ätna, Vesuv oder Stromboli in Italien wird auch der Hekla auf Island erwähnt. Darüber hinaus hat Prescher (1956) 25 Orte aufgelistet, an denen Agricola Erscheinungsformen des unterirdischen Feuers belegte.²⁹ Dazu gehören auch Flözbrände in Sachsen, in der Steiermark und in Schottland. Die Theorie, daß brennende Kohleflöze die Ursache vulkani-

scher Erscheinungen seien, waren sehr langlebig. Noch 250 Jahre später modernisierte und nutzte Abraham Gottlob Werner diese Erklärungsmöglichkeit für die Deutung vulkanischer Erscheinungen und stützte damit seine Konzeption des Neptunismus zu einer ganz wesentlichen Frage. Auch an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert gab es noch keine allgemein überzeugende physikalische oder chemische Theorie, die die unterirdische Wärme eindeutig zu erklären vermochte. Das unterstreicht die große wissenschaftliche Leistung von Agricola. Der von ihm gegebene Erklärungsansatz entsprach dem Wissen seiner Zeit und er bemühte sich um eine natürliche Deutung, ohne spekulative Zutat. Mit seinen Vorstellungen zur geologischen Wirkung des Wassers und seinen Ideen über Erdbeben und Vulkane leistete Agricola frühe theoretische Beiträge über die Mechanismen exogener und endogener geologischer Prozesse.³⁰

4. Zur Lagerstättensuche und Geologie von Erzgängen

Die längste Zeit seines wissenschaftlich produktiven Lebens verbrachte Agricola im Sächsisch-böhmischen Erzgebirge, das im 16. Jahrhundert mit seinem Bergbau und Hüttenwesen ein (wenn nicht das) europäische Zentrum der am höchsten entwickelten Technologie in der gewerblichen Produktion war. Die Voraussetzung dafür bildete die Gewinnung von Silber, Zinn, Eisen und anderen Metallen auf verschiedenen Lagerstätten der Region, die bereits seit einigen Jahrhunderten abgebaut wurden. Der Renaissancegelehrte Agricola interessierte sich nicht nur für die Medizin, die Technik oder Metrologie, sondern eben auch für die natürlichen Bedingungen der Bergbauproduktion. Dazu gehörten in besonderem Maße die geologischen Aspekte der Erzlagerstätten, von ihrer Gliederung und Verteilung über ihre Suche bis hin zu ihrer Struktur und Vererzung.³²

Seit dem Beginn des 16. Jahrhunderts erschienen verschiedene Bergbücher, in denen vor allem neben den juristischen, ökonomischen und technologischen Bedingungen der Erzgewinnung auch die natürlichen Gegebenheiten dargestellt waren. Eröffnet wurde diese Gruppe von Publikationen «Ein nützlich Bergbüchlein» des Freiburger Arztes Ulrich Rülein von Calw, das um 1500 erschien. Im Verlauf des Jahrhunderts entstanden dann weitere Darstellungen wie das «Joachimsthaler Bergbüchlein» (1523), das «Schwazer Bergbuch» (1556) oder das «Speculum metallorum» (1575), die zunächst als Handschriften vorlagen.³³ Agricolas Arbeiten waren demnach keine Einzelercheinung, hoben sich aber deutlich durch ihren Charakter und die Kompetenz des Autors von anderen Schriften ab.

In seiner Arbeit «De veteribus et novis mettallis» (1546) gab Agricola einen detaillierten Überblick zur geographischen Lage sowie der Entdeckungs- und Nutzungsgeschichte von Erzlagerstätten vor allem der Antike. Detailliert und systematisch berichtet er dann über europäische Lagerstätten von Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer, Zinn, Wismut, Blei und Eisen und dann abschließend einige wichtige Länder durch Angaben über ihre Erzvorkommen zu charakterisieren.³⁴

Lagerstättengeologische Fragen im engeren Sinne werden dann in Agricolas Hauptwerk «De re metallica» (1556) behandelt, wobei diese Themen in die an der Technologie des Montanwesens orientierten systematischen Darstellungen einführen. Das zweite Buch beschäftigt sich vor allem mit der Suche von Erzlagerstätten. Die Gänge standen dabei wegen der in ihnen insbesondere auftretenden Silbererze im Mittelpunkt des Interesses. Zunächst beschreibt

Agricola eine Reihe von natürlichen Kriterien für das Auffinden von Ganglagerstätten. Entsprechende Aufschlüsse können danach verursacht sein durch Naturgewalten infolge von Gießbächen oder Felsstürzen sowie durch gewaltige Winde und die aushebende Wirkung des Wurzelwerks umgestürzter Bäume. Erörtert wird auch die verschiedenartige Wirkung von Erzgängen im Unterschied zum Nebengestein an der Erdoberfläche im Hinblick auf eine andersartige Reifbildung und Besonderheiten beim Wuchs von Pflanzen, Bäumen und Pilzen. Zu diesen Methoden der Lagerstättenuche sagte Agricola: *Auf diese Weise können die Gänge durch Beobachtung der Natur gefunden werden.*³⁵ Ausführlich beschäftigt sich Agricola an gleicher Stelle mit der Wünschelrutenfrage. Detailliert geht er auf die Ansichten der Anhänger und Skeptiker dieser Suchmethode ein, stellt sachlich die verschiedenen Argumente gegeneinander, hält selbst aber den Sinn dieses Verfahrens unter den Bergleuten für strittig. Abschließend stellt er dann folgende Position dar:

*Weil wir aber wollen, daß der Bergmann ein frommer und ernsthafter Man ist, wendet er die Zauberrute nicht an, und weil wir wollen, daß er ein naturerfahrener und kluger Mann ist, sieht er ein, daß die gegabelte Rute ihm nicht von Nutzen ist, sondern, wie ich oben ausgeführt habe, er hat natürliche Zeichen für das Vorhandensein von Gängen, und offenbart, zieht dort der Bergmann Schürfgräben; andernfalls durchforscht er den Ort mit zahlreichen Schürfgräben, bis er die Gangöffnung findet.*³⁶

Agricola setzte hier offenbar auf die natürlichen Anzeichen bei der Suche nach Erzgängen und die genaue Bestimmung ihrer Lage durch Schürfgräben. Welche Rolle aber in der Mitte des 16. Jahrhunderts (neben Alchemie und Astrologie) die Wünschelrute gespielt hat, kann man den Darstellungen auf dem entsprechenden Bild aus «De re metallica» entnehmen, wo der Gebrauch der Rute völlig gleichberechtigt neben der Anlage der Schürfgräben gezeigt wird. Es gibt deshalb bei einigen modernen Autoren auch Unsicherheiten, ob Agricola selbst die Wünschelrute tatsächlich völlig abgelehnt hat oder sie vielleicht doch wenigstens tolerierte.

In einem weiteren Kapitel (Buch III) von «De re metallica» entwickelte Agricola auf der Grundlage bergmännischer Erfahrungen eine systematische Übersicht zu den geologischen Arten, Formen und Strukturen von Erzlagerstätten. Der Text dieses Abschnittes wird durch 34 Holzschnitte mit dreidimensionalen Darstellungen instruktiv ergänzt. Zunächst unterscheidet Agricola drei Typen von Lagerstätten: Gänge, schwebende Gänge oder Flöze und Stöcke. Diese Gliederung ist offenbar die erste Klassifikation von Lagerstätten nach ihrer Form, die im Verlauf der späteren Geschichte erweitert worden ist. Bei allen Darlegungen stehen die Gänge im Mittelpunkt des Interesses. Eingehend stellt Agricola das Streichen und Fallen der Gänge dar, also ihre horizontale und vertikale Erstreckung im Gebirge. Erklärt werden in diesem Zusammenhang Bau und Funktion des Bergkompasses, mit dem dazu entsprechende Werte gemessen werden können. Zu den verschiedenen Typen und Formen von Gängen faßt Agricola den gesamten Erfahrungsschatz der Bergleute zusammen. Er beschreibt und zeigt (in den Holzschnitten) verschiedene Formen von Haupt- und Nebengängen, hangenden und liegenden Gängen, Gangteilungen und -vereinigungen, Kreuz- und Quergängen sowie auch die verschiedenen Bereiche eines Ganges als Ursprung und Ende, Kopf und Schwanz, wozu die entsprechenden Erklärungen gegeben werden. Weiter spricht Agricola über Klüfte und Trümer (auch Quer- und Seitentrümer), die er als kleine Gänge bezeichnet.³⁷ Systematisch

zusammengefaßt werden damit die Erfahrungen zur Tektonik, vor allem von Ganglagerstätten des sächsisch-böhmischen Erzbergbaus.

Diskutiert werden von Agricola ebenfalls die Beziehungen von Vererzung und Tektonik der Gänge. Die offenbar weit verbreiteten Ansichten, wonach bestimmte Richtungen des Streichens oder Fallens von Gängen besondere Erzanbrüche erwarten ließen, relativiert er oder gibt Begründungen für ihre Ablehnung. Desgleichen wendet er sich gegen die Meinung, daß Gold in Bächen oder Flüssen entstehen könne und erklärt sein Vorkommen treffend aus der Wirkung des Wassers, durch das es *von Gängen und Trümmern losgelöst worden ist*.³⁸ Die Genese von Erzen berührte Agricola aber auch in anderen Zusammenhängen, worauf Fischer (1961) bereits eingegangen ist.³⁹ Gänge, Klüfte und Trümer konnten sich seiner Meinung nach als Fugen im Gestein sowohl während der Entstehung der Gebirge durch Austrocknung als auch im Ergebnis der Zirkulation von Wässern in Felsen durch Lösung von Gestein bilden. Nach ausführlichen Diskussionen der Vorstellungen von Aristoteles und weiteren Peripatetikern betont Agricola die Rolle von Wasser, das teils von der Erdoberfläche eingesickert und teils im Erdinnern entstanden ist, vom Gebirge überall etwas abzulösen vermag und schließlich mit verschiedenen Bestandteilen beladen, zur Bildung von Erzen beitragen kann. Dazu schrieb Agricola: *Denn aus beiden [Wässern], in Verbindung mit Erde, können die edlen Geschiebe, aus denen die Erze entstehen, hervorgehen*.⁴⁰ Erklärten diese Gedanken aus heutiger Sicht auch noch sehr unvollkommen die Genese von Erzen, steckten darin doch wichtige Keime für theoretische Vorstellungen über die Entstehung von Erzgängen in späterer Zeit. Damit hat Agricola ganz wesentliche Beiträge zur Entwicklung einer Lagerstättenlehre (in der Zeit ihrer Vorgeschichte als Disziplin) geleistet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß verschiedene Gedanken Agricolas zur Entwicklung geologischer Vorstellungen in der Geschichte maßgebend beigetragen haben, wozu gehören: Die Argumente gegen die Wirkung einer besonderen gesteinsbildenden Kraft, Ideen zu einer wirklichen Historizität im Hinblick auf die Vergangenheit der Erde, Beobachtungen und Erklärungsversuch zur geologischen Wirkung des Wassers, zu Erdbeben und Vulkanen sowie nicht zuletzt Darstellungen über die Suche und die Natur von Lagerstätten nutzbarer Minerale. Dabei wandte sich Agricola gegen Auffassungen, die auf mangelnder Kenntnis von Gegebenheiten in der Natur beruhten, Resultate unzulässiger Verallgemeinerungen von Einzelerfahrungen waren oder der sinnlichen Wahrnehmung natürlicher Sachverhalte widersprachen. Er selbst machte die aktuellen Beobachtungen in der Natur zur Grundlage seiner Auffassungen, blieb aber den Ansichten antiker Philosophen verbunden, wenn in seiner Zeit neuere Erkenntnisse zu derartigen Sachverhalten noch nicht gewonnen werden konnten. Als Renaissance-Gelehrter stand er noch in der Tradition des antiken Denkens, deutlich aber auf die Erforschung der geologischen Phänomene der Erklärungen orientiert.

Anmerkungen

- 1 Agricola, Georgius: De ortu et causis subterraneorum. 1544. In: Georgius Agricola: Ausgewählte Werke (AGA). Gedenkausgabe des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden. Hrsg. von Prescher, Hans und Mathé, Gerhard. Bd. III, Berlin 1956, S.75.

- 2 Ebenda.
- 3 A.a.O., Aufl. 1558, AGA, Bd.III, S.132.
- 4 A.a.O., Aufl. 1544, AGA, Bd.III, S.139.
- 5 Agricola, Georgius: *Bermannus, sive de re metallica*. 1530. In: AGA, Bd. II, Berlin 1955, S.121.
- 6 Agricola, Georgius: *De ortu et causis subterraneorum*. 1544. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S.149ff.
- 7 A.a.O., S.133.
- 8 A.a.O., S.150.
- 9 Fraustadt, Georg: *Historisch-philosophische Anmerkungen zu «De ortu et causis subterraneorum»*. 1544. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S. 203.
- 10 Agricola, Georgius: *De ortu et causis subterraneorum*. 1544. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S.151.
- 11 Hartig, Gerorg: *Schriften zur Geschichte der Naturwissenschaften*. Berlin 1983, S.19.
- 12 Blei, Wolfgang: *Erkenntnisse zur Erd- und Lebensgeschichte*, S.123. *Wissenschaftliche Taschenbücher*, Bd. 219, Akademie-Verlag, Berlin 1981.
- 13 Agricola, Georgius: *De ortu et causis subterraneorum*. 1544. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S.126.
- 14 A.a.O., S.132.
- 15 A.a.O., S.133.
- 16 A.a.O., S.161.
- 17 Ebenda.
- 18 A.a.O., S.125.
- 19 A.a.O., S.126.
- 20 A.a.O., S.127.
- 21 Agricola, Georgius: *De natura eorum, quae effluunt ex terra*.1545. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S.300f.
- 22 Agricola, Georgius: *De ortu et causis subterraneorum*. 1544. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S. 116.
- 23 A.a.O., S.118.
- 24 A.a.O., S.122f.
- 25 A.a.O., S.124.
- 26 A.a.O., S.123.
- 27 Agricola, Georgius: *De natura eorum, quae effluunt ex terra*. 1545. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S.310f.
- 28 A.a.O., S.309.
- 29 Prescher, Hans: *Einführung in die geologischen Werke «De ortu et causis subterraneorum»*. 1544. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S.53.

- 30 Mathé, Gerhard: Agricola und die Geologie. In: Internat. Z. f. Gesch. u. Ethik der Naturw., Technik und Medizin (NTM), N.S., Vol.2, Nr. 1, Basel 1994, S.13–26.
- 31 Guntau, Martin: Die Bedeutung von Gangvererzung und Gangtheorie im sächsischen Erzgebirge für die Entwicklung der Lagerstättenlehre. In: Z. f. Geolog. Wiss. 8(1980)10, Berlin 1980, S. 1335–1342.
- 32 Prescher, Hans: Die Bedeutung G. Agricolas (1494–1555) für die Geschichte der Lagerstättenkunde. In: Geologie 20(1971)6/7, Berlin 1971, S. 740–747.
- 33 Pieper, Wilhelm: Ulrich Rülein von Calw und sein Bergbüchlein. In: Freiburger Forschungsheft D7. Berlin 1955.; Wilsdorf, Helmut: Das Joachimsthaler Bergbüchlein des Hans Rudert 1523. In: Freiburger Forschungsheft D5. Berlin 1954, S.7–64; Winkelmann, Heinrich (Hrsg.): Schwazer Bergbuch. 1556. Bochum 1556.; Kirnbauer, Franz (Hrsg.): Speculum metallorum. 1575. Leobener Grüne Hefte, Nr. 50, Wien 1961.
- 34 Agricola, Georgius: De veteribus et novis metallis. 1546. In: AGA, Bd.VI, Berlin 1961, S.104.
- 35 Agricola, Georgius: De remetallica. 1556. In: AGA, Bd. VIII, Berlin 1974, S.88.
- 36 A.a.O., S.90f.
- 37 A.a.O., S.93–128.
- 38 A.a.O., S.131.
- 39 Fischer, Walther: Zum 450.Geburtstag Agricolas, des Vaters der Mineralogie und Pioniers des Berg- und Hüttenwesens. In: Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Monatshefte Abt. A. Stuttgart 1944, S.1–128; ders.: Gesteins- und Lagerstättenbildung im Wandel wissenschaftlicher Anschauung. Stuttgart 1961, S. 324f.
- 40 Agricola, Georgius: De ortu et causis subterraneorum. 1544. In: AGA, Bd. III, Berlin 1956, S.165.