

Zur Geologie des Neunkircher Raumes

Gerhard Müller

Das unlösbare Problem

Geologie eines engen Raumes darzustellen ist unmöglich. Im wissenschaftlichen Bereich kann man die allgemeinen Bezüge des Gegenstandes als bekannt voraussetzen, dann ist eine fachspezifische Beschränkung auf einzelne Details der Örtlichkeit möglich. Für einen Leserkreis, der diese Voraussetzungen nicht mitbringt, muss man einen Kompromiss suchen. Man legt entweder das Schwergewicht auf die allgemeinen Bezüge, dann leidet die Örtlichkeit, oder man stellt auf Details ab mit dem Risiko, dass der Leser diese nicht in den Zusammenhang stellen kann.

Guthörl (1955) hat mit gutem Recht die örtlichen Details bevorzugt. Einmal war er von seinem Beruf her damit vertraut – er war zunächst Steiger im Bergbau und später an der Bergingenieurschule zuständig für Geologie –, vor allem aber boten der Bergbau, die Rohstoffgewinnung der Ziegeleien und die Sandgruben Aufschlüsse, die dem Betrachter immer viel mehr bieten konnten als die beste Beschreibung. Heute sind diese Aufschlüsse alle eingeebnet und überwachsen. Dem Besucher bietet man am Pseudo-Mundloch des ehemaligen Palmbaumstollens eine Lore mit einer Füllung von Hochofenschlacken statt Steinkohlen dar! Geologie wird vielfach missverstanden als eine Beschreibung von Gesteinen, pflanzlichen und tierischen Versteinerungen und deren Abfolgen. Das ist nicht der Kern der Geologie. Der Kern ist die Geschichte der Erde, das sind Abläufe mit Ursachen und Wirkungen, die aber nur aus Gesteinen und Versteinerungen ableitbar sind. Ein stratigraphisches Profil der Flözabfolge im Bereich der Wilhelm-Schächte zu geben hat vergleichsweise lediglich den Charme einer Auflistung aller Bahnhofsvorsteher in Neunkirchen.

Seit 1955 hat sich allgemein und speziell im Saarland sehr viel verändert. Die Geowissenschaften haben eine kurze Blüte mit Universitätsinstituten, Geologischem Landesamt und einer Geologischen Abteilung der Saarbergwerke AG erlebt. Diese sind bis auf winzige Reste verschwunden. Dennoch hat diese kurze Blütezeit eine sehr große Menge an Detailwissen gezeitigt, das jeden Rahmen einer geschlossenen Darstellung sprengt. Für den Zugang zu diesem Detailwissen gibt es Hinweise am Ende des Artikels. Nicht nur regional hat sich das Wissen verändert. Die Geo-

wissenschaften haben allgemein Werkzeuge in die Hände bekommen, die früher nicht vorstellbar waren, vor allem Analysemethoden, die winzigste Mengen reproduzierbar nachweisen lassen. Das ist die Basis für isotopengeochemische Messungen, die einerseits zu sehr präzisen Altersangaben im geologischen Rahmen, andererseits zum Verständnis chemischer Reaktionen in den Gesteinen führen. Diese letztere Möglichkeit lässt dann vor allem Aussagen über Vorgänge in der Tiefe zu.

Dieser Artikel stellt die Geologie als Geschichte in den Mittelpunkt, aufgehängt jeweils, soweit möglich, an örtlichen Gegebenheiten. Selbstverständlich sollen dabei auch die neueren Erkenntnisse ihren Platz finden.

Die varistischen Großzonen und das Devon

Das älteste greifbare Gestein, das heute unter Neunkirchen liegt, ist ein Albitgranit, der aus der Tiefbohrung Saar 1 aus dem Teufenbereich von 5.662-5.857m bekannt geworden ist. Um dieses Gestein und die darauf auflagernde Gesteinsserie richtig verstehen zu können, brauchen wir einen größeren Zusammenhang. Seit langem ist bekannt, dass die wichtigste Gebirgsbildung in Mitteleuropa einen Gebirgsstrang erzeugt hat, der grob von West nach Ost verläuft. In diesem Gebirge lassen sich deutlich unterschiedliche Bereiche ausgliedern, die als Platten angesehen werden, zwischen denen Meeresbereiche lagen, die heute verschwunden sind.

Es sind von Norden nach Süden:

das Rhenohercynicum

(Rheinisches Schiefergebirge und Harz)

das Saxothuringicum (Sachsen und Thüringen)

das Moldanubicum

(Moldau und Donau jeweils als Namensgeber).

Wir gehören vereinfacht ausgedrückt zum Saxothuringicum, doch gibt es für unseren Teilbereich noch den enger gefassten Ausdruck der Mitteldeutschen Kristallinschwelle. Die Grenze zum Rhenohercynicum im Norden fällt grob mit dem Hunsrückrand zusammen, die zum Moldanubicum verläuft durch die Nordvogesen.

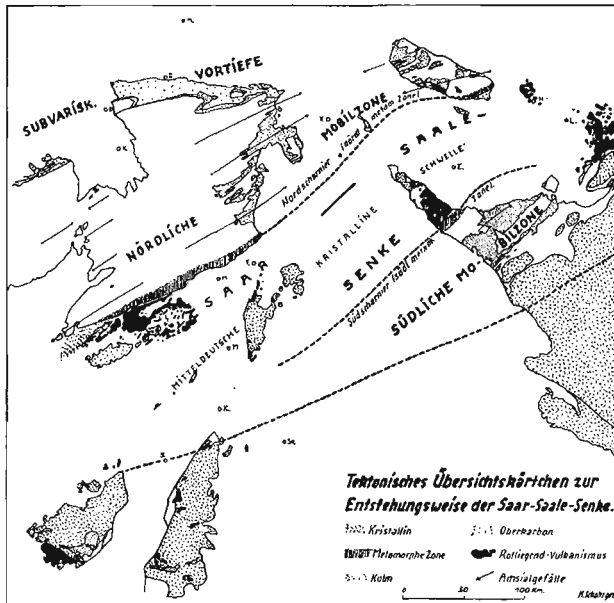


Abb. 1a:
Die Zeichnung stammt aus Scholtz (1933, Abb. 21). Sie zeigt bereits die weitgehende Kenntnis des variskischen Gebirgsbaues mit sehr vielen Einzelheiten. Wieweit ihr bereits ähnliche Darstellungen voraus gingen bis zu diesem Entwicklungsstand kann hier außer Betracht bleiben. Die Einzelheiten brauchen den Betrachter nicht zu interessieren. Es kommt wesentlich nur auf ein paar Linien und einen Begriff an, die in die folgenden Abbildungen zu übertragen sind.

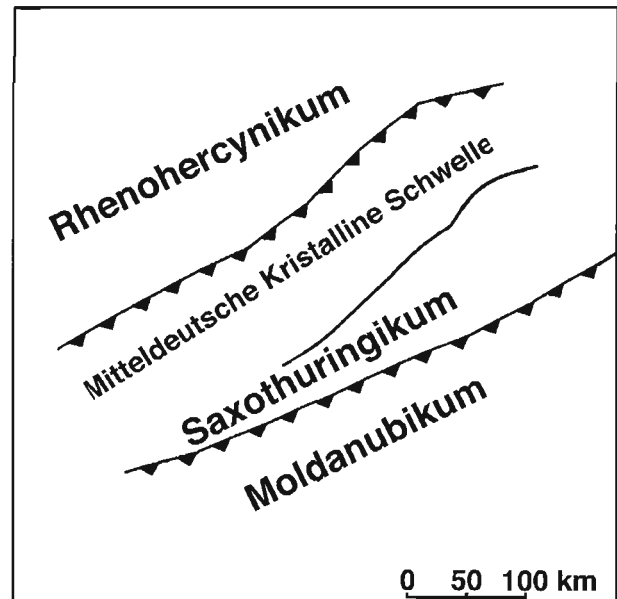


Abb. 1c:
Diese Zeichnung entspricht dem, was jede moderne Abbildung in praktisch gleicher Ausbildung wiedergibt, letztlich die Darstellung von Scholtz. Der ganz wesentliche Unterschied liegt nicht in der Kenntnis der Gesteine, die wir heute antreffen, sondern in den zu Grunde liegenden Modellen. Das ältere Modell sieht auch vor der Gebirgsbildung nur die heute sichtbaren Gesteine als gegeben an. Sie werden zwar durch die Gebirgsbildung in ihren Flächenausdehnungen teilweise sehr stark verändert, bleiben aber in ihrer Lagebeziehung zueinander unverändert. Das neuere Modell der Plattentektonik geht davon aus, dass es vor der Gebirgsbildung nicht nur die heute erkennbaren Gesteine gab, sondern auch Teile einzelner Platten, die an Plattenrändern unter die Nachbarplatte bei der Gebirgsbildung abgesunken und damit verschwunden sind (Subduktionszonen). Was an Plattengrenzen heute nebeneinander liegt, kann ursprünglich weit von einander entfernt gelegen haben, was dazwischen lag ist dann in der Tiefe verschwunden. Musste man früher davon ausgehen, dass das Material eines Gesteins immer aus dem heute benachbarten Gebiet durch Abtragung geliefert wurde, so kann man heute auch solches Material von Gebieten herleiten, die selbst nicht mehr direkt nachweisbar sind. Die Zeichnung zeigt zwei solcher Plattengrenzen. Die Dreiecke an der Linie bezeichnen die Richtung, in der die eine Platte unter die andere gewandert ist. Ein Teil des Rhenohercynikums ist also unter das Saxothuringicum abgetaucht, entsprechend der südliche Rand des Saxothuringicums unter das Moldanubikum. Die Mitteldeutsche Kristalline Schwelle kann man als ein starres Teilgebiet des Saxothuringicums ansehen.

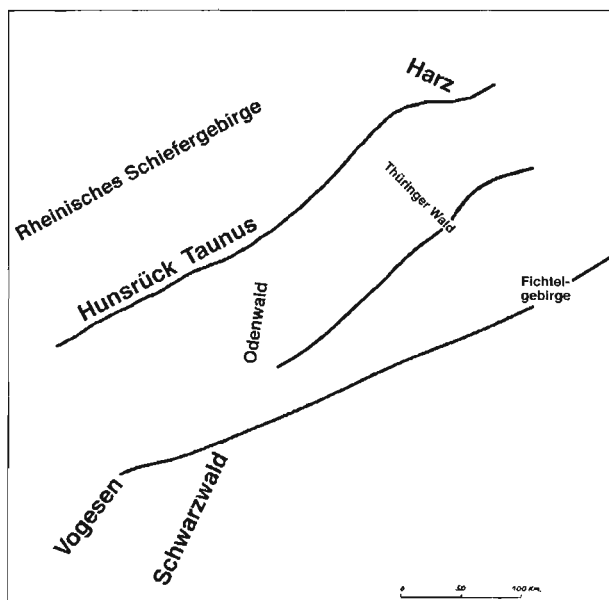


Abb. 1b:
Diese Zeichnung übersetzt die Darstellung von Scholtz lediglich in gängige geographische Begriffe zur besseren Orientierung und hebt bereits die Linien hervor, auf die es ankommt.

Das tiefe Loch – Die Bohrung Saar 1

Vom 15. April 1965 bis zum 17. August 1968 wurde auf der Spieser Höhe bei Neunkirchen die Tiefbohrung Saar 1 niedergebracht, die mit 5.857 m Teufe in weitem Umkreis die tiefste Bohrung darstellt. Um dies zu verstehen, muss man auch die Zeitumstände kennen. Die Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg brachten in Deutschland die Ablösung des Primärenergieträgers Kohle durch die Primärenergie Erdöl (wenig bemerkt hat mittlerweile schon dessen Ablösung

durch das Erdgas begonnen). Mit dem Siegeszug des Mineralöls kam es auch in Deutschland zu einer starken Explorations-tätigkeit, die auch im Saarland nach der politischen Rückgliederung schnell anlief. Die bisherigen Erdölspuren im Saarland, vor allem in der Grube Frankenholz, waren sehr mager. Durch den ausgedehnten Steinkohlenbergbau war längst klargestellt, dass in kleineren Teufen nichts zu erwarten war. Die Suche musste sich also auf den tieferen Untergrund richten. Die geophysikalische Untersuchung des Untergrundes, vor allem durch Seismik, lief sehr schnell an. Dabei gab es letztlich ein sehr wesentliches Problem, nämlich, dass man zwar tiefliegende Horizonte erkennen und damit auch Gebiete definieren konnte, wo Erdöl sich

möglicherweise gesammelt hatte, dass man aber nichts über die Beschaffenheit der Gesteine wusste, die letztlich darüber entschied, ob überhaupt eine Voraussetzung für die Entstehung von Erdöl wie auch dessen Speicherung gegeben war. Abhilfe konnte nur eine Tiefbohrung schaffen. Für diese Bohrung schlossen sich die vier Konzessionsinhaber im Gebiet des Saarlandes zusammen (Deutsche Schachtbau AG, Deutsche Erdöl AG, Saarbergwerke AG und Wintershall AG). Das Ziel der Bohrung war also nicht die Erschließung von Erdöl, sondern die Klärung des tieferen Untergrundes, ohne die weiteren Arbeiten nicht sinnvoll waren.

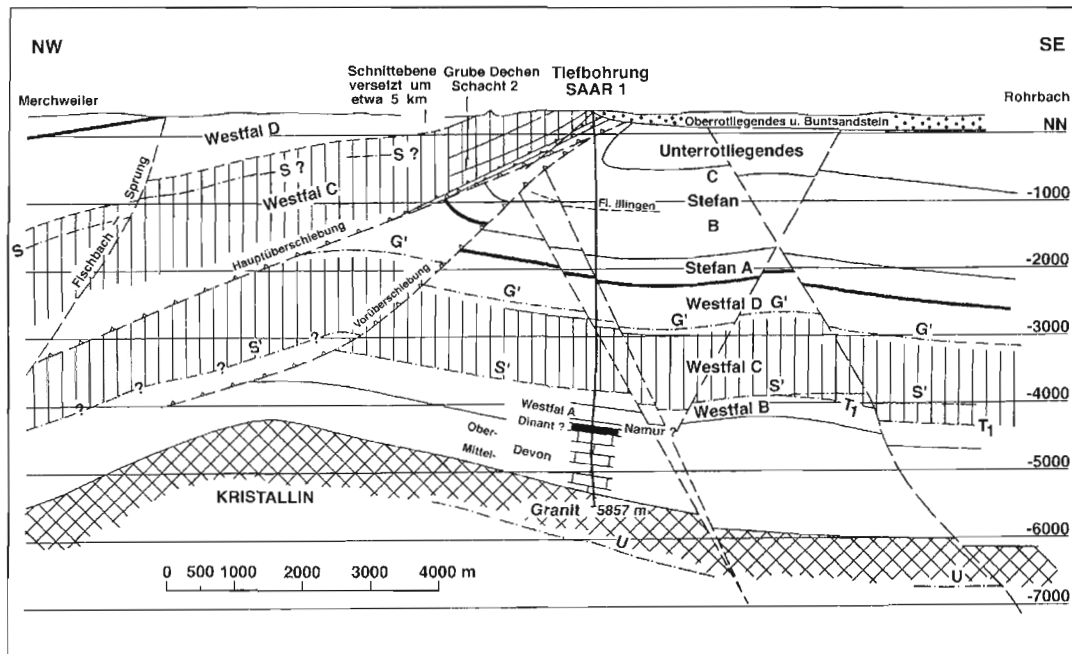


Abb. 2:
Schnitt in NW-SE (=Nordwest-Südost)-Richtung durch die Saarbrücker Kulmination („Saarbrücker Sattel“) und die Bohrung Saar 1. Diese und eine ganze Reihe fast identischer Darstellungen gehen alle auf Veit (Sachbearbeiter bei der damaligen Deutschen Erdöl AG) zurück. Wer eine solche Darstellung unkritisch betrachtet, darf sich wundern, wie genau unsere Kenntnisse des Untergrundes sind. In Wirklichkeit ist lediglich eine Vorstellung wiedergegeben, die zwar Vieles für sich hat, aber keineswegs in den Einzelheiten richtig sein muss. Man muss sich zunächst einmal klar machen, welche Bereiche in diesem Schnitt dem Menschen direkt zugänglich sind oder waren. Dann ist es im SE der Bohrung Saar 1 fast nur die Oberfläche mit ein paar Nadelstichen (Bohrungen), von denen die tiefste bis etwa 1.000 m NN niederging, die aber keineswegs alle in dieser Linie liegen, sondern von St. Ingbert bis Bexbach reichen. Das im Schnitt angegebene Unterrotliegende ist keineswegs nachgewiesen. NE der Bohrung Saar 1 haben wir teilweise sehr gute Aufschlüsse durch den Bergbau, aber auch nur in begrenzter Ausdehnung nach der Teufe. Was wir über die weitere Tiefe wissen, das ist zu erkennen an den Linien, die mit Buchstaben bezeichnet sind (U, S', G', S und die Oberfläche des Kristallins). Sie stellen dar, in welcher Tiefe Horizonte liegen, die mechanische Energien, die von der Oberfläche her abgestrahlt wer-

den, besonders gut wieder zurückwerfen (Seismik). Zunächst ergeben sich aus solchen Messungen allerdings noch keine Tiefen, da man dazu die Kenntnis der Schallgeschwindigkeiten noch benötigt. Erst die Bohrung Saar 1 hat die nötigen Werte geliefert, die dann eine sichere Umrechnung in Teufen ermöglichte. Die Bohrung Saar 1 selbst ist ein außergewöhnlich guter und bedeutender Aufschluss. Man kann davon ausgehen, dass die Verhältnisse in direkter Nachbarschaft denen des Bohrkerns entsprechen. Je weiter man sich jedoch entfernt, umso geringer wird die Wahrscheinlichkeit, dass man Detailaussagen noch übertragen kann. Interessant ist die Darstellung des Holzer Konglomerats (ein dicker Strich zwischen dem Westfal D und dem Stefan A). Das Holzer Konglomerat ist kein guter Reflektor, also durch die Seismik nicht sicher zu erfassen. In der Bohrung Saar 1 fehlt tectonisch bedingt, der Bereich des Holzer Konglomerats. Das heißt letztlich, dass hier ein ganz wichtiger Leithorizont dargestellt ist ohne einen echten Nachweis. Man darf diese Anmerkungen nicht missverstehen, dass diese Darstellung nun grob fehlerhaft sei. Es ist nur ein Hinweis darauf, dass man sich bei der Interpretation solcher Darstellungen immer wieder klar werden muss, was nun wirklich gesichert, und was lediglich plausible Annahme ist.

Vergangene Taucherparadiese

Der Untergrund unseres Karbons wurde benannt als „Mitteldeutsche Kristalline Schwelle“. Der Begriff stammt nicht aus unserem Raum sondern aus östlicheren Gebieten. Dort war zu erkennen, dass man es bei dieser Schwelle mit einem stabilen Abtragungsraum zu tun hatte, der nicht wie die nördlich und auch südlich angrenzenden Gebiete im Devon Ablagerungsraum war und später aufgefaltet wurde. Diese im Prinzip durchaus richtige Vorstellung hatte man auch auf den Untergrund unseres Karbons übertragen. Bei Ansetzen der Bohrung Saar 1 erwartete man daher zwar eine sehr mächtige Folge von Karbon, aber keineswegs Devon. Es war daher eine Sensation, als insgesamt fast 900 m Kalke, allerdings mit meist sandigen Einschaltungen erbohrt wurden, die das Mittel- und Oberdevon umfassen. Zum besseren Verständnis muss man darauf hinweisen, dass in der ehemaligen Schwerspatgrube Korb bei Eisen am heutigen Hunsrückrand Gesteinsserien auftreten, die noch Teile des Unterdevons umfassen, dabei aber lediglich bis maximal 20-30 m mächtig werden. Zwischen beiden Aufschlüssen gibt es nicht nur in der Mächtigkeit deutliche Unterschiede. Die Karbonatfolge der Saar 1 wird gesehen als Abtragungsprodukte eines Riffgürtels, der etwas weiter südlich lag. Die angedeuteten Taucherparadiese lagen also eher in Richtung auf den heutigen Pfälzerwald oder die Vogesen. Von dort her wurden Abtragungsprodukte der Riffe wie auch klastische Sedimente des dahinter liegenden Abtragungsgebietes in unseren sich ständig senkenden Raum verfrachtet. Bei Eisen fehlt ein solches Hinterland, für eine karbonatarme, deutlich mächtigere Serie ist es im Norden zu suchen. Es fehlen wohl auch Riffe auf stark sinkendem Untergrund. Die reiche Conodontenfauna macht deutlich, dass man sich dort in einem einwandfrei marinen Bereich befindet, allenfalls am Rand der Platte, auf der wir stehen.

Ein Ozean verschwindet

Wie groß einmal der Abstand zwischen dem Rhenocynicum und dem Saxothuringicum oder unserem Teilbereich der Mitteldeutschen Schwelle war, wissen wir nicht. Dass es einen Tiefseeboden gab, ist nicht bewiesen. Aber der Ozean war vorhanden. Er ist verschwunden. Hätten wir nur ein flaches Meer gehabt, das durch eine großräumige Hebung verschwunden wäre, so würden wir über die gesamte Fläche alle Sedimente gleichmäßig abgelagert und unverändert vorfinden.

Gehen wir von unserer Bohrung Saar 1 aus nach Norden, so haben wir bis zum Hunsrückrand mit einiger Berechtigung

anzunehmen, dass die Gesteine im Untergrund gleichmäßig lagern und nicht verändert sind. Bei Eisen (Gemeinde Nohfelden) treffen wir dann die schon beschriebenen geringmächtigen Kalke. Sie stehen praktisch senkrecht, sind aber ebenso wenig verändert wie die bisher betrachteten Gesteine. Dann aber in direktem Kontakt erscheinen die Gesteine des Hunsrücks, intensiv verfaltet und verschuppt und in einem Zustand, der zwar noch nicht als metamorph gilt, aber an der Grenze zur Metamorphose steht, also im Mineralbestand schon etwas verändert gegenüber dem Ausgangszustand. Eine solche Erscheinung deutet man heute üblicherweise so, dass eine Platte, hier die nördliche Platte, unter eine andere, hier die südliche, abgetaucht ist. Dabei verkürzen sich die ursprünglichen Entfernungen. Was auf der abtauchenden Platte aufliegt, wird zusammengeschoben, entweder mit in die Tiefe genommen oder auch ausgequetscht. Am Prinzip dieser Deutung ist kaum etwas auszusetzen, die Schwierigkeiten liegen wie immer bei den Details. Mit dem Ende des Oberdevons werden die Sedimente sowohl im Bereich der Bohrung Saar 1 wie in Eisen schwärzer, das bedeutet, dass die Durchlüftung der noch vorhandenen Gewässer schlechter wird. Das geht nicht schlagartig, auch im Unterkarbon gibt es in Eisen noch teilweise Conodonten, also noch einwandfreies Meer. Aber allmählich erfolgt der Übergang zu Sedimenten, bei denen nicht mehr sicher ist, dass sie noch als marin anzusprechen sind. Im Norden hören die Aussagemöglichkeiten auf. Im Bereich der Saar 1 beginnt nun mit einem Basiskonglomerat die klastische Schüttung, die bei schneller Absenkung des Untergrundes (oder bei entsprechender Auffaltung der Randgebirge) nach einem Teil bislang noch nicht erschlossener Gesteine unser bekanntes Oberkarbon liefert.

Die Moorlandschaft

Unser produktives Karbon, also das Westfal mit seinen Kohleflözen, stellt eine Ablagerung dar, die nicht ganz einfach zu verstehen ist. Es werden dort Verhältnisse kombiniert, die sich nur schwer vereinbaren lassen. Zunächst einmal macht die große Mächtigkeit der Sedimente eine starke Absenkung des Ablagerungsraumes gegenüber den Abtragungsgebieten notwendig. Eine starke Absenkung, die unter den Meeresspiegel führt, bringt den Einbruch eines Meeres mit sich. Das ist nicht der Fall. Das bedeutet, dass wir uns trotz diesem Absenken ein allgemein hohes Niveau über dem Meer vorstellen müssen. Die durchaus zu akzeptierende Vorstellung ist die einer breiten und sehr langgezogenen Senke zwischen zwei Gebirgsketten. Da wir neben Siltsteinen und Sandsteinen auch immer wieder Konglomerate nachweisen können, kann es an Wasser nicht gefehlt haben. Wir müssen mit Flusssystemen

rechnen, die starke Transportkraft hatten, und sich auch jederzeit so stark einschneiden konnten, dass sich kaum tiefere Seen bildeten. Wir brauchen aber zumindest ebene (Wasser)flächen über Bereichen, die schon einmal 100 km² überzogen haben müssen, wenn wir die bedeutenderen Flöze deuten wollen. Denn für den Aufbau eines Moores brauchen wir Wasser, das die Pflanzenreste dem Luftsauerstoff entziehen kann. Wir brauchen auch längere Ruhezeiten, damit die entsprechend großen Massen an organischer Substanz angehäuft werden können.

Flusssysteme mit hoher Transportkraft und zugleich ruhige, großräumige, flache Wasserflächen, das passt nicht zusammen. Wenn doch beides nachzuweisen ist, dann müssen wir davon ausgehen, dass eine gewisse räumliche Trennung vorlag, die nur zeitweise aufgehoben war. Man kann sich also vorstellen, dass unsere Moorlandschaft nicht den tiefsten Bereich der Innensenke darstellte und die Hauptstromgebiete zwischen diesem zentralen Bereich und den Randgebirgen lagen. Dann lassen sich durchaus ständige Flusssysteme mit starker Transportkraft und ruhige Verhältnisse in den Moorlandschaften miteinander verknüpfen. Nur von Zeit zu Zeit griffen dann die Flüsse auf diesen Bereich der Moore über.

Betrachtet man ein Stück Kohle, so fällt auf, dass dieses in der Regel deutlich unterschiedliche Lagen zeigt. Der wichtigste Unterschied ergibt sich aus der Reflexion des Lichtes, manche Lagen reflektieren besser, andere schlechter. Daraus ergibt sich eine grobe Ansprache der Kohle ohne Mikroskop als Glanzkohle, Mattkohle, Faserkohle, Halbglanzkohle und Sapropelkohle (Faulschlammkohle). Unter dem Mikroskop kann man stärkere Unterscheidungen machen, man spricht dann von Streifenarten, aus denen sich die Kohle aufbaut. Die Glanzkohle besteht nur aus einer Streifenart, dem Vitrit, die Mattkohle dagegen aus vier verschiedenen, nämlich Durit, Clarit, Vitrinertit und Trimacerit. Eine solche Streifenart muss schon eine bestimmte Dicke haben, das heißt letztlich, dass hier noch ein größerer Zusammenhang betrachtet wird. Betrachtet man schlussendlich nur die kleinsten Teilchen, die man ursprünglich durch ein chemisches Zerlegen (mazerieren) gewonnen hat, so landet man bei den Mazeralen, die immer an der Endung „-init“ zu erkennen sind. Worauf es in diesem Zusammenhang nur ankommt, die Untersuchung der Kohle zeigt uns, was letztlich noch von der ursprünglichen Pflanzensubstanz erhalten geblieben ist. Sporen sind sehr erhaltungsfähige Gebilde. Steigt innerhalb unserer Kohlen der Gehalt an Sporen an, so müssen wir daraus schließen, dass weniger erhaltungsfähige Pflanzenteile, weitgehend der ganze Pflanzenkörper unter den gegebenen Bedingungen zersetzt worden ist. Als Deutung kommt tieferes Wasser in Frage, das gut durchlüftet wurde.

Die Glanzkohle ist weitgehend aus Holz- oder Rindengewebe entstanden. Da unsere Steinkohlen hohe Anteile an Glanzkohle aufweisen, so dürfen wir vor allem von Waldmooren ausgehen mit sehr hohem Wasserstand, die in flache offene Wasserflächen übergingen. Sowohl das Bodenwasser wie auch das flache Seewasser waren sehr schlecht durchlüftet, so dass in diesem Bereich die Pflanzenmasse nur sehr begrenzt zersetzt werden konnte. Es gab aber auch tiefere Wasserflächen mit guter Durchlüftung, wenn auch seltener. Dafür steht das Vorkommen von Kannelkohle im Flöz Taentzien der Grube Heinitz, die früher für Schnitzereien genutzt wurde. Wenn wir andererseits feststellen, dass unsere Kohlen immer deutlich gestreift sind, dann sagt dies auch klar aus, dass die Bedingungen häufig gewechselt haben, dass also der Wasserstand letztlich nicht gleichmäßig war. Die Faserkohle zeigt noch sehr deutlichen Zellaufbau und erinnert sehr stark an Holzkohle. Eine der Deutungsmöglichkeiten ist daher die als fossile Holzkohle. Heute sieht man die Faserkohle allerdings eher als ein Ergebnis von Zersetzungs Vorgängen oberhalb des Wasserspiegels bei Anwesenheit von Luftsauerstoff. Diese Faserkohle ist sehr leicht zerreiblich. Sie ist es, die vor allem dafür sorgt, dass Kohle bei Berührung schwarz färbt. Die Faserkohle ist des Weiteren sehr porös, sie hat eine hohe innere Oberfläche. Das bedeutet, dass gegebenenfalls der Sauerstoff über große Flächen bei kleiner Masse angreifen kann, dass große Wärmemengen bezogen auf die geringe Masse freigesetzt und damit hohe Temperaturen erzeugt werden. Die Faserkohle ist es, die die Selbstentzündung bei vielen unserer Flöze bewirkt, die auch der moderne Bergbau stellenweise nicht in den Griff bekommen kann.

Die chemische Reaktion im Untergrund

Kohlenflöze werden häufig von Horizonten begleitet, die rundliche Körper aus einem Gemisch von Eisenkarbonat (Siderit) und ehemals feinem Schlamm aufweisen. Die Form wird als Konkretion, das Gemisch als Toneisenstein bezeichnet. Solche Toneisensteinkonkretionen wie auch -lagen waren die Grundlagen für die Eisengewinnung der Kelten und Römer wie auch der Neuzeit bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts im Bereich des „Saarkohlenwaldes“. Dafür zeugen noch sehr viele Rennofenschlackenplätze aus gallorömischer Zeit und die früheren Hüttenwerke Neunkirchen, Fischbach, Sulzbach und St. Ingbert. Solche Toneisensteine sind häufige Erscheinungen und keineswegs auf das Karbon beschränkt, wenn sie auch im Westfal besonders wichtig sind. Der im Toneisenstein fein verteilte Schlamm macht eindeutig klar, dass die Bildung bereits sehr früh erfolgen musste, nämlich solange nach Ablagerung noch ein hoch wasserhaltiger Schlamm vorlag, was eine gewisse

Wassertiefe voraussetzt, da sonst die Ablagerung gröber ausfällt und dann schnell entwässert. Was nun benötigt wird, sind zwei chemische Reaktionen, eine die das Eisen in Lösung bringt und eine weitere, die die Ausscheidung des Eisens an bevorzugten Stellen bewirkt. Die Herkunft des Eisens ist nicht problematisch. Rechnet man den Eiseninhalt solcher Horizonte um auf die Gesamtmasse des umgebenden Sediments, dann stellt man fest, dass man sich im normalen Bereich der Fe-Gehalte von Sedimenten bewegt. Als direkte Quelle für das Eisen kommen vor allem die Oxidhäutchen in Frage, von denen alle Teilchen, die aus der Verwitterung an der Luft stammen, umgeben sind. Bei Reduktion dieser Oxide, wobei reichlich verfügbare organische Substanz eine Rolle spielt, kann man lösliche Fe-Verbindungen erhalten, sei es als Salze von Humussäuren oder als Hydrogenkarbonate. Eine Ausscheidung lässt sich zwar bei Fe-Hydrogenkarbonaten durch eine Druckentlastung bewirken, ist aber kaum geeignet, alle Erscheinungsformen dieser Konkretionen zu erklären. Betrachtet man sich insbesondere solche Konkretionen, bei denen verhältnismäßig viel Tonsubstanz vorhanden ist, so kann man immer feststellen, dass das Fe-Karbonat in Form kleiner Kügelchen vorliegt. Es besteht daher die Vermutung, dass es sich nicht um eine rein anorganische Reaktion handelt, sondern dass dabei Bakterien mit im Spiele sind, die in den CO₂-Haushalt des Gewässers eingreifen.

Die toten Vögel

In einer Handschrift von Andreae (1638, in: Die Heimat 5 (1953) Nr. 2, S. 9f.) findet sich folgende Notiz:

„Wellesweiler [...] Bei diesem Dorf ist eine Kohlgrube, so vor wenig Jahren eine solche pestilenzische Luft gegeben, dass etliche Menschen plötzlich darin gestorben, derentwegen [sie] nicht mehr gebraucht wird. Wann noch zur Zeit Vögel über den Bäumen, welche mit ihren Ästen über solche Gruben hängen, nur ein wenig sitzen, fallen sie durch solche Luft alsbald tot herunter.“ Einatmen von Methan in hoher Konzentration führt sehr schnell zur Bewusstlosigkeit. Die Grube Wellesweiler war bekannt für starke Methanführung, so gab es einen Bläser, der über 50 Jahre aktiv war (Bischof 1839, S. 507). Ich gehe davon aus, dass die Angaben von Andreae einen echten Kern haben und auf den Austritt von Methan zurückzuführen sind.

Die karbonischen Moore führten direkt zu einem Torf. Vergleicht man Torf und Steinkohle, so haben diese nicht nur verschiedene Konsistenz, sondern auch ganz verschiedene chemische Eigenschaften. Die Substanzen des Torfs sind im Prinzip noch die chemischen Verbindungen aus denen die Pflanze aufgebaut ist. An ihnen sind neben dem Kohlenstoff

noch sehr viel Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff beteiligt. Die Gehalte der letzteren Elemente werden im Laufe der Entwicklung zur Kohle immer kleiner. Chemisch gesehen werden immer mehr Bindungen des Kohlenstoffs zu anderen Elementen umgewandelt in Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen. Der Extremfall, der nur bei größeren Drücken und Temperaturen im Bereich der Metamorphose eintritt, sind Vorkommen von Graphit, wo nur noch der reine Kohlenstoff übrig geblieben ist. Soweit geht der Prozess nur selten. Wir bezeichnen ihn als Inkohlung. Bei dieser Inkohlung spielt vor allem der Abbau von Wasserstoff, praktisch immer nur in der Form des einfachsten Kohlenwasserstoffs als Methan, CH₄, die wichtigste Rolle. Die Bildung von Methan ist zu einem großen Teil bereits an Teufen gebunden, wo das Methan wegen des hohen Drucks in der Kohle verbleibt. Die Speicherfähigkeit der Kohle ist sehr viel größer als die der Nebengesteine.

Für das Methanproblem unseres Bergbaus ist von Bedeutung, dass nun nicht nur die gebauten Flöze Methan speichern, sondern alle Kohle, auch noch so kleiner Flöze, oder von Kohlenschmitzen im Nebengestein. Das bedeutet, dass die Druckentlastung beim Abbau eines Flözes nicht nur das Methan aus diesem Flöz, sondern auch aus der darüber befindlichen Schichtenfolge freisetzt. Da moderne Gewinnungsbetriebe in kurzer Zeit sehr große Massen fördern müssen, gibt es Steinkohlefelder, die wegen der übergroßen freigesetzten Methanmengen nicht gewinnbar sind. In Oberflächennähe war die Problematik ursprünglich geringer. Oberflächennah konnte Methan ausgasen und der ursprüngliche Steinkohlenbergbau in Tagesnähe konnte mit offenem Licht arbeiten. Dazu passt die Nachricht aus Wellesweiler scheinbar nicht, doch lässt sich eine Erklärung finden. Das in den oberflächennahen Gesteinen ursprünglich vorhandene Methan ist überall verschwunden. Wo aber durch eine intensive Tektonik tiefreichende Brüche entstanden sind, findet über diese eine ständige Entgasung tiefliegender Gesteine statt, was auch auf Wellesweiler zutrifft. Als Gegenteil dazu lässt sich die ehemalige Grube St. Ingbert anführen, die in einem relativ ungestörten Feld baute und lange Zeit methanfrei war.

Das Problem des Methans ist es, dass es im Gemisch mit Luft in einem Bereich von etwa 5,5 - 13,5 % explosibel ist. Die Gemische werden als Schlagwetter bezeichnet. Mit dem Tiefergehen des Bergbaus wurde die Schlagwettergefahr immer größer. Die lange Zeit einzige Möglichkeit, die Schlagwetterexplosionen zu vermeiden, war die Bewetterung mit so großen Frischwettermengen, dass eine genügende Verdünnung stattfand. Dennoch kann es auch bei bester Bewetterung örtlich immer erhöhte Methankonzentrationen geben. Die eigentlichen Schlagwetter-

explosionen waren örtlich immer begrenzt, wenn auch im Einzelfall tödlich. Vielfach haben aber die Druckwellen solcher Schlagwetterexplosionen in weitem Umkreis Kohlenstaub aufgewirbelt, der dann zu Kohlenstaubexplosionen von weitaus größerem Umfange führte. Heute wird großer Wert darauf gelegt, schon vor dem Abbau des Flözes aus dem Abbaubereich wenigstens einen Teil des Methans durch Absaugung zu gewinnen, wobei dieses Methan gleichzeitig als Energielieferant genutzt wird. Auch die Gewinnung von Methan aus stillgelegten Grubenfeldern ist begrenzt möglich. Wenn jedoch fehlender Abbau nicht immer wieder Aufbrechen des Gebirges und Druckentlastung schafft, wird die gewinnbare Methanmenge immer kleiner und am Ende unwirtschaftlich.

Der ferne Vulkanismus

Die Bergleute der Steinkohlengrube Wellesweiler kannten schon im 18. Jahrhundert ein merkwürdiges Gestein, das wie ein Kalkstein aussah, aber nicht dessen Eigenschaften hatte. Sie benannten es als „wilden“ Kalkstein, im heutigen Sprachgebrauch wären unecht, minderwertig, wertlos die entsprechenden Eigenschaftswörter. Dies ist wohl der erste Nachweis merkwürdiger Gesteine, von denen man nach und nach im Saarkarbon eine ganze Reihe fand, ebenso in anderen Steinkohlenrevieren. Das auffallende Merkmal war wohl eine gewisse Härte, eher Zähigkeit, die einen ganz anderen Bruch verursachte als die normalen Begleitgesteine der Kohle, gelegentlich auch eine auffallende helle Farbe. Noch bedeutsamer war, dass man diese Gesteine nicht beliebig im Schichtverband antraf, sondern man sie in Begleitung der gleichen Flöze über weite Flächen von Grube zu Grube verfolgen konnte. Daraus entwickelte sich eine wissenschaftliche Bedeutung. Diese Gesteine waren geeignet, die Schichtenfolge des Karbons zu gliedern. Die Kohlenflöze sind Gesteine, die ihren Charakter stark verändern können. Eine dünne Bergelage im Flöz kann immer dicker werden, aus einem einheitlichen Flöz entwickeln sich zwei getrennte. Die Verfolgung eines Horizontes, dem man an allen Stellen gleichzeitige Bildung zusprechen möchte, wird schwierig oder unmöglich. So war es lange Zeit strittig oder manchmal nicht möglich zu entscheiden, welchen Flözen einer anderen Grube nun bestimmte Flöze oder Flözfolgen entsprachen.

Nachdem man diese Eigenschaft erkannt hatte, wurden diese Gesteine bewusst gesucht, um damit die Vergleichsmöglichkeiten zu verbessern. Sie bilden auch heute noch quasi die Korsettstangen für die Gesteins- und Flözabfolgen, an denen alle Zuordnungen ausgerichtet werden. Als im Gesamtrevier Saar-Lothringen bekannt gelten 43 einzelne

Horizonte. Als Name für diese Gesteine bildete sich der Begriff „Tonstein“ aus. Tonstein, das ist zunächst einmal nichts anderes als fest gewordener Ton. Für den Ton ist die wesentlichste Eigenschaft, dass er aus Teilchen zusammengesetzt ist, die in der Hauptsache kleiner als zwei Tausendstel Millimeter sind. Das sind Korngrößen, die man in der Praxis mit einem lichtoptischen Mikroskop nicht mehr auflösen kann. Allerdings ist nach dieser Definition unser Tonstein nur ein ganz spezieller unter vielen anderen Tonsteinen, die die wesentlichen Eigenschaften nicht besitzen.

Das war lange Zeit kein Problem, da Gesteine, die heute gegebenenfalls als Tonsteine zu bezeichnen sind, früher anders bezeichnet wurden, nämlich als „Schiefertone“. Die wachsende Genauigkeit der Sprache mit der Entwicklung der Wissenschaft hat dazu geführt, dass der Begriff „Schiefer“ verschwinden musste, weil es sich nicht um eine durch Druck entstandene Schieferung, sondern um eine durch die Ablagerung entstandene Feinschichtung handelte. Es blieb nur der „Ton“ und damit die Bezeichnung „Tonstein“. Um Missverständnisse zu vermeiden, setzte man deshalb den ursprünglichen Tonsteinen nun die wissenschaftlich bedeutsamste Eigenschaft voraus, dass sie nämlich den Betrachter im Gesteinsverband leiten, und benannte sie als „Leittonsteine“, was heute durchaus noch benutzt werden kann. Wenn man dem Begriff Tonstein die bei der Zählung übliche Zahl dazusetzt, im obigen Falle von Wellesweiler die drei, dann weiß bei Tonstein 3 auch jeder, dass nur ein Leittonstein gemeint sein kann. Die Namengebung einer Wissenschaft hat immer die Tendenz, Begriffe zu verfeinern und Inhalte immer genauer festzulegen; für den Wissenschaftler sagt ein Wort dann gleich eine ganze Menge aus, der Laie staunt ob solcher Kompetenz, auch wenn der heute fachwissenschaftlich gängige Begriff „Kaolinkohle-tonsteine“ oder „Kohle-tonstein“ durchaus noch verständlich wäre, nämlich entsprechend feinkörnige Gesteine, die zusammen mit Kohleflözen vorkommen und hauptsächlich aus dem Mineral Kaolin bestehen. Diese Verständlichkeit für den Laien lässt sich vermeiden durch die Abkürzung: „KK-Tonsteine“ oder „K-Tonsteine“.

Am Rande sei bemerkt, dass die früher so bezeichneten „Tonschiefer“ meist keine Tonsteine sind und aus größeren Teilchen bestehen, die man unter dem Lichtmikroskop durchaus einzeln erkennen kann. Solche Gesteine sind als Schluff- oder Siltsteine zu bezeichnen. Was zunächst nur wie eine willkürliche Abgrenzung erscheint, birgt aber einen wesentlichen Hintergrund. Die mechanische Zerstörung unserer Gesteine durch die Verwitterung führt lediglich zu Teilchen herab bis zu Schluffen oder Silten. Das wichtigste Mineral unserer Sedimentgesteine, der Quarz, lässt sich nicht auf Tongröße zerkleinern. Die winzigen Teilchen eines

Tone entstammen nicht der Zerkleinerung, sie werden meist unter Oberflächenbedingungen neu gebildet. Deshalb gibt es auch den Begriff Tonmineralien. Der Quarz gehört nicht dazu. Bei festländischen Bedingungen entsteht durch chemische Verwitterung von Feldspäten, aber auch von anderen Mineralien Kaolin. Dieser Kaolin weist neben Aluminium (Al) nur noch Silicium (Si), sowie Sauerstoff und Wasserstoff auf. Zwar ist das Verhältnis von Al zu Si noch nicht das höchste, das auftreten kann; ideal wären letztlich Si-freie Mineralien wie sie in Bauxiten auftreten. Aber dieser Kaolinit nimmt in sein Kristallgitter nichts an fremden Elementen auf, er ist immer rein. Dies wird bei der Betrachtung noch eine Rolle spielen.

Dass Tone einen merklichen Al-Gehalt haben, das wurde schon früh erkannt, was an veralteter chemischer Nomenklatur noch zu erkennen ist. Ein Al-Salz der Essigsäure wurde früher als „essigsäure Tonerde“ benannt. Al-Gehalte üblicher Tonsteine liegen in Größenordnungen von grob 15-25 %. Unsere KK-Tonsteine aber weisen höhere Gehalte auf, bis fast an 40 %. Das hat eine praktische Bedeutung. Erhitzt man Massen, die hohe Al-Gehalte haben, so entstehen dabei immer Verbindungen mit hohen Schmelztemperaturen, beim reinen Al-Oxid immerhin 2.050 °C. Kaolinit die Hauptkomponente unserer KK-Tonsteine zerfällt beim starken Erhitzen in Mullit und Cristobalit, zwei Minerale, die Temperaturen bis 1.500 °C ohne Schmelzen überstehen. Das sind Temperaturbereiche, die bei vielen Verbrennungsvorgängen nicht überschritten werden, so dass der gebrannte KK-Tonstein ein gutes Feuerfestmaterial (Schamotte) liefert. Diese Verwendungsmöglichkeit wurde bereits um die Mitte des 19. Jahrhunderts erkannt und führte gelegentlich zum Abbau von KK-Tonsteinen, vor allem Tonstein 1 und Tonstein 3. Am längsten hielt sich der Abbau von Tonstein 3 um Wellesweiler (Firma Ranker). Eine letzte Gewinnung fand um 1950 im Tagebau in Wellesweiler statt (Guthörl 1955, S. 17).

Eine Reihe Faktoren haben die Verwendung der KK-Tonsteine begrenzt. Nur in Ausnahmefällen war ein kostengünstiger Tagebau möglich. Die Gewinnung im Tiefbau war und ist bei geringen Mächtigkeiten teuer, gerade dann, wenn die Mächtigkeiten der KK-Tonsteine ansteigen, nehmen meist auch die Quarz-Gehalte zu und damit die wichtigen Al-Gehalte ab. Eisen(Fe)-Gehalte erniedrigen die Schmelztemperaturen, so dass Fe-Gehalte, die durchaus nicht selten als Siderit vorliegen, die KK-Tonsteine unbrauchbar machen.

Ausgangspunkt war letztlich ein ausgefallener Gesteinscharakter. Diese Gesteine gibt es nicht überall, was heute auch in KK-Tonstein, im zweiten K steckt Kohle, dokumentiert

wird. Der Chemismus und damit die mineralogische Zusammensetzung ist nicht durch übliche Sedimentation erklärbar. Für die Erklärung gab es zwei gegensätzliche Positionen, die man heute sinnvoller Weise verknüpft. Die eine Erklärung geht vom Torfmoor aus, in dem Humussäuren gebildet werden können. Solche Humussäuren, allgemein Säuren, üben zersetzende Wirkung auf manche Gesteinskomponenten aus. Da es Übergänge der KK-Tonsteine zu normalen Sedimentgesteinen gibt, sah man dann KK-Tonsteine lediglich als besonders stark zersetzte normale Sedimente an. Die andere Seite hatte als Argumente für sich, dass in einem großen Ablagerungsraum wie im Saarland und nach Lothringen hinein die Vorstellung schwierig ist, dass in einem solchen großen Raum überall gleichzeitig solch massive Umwandlungsbedingungen gegeben sein sollten, dass aber ein Vulkanismus, der Unmengen Feinstaub erzeugt durchaus gleichzeitig ein solches Gebiet überdecken konnte. Hinzu kommt, dass es Tonsteine gibt, die noch in großen Mengen Überreste magmatischer Minerale, speziell Biotit (ein Glimmer) und auch splittrige Quarze führen. Relativ spät wurden auch Bimsstückchen erkannt. In recht kleinen Mengen erscheint auch Sanidin, ein Kaliumfeldspat, der mit den modernen Messmöglichkeiten der Geochronologie zu Altersbestimmungen genutzt werden kann. Diese Messungen zeigten klar eine zeitliche Abstufung der einzelnen KK-Tonsteine, wie es bei nacheinander erfolgenden Vulkanausbrüchen zu erwarten war.

Heute gestaltet sich folgendes Bild. Wenn ein Vulkanausbruch große Aschenmengen erzeugt, dann wird diese Asche bei Ablagerung aus einer Umgebung, die normaler Abtragung unterworfen ist, schnell verschwinden, aber auch in manchen Ablagerungsgebieten, etwa kräftig fließenden Gewässern sich nicht bemerkbar machen können. Erst ein vergleichsweise sehr ruhiges Ablagerungsmilieu wie große Torfmoore mit nur geringen Verlagerungsmöglichkeiten führt zu einer gleichmäßigen Ablagerung und Erhaltung. Dass unsere Leittone nur in Kohlenrevieren nachzuweisen sind, ist damit verständlich. Dennoch ist auch unter solchen Bedingungen ein Gebiet von der Größe des Saarlandes nicht einheitlich. Es gibt durchaus Flächen, aus denen die vulkanischen Ascheablagerungen gleich wieder abgetragen, dafür an anderen Stellen verstärkt abgelagert und auch mit normalen Sedimenten vermischt wurden. Die sauren Moorwässer haben ihren Beitrag geleistet und die durchaus instabilen vulkanischen Gläser gründlich umgewandelt.

Die praktische Verwendung der KK-Tonsteine ist längst vorbei. Der Steinkohlenbergbau stirbt und braucht heute schon längst nicht mehr die Kenntnis dieser Leithorizonte. Sie sind damit ein Stück Wissenschaftsgeschichte geworden. Dennoch lassen sich mit ihnen noch Fragen und vielleicht auch

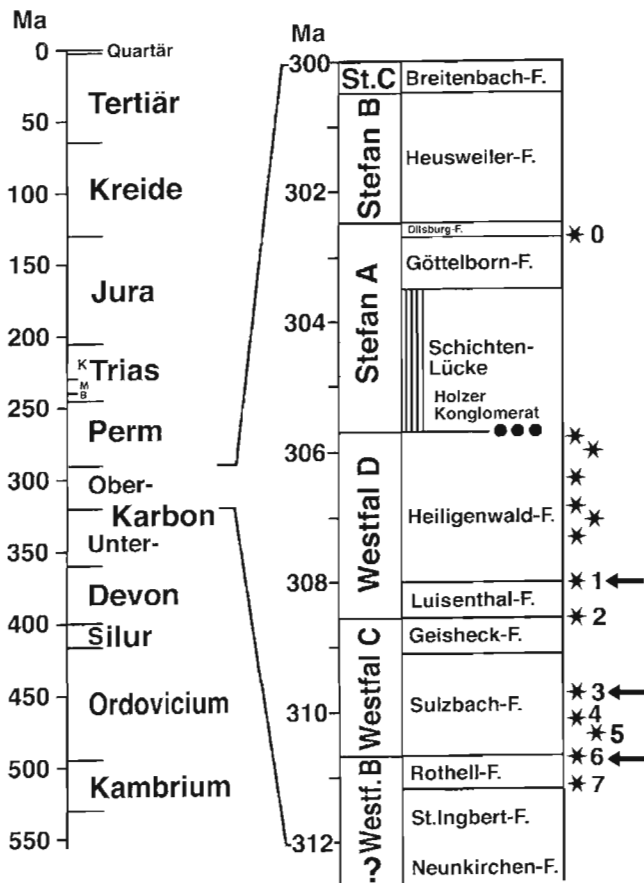


Abb. 3: Stratigraphische Tabelle ab Beginn des Erdalters und im Detail des Karbons. Die durch isotopische Datierung gewonnenen Modellalter in Millionen Jahren Ma wurden entnommen bei Odin (1982) und für das Karbon bei Burger, Hess und Lippolt (1997), auf deren Abb. 7 die Darstellung des Karbons überhaupt in leicht veränderter und ergänzter Weise zurückgeht. F. steht für Formation, also Luisenthal-F. = Luisenthal-Formation. Früher stand dafür der Begriff Schichten, der zu Gunsten einer formalen internationalen Vereinheitlichung ersetzt wurde, ohne dass sich am Inhalt selbst etwas geändert hat. Die Sterne stehen für Kaolin-Kohlen-Tonstein-Horizonte, also die Leittonsteine, deren Deutung als vulkanisches Auswurfsprodukt so symbolisiert werden soll. Bezeichnet sind nur die schon lange bekannten und mächtigeren Leittonsteine von 0 bis 7. Die Pfeile weisen darauf hin, dass die betreffenden Leittonsteine mit Hilfe der darin enthaltenen Sanidine isotopisch datiert sind. Entgegen früheren Darstellungen sind hier die Geisheck-Formation zum Westfal C, die Rothell-Formation mit der St. Ingbert-Formation zum Westfal B gestellt worden. Die von Weingardt (in: Lang 1976) eingeführte Neunkirchen-Formation, die Westfal A und Westfal B umfassen sollte, ergibt dann nur noch einen Sinn, wenn Westfal A wirklich existiert, was völlig offen ist.

Antworten verknüpfen, die in die Zukunft reichen müssen. Zunächst einmal haben gerade die noch recht jungen Datierungen uns absolute Altersdaten gegeben, die das Bild, das man sich schon immer gemacht hat, viel präziser fassen lassen. Die Bildung der Kohle und ihrer Begleitsedimente in einem langsam gegenüber der Umgebung absinkenden Bereich der Erdkruste mit kleinen Verzögerungen und wieder schnelleren Abschnitten ist schon lange Allgemeingut. Dass aber die Zeitspanne von Tonstein 3 (Flöz 11 in den Sulzbacher Schichten) bis zum Tonstein 0 (im Flöz Wahlschied in den Dilsburger Schichten) nur 7 Millionen Jahre betrug, dabei aber Gesteine in einer Größenordnung von 1.000 bis 1.500 m abgelagert wurden, gibt doch ein viel besseres Bild solcher Vorgänge.

Dass es sich bei den KK-Tonsteinen um die Auswirkung eines Vulkanismus handelt, ist heute gesichert. Es lässt sich noch genauer sagen, dass es sich um Produkte eines sauren (hohe SiO_2 -Gehalte) Vulkanismus handelt, denn nur der liefert zähe Laven, die dazu neigen, unter gewaltigen Explosionen riesige Materialmengen kurzzeitig zu zerstäuben. Der Ort dieser Eruptionen ist aber noch unklar. Vermutungen gehen einmal in Richtung Vogesen und Schwarzwald, zum andern an den tektonisch bedeutsamen Rand des Hunsrücks zur Saar-Nahe-Senke, die Hunsrücksüdrandstörung. Dieser Bereich hat auch zu einem späteren Zeitpunkt, nämlich dem Beginn des Oberrotliegenden nacheinander drei solcher Ausbrüche geliefert, deren Ausbruchsort heute bekannt ist, nämlich der Söterberg zwischen Schwarzenbach und Otzenhausen. Echte Nachweise für diese älteren Ausbruchskanäle fehlen aber völlig.

Der nahe Vulkanismus

Bereits 1853 beschrieb Jacquot in Text (S. 69) und Abbildung (Tafel 2, Figur 1) einen „Melaphyr“ im Bereich von Flöz 7 süd aus dem Hauptstollen der Grube St. Ingbert. Im Laufe der Zeit wurden eine ganze Reihe von Untertage- und auch einzelne Übertageaufschlüsse bekannt (Guthörl 1938), so dass am Ende der Entwicklung Weingardt 1962 von einer Erstreckung von etwa 11 km sprechen konnte, nämlich von Neuweiler (übertage) bzw. der Grube Hirschbach (untertage) bis in das Feld der Grube König (Weingardt 1963). Basische oder intermediäre Magmatite als in die Schichtung eingedrungene Gänge (Lagergänge) sind zunächst einmal eine gänzlich normale Erscheinung im Rahmen des Oberrotliegend-Vulkanismus. Was hier nun besonders ist, sind mehrere Punkte:

- Das Vorkommen steht völlig isoliert. Der Bergbau hat große Flächen durchörtert ohne irgendeinen anderen Mag-

matit anzutreffen. Zwischen 10 und 20 km muss man senkrecht zum Streichen des Ganges gehen, um im N die nächsten Lagergänge zu finden, die aber ganz anderen Zuschnitt (größere Mächtigkeiten) haben.

- Das Vorkommen hält sich immer an das gleiche Flöz. Das muss man allerdings etwas kritisch sehen, da man wegen dieser Konstanz die Intrusion auch als Leithorizont benutzt hat; dann ist diese Aussage gegebenenfalls ein klassischer Ringschluss. Aber auch bei etwaigen kleinen Abweichungen ist diese Konstanz verblüffend.

- Die Intrusion ist geringmächtig. Das Maximum liegt bei 8 m, meist aber deutlich niedriger.

Wenn die gesamte zentrale Fläche des bergmännisch bekannten Karbons im Saarland von solchen Intrusionen frei ist, so darf man daraus schließen, dass ein solider Untergrund ohne größere Brüche das Eindringen von Magmen verhindert hat oder solche sich in diesem Bereich nicht gebildet haben. Das Auftreten dieser Intrusion am Rand dieses Bereiches und in direkter Nachbarschaft des südlich davon stark abgesenkten Bereiches der Saargemünder Mulde, wo einige Bohrungen im Oberrotliegenden Magmatite angetroffen haben, macht klar, dass diese, heute so klare Grenze, von Karbon an Buntsandstein, eine Grenze darstellt, die schon alt angelegt sein muss und auch den tiefen Untergrund durchsetzt. Da die Schichten, in denen der Magmatit intrudiert ist, durch spätere Störungen in einzelne Schollen zerlegt wurden, muss bei dem ausschließlichen Auftreten der Intrusion im Verband von Flöz 7 süd die Intrusion älter als diese Störungen sein.

Die Landschaft wird grundlegend umgestaltet

Die Grundlage der Entwicklung ab dem Beginn des Mitteldevons war eine insgesamt stetige Absenkung des Untergrunds in der Größenordnung von 5.000 m im Vergleich zu den Randgebieten. Betroffen war von dieser Absenkung ein Raum zwischen dem heutigen Hunsrück und dem Pfälzerwald, allerdings in unterschiedlichem Maße, nämlich vom Zentrum zu den Rändern hin abnehmend. Dieser Prozess findet kein abruptes Ende, doch setzt zu einem Zeitpunkt, der nicht genau festgelegt werden kann, im zentralen Bereich ein gewaltiges tektonisches Ereignis ein. Die Ursachen und Abläufe dieses Ereignisses werden nach unterschiedlichen Modellen gedeutet, aber die Auswirkung ist klar zu beschreiben. Über eine (oder zwei) Gleitbahn(en) wird das gesamte Gesteinspaket, das wir heute als oberflächennahes Karbon kennen, über mehrere km nach Süden geschoben, wobei dann die Basis des bergbaulich erschlossenen Karbons im Süden heute etwa 3.000 m tiefer liegt als im höchsten Bereich der Kulmination.

Der nördliche Teil, also die überschobene Masse wird mit dem althergebrachten, nicht ganz korrekten Namen als Saarbrücker Sattel bezeichnet, ich ziehe den neutralen Ausdruck Saarbrücker Kulmination vor. Die bergbaulich bekannte höhere Überschiebungsbahn wird als südliche Randüberschiebung oder südlicher Randwechsel bezeichnet. Die Geschwindigkeit der Bewegung auf dieser Überschiebungsbahn ist völlig unbekannt. Die Vorstellungen gehen aber davon aus, dass eine solche Bewegung relativ langsam abläuft. Das bedeutet zum Beispiel, dass die erste merkliche Anhebung noch frischer Sedimente durchaus durch eine entsprechende Abtragung noch ausgeglichen werden konnte. Da die Erkenntnisse, die wir im vom Buntsandstein überdeckten Raum haben, ganz kümmerlich sind, fehlt die Vergleichsmöglichkeit zwischen den jüngeren Sedimenten des unteren Rotliegenden nördlich der Kulmination mit solchen südlich davon, so dass sich weder der Beginn noch das Ende dieser Bewegung eindeutig feststellen lassen. Zumindest zwischen der Kulmination und dem Hunsrück haben wir im Unterrotliegenden noch eine recht gleichmäßige Ablagerung, in die dann zunehmend vulkanische Produkte eingeschaltet werden, mit denen man das Oberrotliegende beginnen lässt. Je nachdem, wie viel an Sedimenten noch im Unterrotliegenden über der heutigen Kulmination abgelagert wurde, muss man mit einer Abtragung von 3.000-4.000 m im Maximum rechnen. Es wäre jedoch verfehlt, sich eine Höhendifferenz in dieser Größenordnung vorzustellen. Anhebung durch die Überschiebung und gleichzeitige Abtragung gingen Hand in Hand. Das Ende dieses Prozesses ist eine ziemlich ausgeglichene Landschaft. Ablagerungen des Oberrotliegenden, die auch Magmatitgerölle führen, überziehen noch heute in dünnen Resten stellenweise das Karbon, während sie nördlich davon mächtige Sedimente bilden. Aus dem Absenkungsraum ist ein ziemlich starrer Block geworden, der nur noch als Gesamtheit in der Folge mäßig gehoben und gesenkt wird. Zunächst befindet er sich deutlich über dem Meeresniveau, denn das erste Meer das nach dem Devon wieder auftritt, nämlich das des Zechsteins, schafft es zwar in unsere Nähe, aber nicht bis ins Saarland. Man kann mit einer längeren Pause rechnen, in der sich im Vergleich zur vorherigen Geschichte fast nichts mehr abspielt.

Eine Folge dieser langen Oberflächennähe ist die Zersetzung des Siderits in Toneisensteinen zu Hämatit, teilweise verbunden mit Stoffumlagerungen. So entstanden Roteisensteine, wie sie in Elversberg und bei Altenwald abgebaut wurden. Für uns sind solche Umwandlungserscheinungen heute wichtig, weil sie uns diese alte Oberfläche dokumentieren. Wo diese Umwandlungen fehlen, dort hat eine bereits stärkere Abtragung stattgefunden.

Die Landschaft ertrinkt im Sand

Die Abtragung im Zeitraum von Oberrotliegendem und unterem Buntsandstein hat ein deutliches Relief hinterlassen. Dieses Relief ist noch zu erkennen, wo der Steinkohlenbergbau unter der Auflagerung des Buntsandsteins das Karbon durch Bohrungen und auch durch Bergbau erschlossen hat. Eine solche Darstellung gibt es aus dem Raum Dudweiler und man kann daraus schließen, dass eine Landschaft vorlag, die ähnlich zergliedert war wie die heutige Landschaft im Bereich karbonischer Gesteine.

War im vorhergehenden Zeitraum bei trockenem Klima und zuletzt ziemlich ausgeglichenem Großrelief gegen Ende dieses Zeitraums kaum noch etwas geschehen, so verändert sich die Lage jetzt gründlich. Zwar geschieht am Ort selbst aktiv überhaupt nichts, doch beeinflussen zwei weit entfernte Regionen unsere Landschaft in ihrem Gegen- und Miteinander. Das eine Gebiet ist das „Gallische Land“, ein Hochgebiet, auf dem es starke Abtragung und wenigstens soviel Wasser gibt, dass die Abtragungsprodukte über größere Strecken verfrachtet werden können. Man stellt sich dieses „Gallische Land“ etwa im Bereich des heutigen Pariser Beckens vor. Das andere Gebiet ist Norddeutschland. Dort sinkt die Oberfläche unter das Meeresniveau. Es bildet sich ein flaches Meer aus, das im Laufe der Zeit weiter nach Süden vorrückt – je weiter nach Süden desto brackischer oder auch salziger, sicherlich im zeitlichen Wechsel. Für den Abtransport von allem, was gröber als staubfein ist, ist ein großes Gewässer Endstation des Transports durch Wasser. Es bauen sich flache Ebenen auf, die beim ständigen großflächigen Absinken des Untergrunds immer wieder überschüttet werden, randlich deshalb immer weiter ausgreifen und am Ende die alte Oberfläche vollkommen überdecken. Das Wasser, das in unserer Region verfügbar ist, reicht nicht aus, feste Gesteine abzutragen, es reicht aber aus, Lockermaterial weiterzubefördern. Das heißt, die Sande, die aus großer Entfernung stammen, werden weit transportiert. Verwitterungsprodukte hier anstehender Gesteine wandern nur wenig und sind nur ganz ortsnah in den antransportierten Massen nachzuweisen. Üblicherweise findet man an der Basis des Buntsandsteins eine grobkörnige Schüttung, die vorwiegend aus gröberen Komponenten des verwitterten Untergrundes stammt, also im Prinzip eine alte Schuttdecke, die nicht abtransportiert werden konnte.

Eine vielfach gängige Vorstellung sieht den Buntsandstein als eine trockene Wüste mit Sanddünen. Diese Vorstellung ist nicht gerechtfertigt. Es gibt zwar nicht viel und nicht ständig Regen, aber kurzzeitig dann doch sehr reichlich, so dass Schichtfluten entstehen, die kurzzeitig starke Transportkraft haben, bei Ausbreitung in der Fläche aber schnell

ihre Tragkraft verlieren. Wenn man im Detail Abfolgen vorfindet, die über größere Strecken direkt vergleichbar sind, dann muss man schon davon ausgehen, dass auch kurzzeitige flache Seen bestanden haben.

Die große Transportkraft von Schichtfluten wird im Buntsandstein kaum dokumentiert, da alles, was transportiert werden kann, letztlich nur Sand ist. Die einzige Dokumentation starker Transportkraft durch fließendes Wasser sind Tonbrockenbänke. Wenn das Wasser in kleineren Wasserflächen zur Ruhe kommt, so lagert es am Ende das feinere Material, das sind hier Silte (Schluffe) ab. Dies sind Ablagerungen, die zunächst so wenig Festigkeit besitzen, dass sie längere Transporte nicht überstehen können. Plötzlich und kräftig fließendes Wasser schneidet sich in die obersten Ablagerungen ein, zerlegt solche Siltlagen, vermischt sie mit Sand und lagert sie auch ganz schnell wieder ab. In einer anderen Umgebung würden wir Kieslagen finden, die wir als Produkt starker Wassertätigkeit zu deuten wissen. Mit dieser Beschreibung wäre dem Buntsandstein, wie wir ihn direkt bei Neunkirchen finden können, Genüge getan. Es ist dies einigermaßen ein Bild für den mittleren Buntsandstein. Der obere Buntsandstein hat einen anderen Charakter. Beim mittleren Buntsandstein waren wir fern vom Meer, beim oberen Buntsandstein kommen wir zunehmend in den Küstenbereich des Meeres mit Deltamündungen von Flüssen, übersalzene Lagunen und hohen Grundwasserständen. Zuletzt übernimmt das Meer die Herrschaft, was allgemein im Kapitel Muschelkalk zu beschreiben wäre. Der mittlere Buntsandstein hatte früher entlang dem Rande des Karbons eine sehr große Bedeutung. Die stark verfestigten Gesteine des Karbons lassen keine Gewinnung von Sand zu. Der mittlere Buntsandstein liefert Sand in Hülle und Fülle solange man die Anforderungen nicht zu hoch ansetzt. Von daher ist es nicht verwunderlich, dass bei teurer Fracht es gerade der Grenzbereich zum Karbon war, der in vielen Sandgruben die neuzeitlichen Siedlungen auf dem Karbon mit Bausand versorgte. Eine gewisse Bedeutung für die Gewinnung von Bausteinen, Sanden und Kies hatten auch Sandsteinbänke in verschiedenen Felshorizonten des mittleren Buntsandsteins.

Spurlos verschwundene Zeiten

Entfernen wir uns etwas von unserem Standort und gehen nach und nach über den Bliesgau nach Lothringen, so finden wir eine geschlossene Abfolge über den oberen Buntsandstein, den Muschelkalk und Keuper bis zu Jura und Kreide, womit wir dann allerdings bereits in der Champagne ankommen. Insgesamt eine Abfolge, die zwei Epochen mit Salzablagerungen und ansonsten vielfach normale Meeresedimente aufweisen. Bei uns – nichts.

Die Frage, die zu stellen ist, fehlen diese Sedimente bei uns, weil sie nicht abgelagert oder weil sie wieder abgetragen wurden? Man kann diese Frage nicht definitiv beantworten, aber man kann mit gewisser Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass zumindest der obere Buntsandstein und wohl auch der gesamte Muschelkalk noch abgelagert wurde. Beim Keuper, vor allem dessen salinarem Glied, dem Gipskeuper, ist dies nicht mehr wahrscheinlich. Da liegen wir vermutlich bereits randlich und es kann sein, dass nun bereits wieder der relativ dünne Schleier über der alten permischen Landoberfläche abgetragen zu werden beginnt.

Wann genau und wie stark die Abtragung war und was eventuell davon noch ins nachfolgende Tertiär zu stellen ist, wissen wir nicht. Es gibt aber Zeugen für diese Zeit, wo die Oberfläche eindeutig langfristig der Atmosphäre ausgesetzt war. Die wichtigsten Mineralisationen in unseren Gesteinen gehören in diese Zeitspanne. Sie weisen zu unterschiedlichen Zeiten auf den Einfluss von Luftsauerstoff (Oxidation) und niedrigen Temperaturen hin, dann aber auch wieder auf hohe Temperaturen (nicht von der Oberfläche her), aber gleichzeitig hohe Salzkonzentrationen, die durchaus mit dem Salzsee des Gipskeupers in Verbindung stehen könnten.

Die Landschaft wird modelliert

Mit dem Tertiär nähern wir uns schon stark dem heutigen Landschaftsbild. Eigentlich könnten wir das Tertiär dem obigen Kapitel anhängen, denn für uns ist es genauso mit Abtragung verknüpft wie die Zeitspanne ab Beginn des Keupers. Allerdings die Einwirkungen der Abtragung lassen sich klarer erkennen und schildern. Ausgehend von einer weitreichenden Abtragungsfläche (Fastebene), auf der Flüsse nur hin- und herpendeln können, beginnt mit einer langsamen Hebung vor allem im Bereich des Rheinischen Schiefergebirges das Einschneiden von Flüssen mit der Herausbildung von Terrassen bei zeitweiligen Hebungsphasen. Es ist dies ein Prozess, der sich im betrachteten Raum über unsere künstliche Grenze zwischen Tertiär und Quartär hinaus bis in die heutige Zeit fortsetzt.

Der Frost tut seine Wirkung

Wir erleben die Eiszeiten (einschließlich der Warmzeiten!) nur randlich, aber doch so, dass die direkte Oberfläche, wie wir sie heute antreffen, deutliche Spuren davon zeigt. Wo harte Gesteine, etwa in Felsbänken anstehen, können sich Blockschuttströme bilden. Im Karbon kommen dafür Konglomerate, vor allem das Holzer Konglomerat in Frage.

Staubablagerungen (Löss) werden zu Lehmen, genauso wie im Bereich des Karbons die Silte oder Schluffe tiefgründig aufwittern und verlehmen. Beide Sorten von Lehm haben an vielen Orten die ursprüngliche Rohstoffbasis für Ziegeleien geliefert, so auch in Neunkirchen.

Wiederholung: Der ferne Vulkanismus

Vor grob 10.000 Jahren hat der Laacher-See-Ausbruch riesige Magma-Mengen in die Atmosphäre zerstäubt. Als erhaltene Aschenlage ist dieser Ausbruch in vielen Mooren Deutschlands nachgewiesen worden. Bei uns ist direkt nichts zu sehen. Wer aber an beliebiger Stelle der Oberfläche eine Probe nimmt und trennt mit Hilfe von Tribrommethan (Bromoform) Mineralien großer Dichte von solchen kleinerer Dichte ab, der findet im geringfügigen Rest der Probe unter dem Mikroskop auch immer stengelige Hornblenden und gelbe Titanite, die garantiert aus der Eifel stammen.

Der Mensch verändert die Landschaft

Dass wir heute mit unseren Maschinen unsere Landschaft gezielt verändern, dessen sind wir uns bewusst. Doch ist der Mensch seit dem Beginn des Sesshaftwerdens schon dabei, die Landschaft unbewusst zu verändern. Das Abholzen des Waldes, einmal zur Gewinnung von Ackerflächen, zum anderen für Bauholz und Energiegewinnung, erstmals gut erkennbar im römischen Imperium, dann gegen Ende des Mittelalters, zuletzt und am intensivsten mit der Industrialisierung, haben an steilen Hängen und in Klammern zu vermehrter Abtragung oder auch zu Hangrutschen, in den breiteren Talflächen zu starken Aufschüttungen geführt. Die Zerstörung von Boden und weicherem Gestein durch die stahlreifenbewehrten Räder der Fahrzeuge haben in oft sehr kurzer Zeit metertiefe Einschnitte erzeugt, entweder Hohlwege oder, wo das fließende Wasser noch mit eingreifen konnte, auch deutliche Schluchten.

Was wissen wir wirklich?

Was eine Wissenschaft darstellt, das sind Modelle, die auf Einzelheiten beruhen, die man zunächst einmal festgestellt hat. Dabei wird häufig ein Fehler gemacht, dass man nämlich die möglichst immer wieder kontrollierbaren Feststellungen und die darauf basierenden Vorstellungen nicht auseinander hält. Wenn in einem Aufschluss eine Schicht über einer anderen liegt, so ist das eine Feststellung. Wenn die untere wie die obere Schicht jeweils ein typisches Fossil

enthalten, so sprechen wir dem oberen Fossil ein jüngerer Alter zu. Darin steckt schon ein Modell, nämlich dass Schichten sich in zeitlicher Folge übereinander ablagern. Dieses Modell beschreibt sicherlich den größten Teil der Wirklichkeit, trifft aber nicht immer zu. Durch Kräfte in der Erdkruste kann durchaus ein Schichtpaket auf den Kopf gestellt werden. Dann ist das unten liegende Fossil das jüngere.

Was hier vorgetragen wurde, sind fast nur Modellvorstellungen, die zwar auf vielen einzelnen Beobachtungen beruhen, wo letztlich aber jede dieser Einzelheiten mit einer fehlerhaften Deutung verknüpft sein kann. Wirklich einen Einblick in Geologie gewinnen kann nur der, der sich mit dem Ausgangsmaterial selbst befasst und vor allem Fragen stellt. Man sollte sich gelegentlich am Stadtrand von Neunkirchen in Richtung Kirkel ein Stück Sandstein aus dem Buntsandstein in die Hand nehmen und sich fragen, wie man aus einem solchen Material Vorstellungen über die Entstehung des Buntsandsteins bei uns ableiten kann, wieso darin ein Stück Gallisches Land stecken soll, vielleicht auch ein Sandkorn, das aus einem Gestein stammt, das heute unter Paris liegt. Wer da zu fragen anfängt, wird merken, dass jede Antwort, die er erhält, nur wieder Anlass zu weiteren neuen Fragen gibt. Er wird auf diesem Weg immer skeptischer werden und verstehen, dass das wichtigste immer die Feststellungen sind, denn nur diese bleiben. Die Vorstellungen, die darauf beruhen, verändern sich. Wer einen interessanten Aufschluss, etwa beim Straßenbau, sauber und richtig beschreibt, der hat Dauerhafteres getan als es das Schreiben dieser Seiten darstellt. Wer einen solchen Artikel nur liest und danach meint, er verstünde nun etwas von Geologie, der könnte genauso gut bei Krajewski den Hinweis auf einen menschlichen Unterschenkelknochen in Flöz Braun in der Grube König lesen. Dann sollte er bei Zillmer (2001) die Seite 47 aufschlagen und erkennen, dass sich damit die Entstehung der Kohle als Folge der biblischen Sündflut beweisen lässt (der Hinweis stammt von Prof. Dr. Hans Joachim Lippolt, Heidelberg).

„In ‚Heimatliche Plaudereien aus Neunkirchen‘ im Saarland [Krajewski 1975] – mir zugesandt von Manfred R. Hornig – wird im Jahr 1975 (S. 40) berichtet: ‚1908 Besuch der internationalen Studienkommission zur Untersuchung des prähistorischen Fundes eines versteinerten menschlichen Unterschenkelknochens im östlichen Flöz Braun, 2. Sohle, Querschlag 3. 1909 Überführung des ‚Braun‘-Fundes nach dem preußischen Staatsmuseum in Berlin (Geheim).‘ Geheim muss diese Angelegenheit schon behandelt werden, denn Menschen können nicht im Zeitalter des Karbon vor vielleicht 300 Millionen Jahren gelebt haben. Aber falls die Kohle ein Produkt der globalen Sintflut ist, wird der Fund

verständlich und wenig geheimnisvoll. Dann wäre Kohle genauso wie die meisten Sedimente nicht uralte, sondern bildete sich unter katastrophischen Umständen schnell vor wenigen tausend Jahren. Man müsste nur eine Erdkatastrophe in geschichtlicher Zeit offiziell anerkennen [...].“

Literatur

In das Literaturverzeichnis wurden zusätzlich zu den bezogenen Arbeiten noch einige Übersichten oder weiterführende Werke aufgenommen.

- Johann Andreae, *Genealogia Nassovica. Buch vier: Genealogie Saraepontana, Handschrift, Metz 1638; erhalten nur als Abschrift 1750, zit. nach: Karl Schwingel, Andreaes „Genealogia Saraepontana“ über unsere Heimat, in: Die Heimat 4 u. 5, Ottweiler 1952 u. 1953.*
- Gustav Bischof, *Untersuchung der brennbaren Gruben-Gase in den Preussischen Steinkohlen-Gruben, in: Neues Jahrbuch f. Miner., Geognosie, Geologie u. Petrefactenkunde, Stuttgart 1839, S. 505-517.*
- Kurt Burger, *Vulkanogene Glasscherben-Relikte in Kohlentonsteinen des Saar-Lothringer Oberkarbons sowie Herkunft und Menge der Pyroklastika, in: Geologische Rundschau, Bd. 79, Stuttgart 1990, Heft 3, S. 659-691.*
- Kurt Burger / Jürgen C. Hess / Hans J. Lippolt, *Tephrochronologie mit Kaolin-Kohlentonsteinen: Mittel zur Korrelation paralischer und limnischer Ablagerungen des Oberkarbons, in: Geologisches Jahrbuch, Hannover 1997, Reihe A, Heft 147, S. 3-39.*
- Rudolf Drumm, *Die Geologie des Saar-Nahe-Beckens. Teil I: Das Steinkohlengebirge, Neunkirchen 1929.*
- Paul Guthörl, *Das Intrusivlager in den Rotheller Schichten (Westfal C) des Saarkarbons und seine stratigraphische Bedeutung, in: Glückauf Bd. 74, Essen 1938, Nr. 29 u. 30, S. 622-627 u. 646-650 [Sonderdruck mit S. 1-10].*
- Paul Guthörl, *Zur Geologie des Stadtgebietes von Neunkirchen, in: Neunkirchen (Saar). Stadt des Eisens und der Kohle, hrsg. von der Stadtverwaltung Neunkirchen (Saar), Neunkirchen 1955, S. 9-19.*
- E. Jacquot, *Études géologiques sur le bassin houiller de la Sarre, Paris 1853.*
- Bernhard Krajewski, *Heimatkundliche Plaudereien 1, Neunkirchen 1975.*
- Hans-Peter Konzan, *Das Westfal C/D im Saarland (= Beihefte z. Geol. Landesaufnahme des Saarlandes Nr. 4), Saarbrücken 1973.*
- Hans Dietrich Lang (Schriftl.), *Die Tiefbohrung Saar 1. Geologisches Jahrbuch, Hannover 1976, Reihe A, Heft 27.*
- M. Lütkehaus, *Das Stefan B und C im Saarland (= Beihefte z. Geol. Landesaufnahme des Saarlandes Nr. 2), Saarbrücken 1970.*
- Gerhard Müller (Schriftl.), *Saarland. Tagungsheft VFMG-Sommertagung 1982, Heidelberg 1982.*
- Gerhard Müller, *Rohstoffe für Ottweiler „Porzellan“, in: Christof Trepesch (Hrsg.), Ottweiler Porzellan, Worms 2000, S. 119-132.*
- G. S. Odin (Hrsg.), *Numerical dating in stratigraphy, Chichester 1982.*

- Wilhelm F. Roos, *Vergleichende Erfassung der Kaolin-Kohlentonsteine 3 und 3a des Saarkarbons in ihrer lateralen Erstreckung mittels biogeochemisch-petrographischer Methoden. Diss. Univ. Würzburg, Würzburg 1978.*
- Horst Schneider, *Saarland (= Sammlung geol. Führer Bd. 84), Berlin, Stuttgart 1991.*
- Hermann Scholtz, *Die Tektonik des Steinkohlenbeckens im Saar-Nahe-Gebiet und die Entstehungsweise der Saar-Saale-Senke, in: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft Bd. 85, Berlin 1933, S. 316-382.*
- H. W. Weingardt, *Vulkanisches Intrusivgestein auf Grube Dechen bergmännisch erschlossen, in: Schacht und Heim 9, Saarbrücken 1963, Heft 4, S. 25-29.*
- Hans Wilhelm Weingardt, *Das Oberkarbon in der Tiefbohrung Saar 1, in: Hans Dietrich Lang (Schriftl.), Die Tiefbohrung Saar 1. Geologisches Jahrbuch, Hannover 1976, Reihe A, Heft 27, S. 399-408.*
- Hans-Joachim Zillmer, *Irrtümer der Erdgeschichte, München 2001.*

Einen ganz anderen Weg als übliche Literatur beschreitet das „Inventar“ des Verfassers. Es erfasst ortsbezogen geowissenschaftlich und bergbaulich relevante Daten. So enthält es beispielsweise zur Grube Wellesweiler umfangreiches Wissen. Es ist auf CD-ROM erhältlich (mueller.mineral.sbr@t-online.de).

Abweichend vom Original wurde auf S.57 ein Schreibfehler verbessert (fehlendes "r" in Norden). Die Abb.3 auf S.65 im Korrekturabzug unbeschnitten und korrekt, wurde beim endgültigen Satz dann seitlich beschnitten, sodass die Ziffer "5" und drei Pfeile fehlten. Diese Abbildung wurde im originalen Zustand eingesetzt.