

Sonderdruck

aus dem Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zu Wiesbaden

Band 98, 1970

**Die Bleichung der Sandsteine bei Marburg/Lahn –
eine hydrothermale Bildung**

Von

KLAUS HEINE

Mit 1 Abbildung und den Tafeln 11 – 12

Die Bleichung der Sandsteine bei Marburg/Lahn – eine hydrothermale Bildung

Von

KLAUS HEINE, Bonn

Mit 1 Abbildung und den Tafeln 11–12

Kurzfassung: Die Untersuchung der Tonsubstanz gebleichter Sandsteine aus der näheren Umgebung Marburgs unter Zuhilfenahme des Elektronenmikroskops ergab folgende Ergebnisse: In allen Proben wurde Sarospatakit und sehr gut kristallisierter Kaolinit gefunden. Beide Minerale können in der hier beschriebenen, besonderen Ausbildungsform nur unter hydrothermalen Einflüssen gebildet worden sein. Ein Vergleich der elektronenmikroskopischen Ergebnisse mit denen verschiedener tertiärer und pleistozäner Bodenbildungen bestätigt diese Befunde. Die Bleichung der Sandsteine bei Marburg ist aufgrund tonmineralogischer Untersuchungen nicht auf tertiäre Verwitterungseinflüsse zurückzuführen, sondern sie erfolgte unter hydrothermalen Bedingungen.

Inhalt

I. Einleitung	198
II. Beobachtungen im Gelände	200
III. Beobachtungen im Labor	201
IV. Folgerungen	203
Schriftenverzeichnis	204

I. Einleitung

Auffällig in der Umgebung Marburgs ist eine mehr oder weniger intensive Bleichung des Buntsandsteins (oft Formsand-Folge). Deutlich läßt sich eine N-S-gerichtete Zone gebleichter Sandsteine von Marburg über Wehrda, Goßfelden und Göttingen bis zum Großen Geißkopf zwischen Simtshausen und Mellnau verfolgen (Abb. 1). Auch im Bereich der Lahnberge sind an verschiedenen Stellen weiße sandige Partien im Buntsandstein beobachtet worden (BLUME, 1949, 8; KOCKEL, 1958, 142; HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI, 1964, Taf. 2; LENZ & BORN, 1966, 136). KAYSER & PAECKEL-MANN (1915, 25) erwähnen eine auffällige Bleichung des Unteren Buntsandsteins auf der Nordseite der Zwester Ohm bei Hachborn. Doch nicht nur die Sandsteine des Buntsandsteins haben eine Bleichung erfahren, sondern auch die sandigen Ablagerungen

des Oberen Zechsteins zwischen Roth und der Einmündung der Zwester Ohm in die Lahn und südöstlich von Sichertshausen. Die Bleichungszonen an den Rändern des Lahntales sind verhältnismäßig scharf begrenzt und oft gegeneinander versetzt. Zuweilen sind gebleichte Sandsteine im gleichen stratigraphischen Niveau neben ungebleichten zu finden, so z. B. bei Goßfelden (HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI, 1964, 20). Nicht selten treten in der Nähe der Bleichungszonen kieselige Eisenanreicherungen auf (BLUME, 1949, 8; HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI, 1964, 21; LENZ & BORN, 1966, 135; KAYSER, 1915, 34; LENZ 1966, 102f. u. a.).

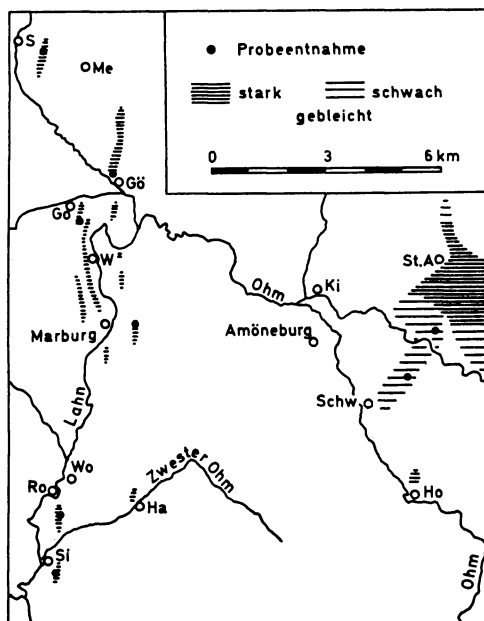


Abb. 1. Bleichungszonen im Sandstein (nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI 1964, geringfügig ergänzt).

Go = Goßfelden, Gö = Göttingen, Ha = Hachborn, Ho = Homberg, Ki = Kirchheim, Me = Mellau, Ro = Roth, S = Simtshausen, Schw = Schweinsberg, Si = Sichertshausen, St. A = Stadt Allendorf, W = Wehrda, Wo = Wolfshausen.

Weitere, randlich relativ scharf begrenzte Zonen mit gebleichten Sandsteinen sind von Schweinsberg durch den Staatsforst Neustadt, weiter nordöstlich bis Neustadt und Wasenberg zu verfolgen. WEYL (1967, 38) erwähnt, daß die das Tertiär unterlagernden Gesteine des Paläozoikums bzw. des Buntsandsteins vielfach auffallend gebleicht sind, so in der Umgebung von Ortenberg, am Nordrand des Vogelsberges bei Homberg/Ohm, auf der Hochfläche des Krofdorfer Forstes nordwestlich von Gießen und an anderen Orten.

Als Ursache für die Bleichung des Mittleren Buntsandsteins nennt KOCKEL (1958, 140–142) eine tiefgreifende Verwitterung unter feuchtem Tropenklima während der Kreide- und Tertiärzeit; tektonische Verstellungen führten zu Absenkungen mancher

Teilgebiete; dadurch sind die Bleichungszonen verstellt und nicht abgetragen worden. ROTH (1964, 28f.) schließt sich dieser Auffassung an. Auch LENZ (1966, 102f.) und LENZ & BORN (1966, 134f.) sehen in einem feuchten tropisch-subtropischen Klima die Erklärung für eine intensive Bleichung. Nach WEYL (1967, 38f.) ist die Bleichung der Gesteine in der Umgebung Gießens das Ergebnis einer sicherlich bis in die Kreide zurückreichenden und durch das Tertiär hindurch anhaltenden intensiven Verwitterung unter tropischen bis subtropischen Klimabedingungen. Aufgrund der höheren Verteilung an freier Kohlensäure in den Brunnenwässern im Gebiet der gebleichten Sandsteine und in tektonisch stärker beanspruchten Gegenden vermuten HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 19ff.) „eine hydrothermale Verwitterung durch kohlen-säurehaltige oder stärker konzentrierte, azzendente Lösungen im Gefolge des Vulkanismus“. Diese Annahme einer hydrothermalen Bleichung haben tonmineralogische Untersuchungen an gebleichten Gesteinen bestätigt.

II. Beobachtungen im Gelände

Die engen Beziehungen zwischen der Tektonik im Marburger Raum und den Bleichungszonen, die sich in Gebieten befinden, die auch heute noch einen erhöhten Gehalt an freier Kohlensäure im Grundwasser aufweisen, haben HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964) deutlich hervorgehoben. Es erübrigt sich daher an dieser Stelle, darauf ausführlicher einzugehen.

Darüber hinaus fällt auf, daß die Bleichungserscheinungen des Sandsteins im Bereich der Lahnberge, des Marburger Rückens und des westlichen Burgwaldes nicht mit den hier nachgewiesenen tertiären Verebnungsflächen (HEINE, 1970) in Zusammenhang zu bringen sind. Nimmt man eine klimatische Verwitterung als Ursache für die Bleichung an, dann müßten die Bleichungszonen in erster Linie dort auftreten, wo auch heute noch tertiäre Verwitterungsprodukte zu finden sind, bzw. wo altquartäre Sedimente die tertiäre Landoberfläche bedecken, m. a. W. in Gebieten, in denen die Abtragung seit dem Tertiär äußerst gering war. Das ist aber nicht der Fall. Natürlich ist auch an eine selektive Tiefenverwitterung entlang bestimmter Verwerfungen, Schwächelinien und Zerrüttungszonen zu denken, doch dagegen spricht die Beobachtung, daß keine Abnahme der Verwitterungsintensität zur Tiefe hin festzustellen ist. Außerdem besteht der Eindruck bei fast allen gebleichten Sandsteinen, daß das Material weniger intensiv verwittert ist als pedogenetische Bodenbildungen tertiären und altquartären Alters.

An verschiedenen Stellen, so z. B. östlich der Hansenhäuser bei Marburg, konnte eine Wechsellagerung von fast weißen, gebleichten sandigen Schichten und intensiv rot gefärbten Tonlagen beobachtet werden. Dies und die Feststellung, daß tonarme und z. T. nur wenig verfestigte Sandsteine bevorzugt gebleicht worden sind (Formsand-Folge), deutet ebenfalls nicht auf eine tertiäre Verwitterung, sondern auf hydrothermale Vorgänge, da anzunehmen ist, daß sich hydrothermale Lösungen bevorzugt in sandigen Schichten bewegten, während die tonigen Lagen aufgrund ihrer hohen Wasserspannung ein Zirkulieren der Lösungen unterbinden konnten.

HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 21) verweisen auf eine weitere Beobachtung: ein unter tropischem bis subtropischem Klima gebildeter Boden hat eine polyedrische

Struktur, während hydrothermal verwittertes Gestein zähplastisch und strukturlos ist; die letztgenannten Eigenschaften zeigt gebleichtes Material aus Kernbohrungen bei Stadt Allendorf. Diese Feststellung kann für die Bleichungsgebiete östlich von Stadt Allendorf bestätigt werden. Im Mittellahntal jedoch haben die gebleichten Sandsteine in der Regel nicht genügend toniges Material, um ähnliche (Kohärent-)Gefüge auszubilden. Hier sind vielmehr die einzelnen Teilchen nur lose miteinander verklebt, so daß das Material bei Wasserübersättigung zerfließen und im trockenen Zustand leicht zerrieseln kann. Die gebleichten Zechsteinsedimente zu beiden Seiten der Zwester Ohm-Mündung haben eine polyedrische Struktur im Hangenden, dazu zeigen sie die Merkmale eines Pseudo- (oder Stagno-)Gleys; die Geländebefunde deuten also nicht auf hydrothermale Einflüsse, sondern auf eine echte Bodenbildung. Daß aber auch hier hydrothermale Lösungen wirksam waren, beweisen die Laboruntersuchungen. Die gleichen Beobachtungen wurden an gebleichten Sandsteinen zwischen Schweinsberg und Niederklein gemacht.

III. Beobachtungen im Labor

Viele Beobachtungen im Gelände weisen auf eine hydrothermale Entstehung der Bleichungszonen hin. Allerdings ist es im Einzelfall nicht immer möglich, von vornherein pedogenetische Bildungen auszuschließen. Die polyedrische Struktur des gebleichten Materials im Bereich der Zwester Ohm-Mündung und im Gebiet von Schweinsberg-Niederklein ist sicherlich auf echte Bodenbildungsprozesse zurückzuführen, doch hat sich herausgestellt, daß hier hydrothermal entstandene Zersetzungsprodukte nachträglich von einer Bodenbildung überprägt wurden.

Bei der Aufklärung der Pedogenese (einschließlich hydrothormaler Bleichungsvorgänge) können röntgenographische und besonders elektronenmikroskopische Untersuchungen der Boden-Tonsubstanz helfen (MÜCKENHAUSEN, 1964). Tertiäre Bodenbildungen liegen meistens als Graulehme oder Rotlehme vor. Die Graulehme zeigen in der Tonfraktion überwiegend Kaolinit, daneben hin und wieder etwas Illit, manchmal auch Halloysit in Spuren, sofern sie aus vulkanischem Ausgangsmaterial gebildet wurden. Die klare Dominanz des Kaolinit ist auch für die Rotlehme typisch, doch findet sich in ihnen der Halloysit immer bei vulkanischem Ausgangsgestein. Elektronenmikroskopische Aufnahmen tertiärer Böden zeigen im allgemeinen gut ausgebildete Tonminerale, im Röntgendiagramm spiegelt sich das durch deutliche Röntgen-Interferenzen wider.

Tonmineralogische Untersuchungen an tertiären (und pleistozänen) Böden im Marburger Raum haben dies bestätigt (HEINE, 1970). Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse echter tertiärer Bodenbildungen mit denen verschiedener gebleichter Zersetzungsprodukte zeigt Unterschiede, die sich nur aufgrund unterschiedlicher Bildungsbedingungen (pedogenetische Prozesse einerseits – hydrothermale Einflüsse andererseits) erklären lassen.

Für umfangreichere Untersuchungen an gebleichten Sandsteinen wurden 3 Gebiete ausgewählt: (1) die Sandgruben zu beiden Seiten der Straße Wehrda-Goßfelden zwischen den Bergen Rickshell und Buchholz (R 34 82 30, H 56 35 50), (2) der im Jahre 1966 neu geschaffene Straßeneinschnitt der B 3 ca. 1 km südlich Wolfshausen (R 34

81 37, H 56 20 60) und der Hohlweg südöstlich Sichertshausen (R 34 80 75, H 56 17 50), (3) eine Sandgrube am Rabennest zwischen Schweinsberg und Niederklein (R 34 99 42, H 56 27 40).

Zu (1): Die Hauptbestandteile der Tonsubstanz der gebleichten Sandsteine sind hier Sarospatakit, Quarz und Hydroglimmer, als Nebenbestandteile tritt Sepiolith auf, während Kaolinit nur in Spuren zu finden ist. Auffällig ist der hohe Anteil des eisenarmen illitischen Minerals Sarospatakit. Aus den elektronenmikroskopischen Bildern (Taf. 11 Fig. 1) geht hervor, daß der Sarospatakit ein ausgezeichnetes Kristallisationsvermögen besitzt. Es treten gut ausgebildete leisten- und plättchenförmige Teilchen mit definierten Endbegrenzungen auf, die pseudohexagonalen Habitus mit bevorzugtem Längenwachstum erkennen lassen. Die gleichen Beobachtungen schildern BEUTELSPACHER & VAN DER MAREL (1968, 123) von einem Sarospatakit der Lagerstätte Nagyborzsony (Ungarn) in der Nähe von Sarospatak, wo sich dieses Mineral in Schieferen unter hydrothermalen Bedingungen gebildet hat. Das elektronenmikroskopische Bild zeigt einen derart gut ausgebildeten Sarospatakit, wie er in pedogenetischem Material noch nicht gefunden wurde. Seine Bildung ist nur unter hydrothermalen Bedingungen möglich. Darauf weist auch die Tatsache hin, daß Sarospatakit einzig und allein in gebleichten Gesteinen vorkommt, während er in allen fossilen und rezenten Böden des Marburger Raumes fehlt.

Ein weiterer Beweis für hydrothermale Vorgänge als Ursache für die Bleichung ist das Auftreten von Sepiolith in der Tonsubstanz. In nennenswertem Umfang konnte Sepiolith nur in gebleichtem Material nachgewiesen werden. Alle tertiär und pleistozän gebildeten Böden enthielten keinen Sepiolith.

Interessant ist auch der mengenmäßige Anteil und die Ausbildung des Kaolinites. Nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 21) und WEYL (1967, 38) ist die Bleichung mit einer Kaolinisierung insbesondere der Feldspäte verbunden. Zu dieser Ansicht kann man gelangen, wenn man lediglich röntgenographische und DT-analytische Untersuchungen an der Tonsubstanz vornimmt, denn die Röntgendiagramme bzw. die DTA-Kurven aller Proben zeigen steile und scharfe Interferenzen bzw. Ausschläge für Kaolinit; selbst bei Diagrammen äußerst kaolinitreicher tertiärer Böden konnten derart gut ausgeprägte Interferenzen nicht beobachtet werden. Das elektronenmikroskopische Bild jedoch zeigt, daß der Kaolinit – wie auch der Sarospatakit – ausgezeichnet kristallisiert ist; sein charakteristischer pseudohexagonaler Habitus tritt klar und deutlich hervor. Die Feinsubstanz des gebleichten Sandsteins enthält also sehr gut ausgebildeten Kaolinit, der sich einwandfrei von dem pedogenetisch gebildeten Kaolinit unterscheiden läßt. Diese besondere Ausbildungsform des Kaolinites (Taf. 11 Fig. 2) ist nur bei einer hydrothermalen Umbildung möglich (MÜCKENHAUSEN, 1964); sie ist verantwortlich für die scharfen, starken Interferenzen auf den Röntgendiagrammen, obgleich unter dem Elektronenmikroskop nur Spuren von Kaolinit beobachtet wurden. Von einer Kaolinisierung der Feldspäte darf also nicht gesprochen werden. Der geringe Anteil und die sehr gute Kristallisation des Kaolinites schließen eine Verwitterung unter tropischem bis subtropischem Klima, d. h. eine Bodenbildung, aus. Nach dem heutigen Stand der Tonmineralforschung lassen sich diese Erscheinungen nur durch hydrothermale Vorgänge erklären (vgl. auch JARITZ, 1966).

Zu (2): Eine makroskopische Betrachtung der gebleichten Zechsteinablagerungen zu beiden Seiten der Zwester Ohm-Mündung deutet nicht auf hydrothermale Zersetzungen sondern auf pedogenetische Prozesse (Stagnogleybildung). Die Röntgendiagramme unterscheiden sich hingegen nur wenig von denjenigen der gebleichten Buntsandsteine des Ricksheller Sattels und bei Göttingen. Doch die elektronenmikroskopischen Aufnahmen helfen bei der Aufklärung der Pedogenese. Die Tonmineralgarnitur besteht überwiegend aus Hydroglimmer, Illit (besonders Sarospatakit) und daneben Kaolinit (Taf. 12 Fig. 3).

Auffällig ist wieder der geringe Gehalt an Kaolinit, obgleich die Röntgendiagramme exakte Interferenzen des Kaolinites zeigen. Neben den bekannten, gut kristallisierten, hydrothermal gebildeten Kaolinitmineralen treten auch kleinere, weniger gut ausgebildete auf, wie sie in fast allen Verwitterungsprodukten des Marburger Raumes nachgewiesen werden konnten (HEINE, 1970). Der Nachweis des hydrothermal gebildeten Kaolinites und auch Sarospatakites dokumentiert einwandfrei hydrothermale Vorgänge bei der Bleichung der Zechsteinsande. Die Bildung des weniger gut kristallisierten Kaolinites ist auf kontinentale Verwitterungsprozesse zurückzuführen (Stagnogleybildung). Die hydrothermal gebleichten Sandsteine sind also nachträglich von einer Bodenbildung überprägt worden; dafür sprechen auch viele andere Beobachtungen, wie z. B. das Gefüge, die Farbe (z. T. Marmorierung), der mit der Tiefe abnehmende Tongehalt etc.

Zu (3): Das Material für die Laboruntersuchungen entstammt den stark gebleichten Horizonten der mürben Buntsandsteinsedimente am Rabennest zwischen Schweinsberg und Niederklein. Die Beobachtungen im Gelände, wie auch die meisten Laborbefunde ergaben keine Anhaltspunkte für eine hydrothermal entstandene Zersetzung des Sandsteins. Erst das elektronenmikroskopische Bild (Taf. 12 Fig. 4) zeigt wieder Sarospatakit und Kaolinit mit ausgezeichnetem Kristallisationsvermögen neben weniger schön ausgebildetem Kaolinit und Hydroglimmer. Hydrothermale Einflüsse sind daher nicht auszuschließen, obgleich auch hier mit nachträglichen echten Bodenbildungsprozessen gerechnet werden muß, zumal die Proben nur bis maximal 10 m unter der Oberfläche entnommen wurden.

IV. Folgerungen

Die tonmineralogischen Untersuchungen an gebleichten Sandsteinen im Marburger Raum ergeben bei vorsichtiger Auswertung folgende Erkenntnisse: Die schmalen und oft scharf begrenzten Bleichungszonen im Buntsandstein und Zechstein im Bereich des Mittellahntales und im westlichen Burgwald sind nachweislich auf hydrothermale Zersetzungsvorgänge zurückzuführen. Eine Bleichung als Folge einer tertiären und/oder altpleistozänen Verwitterung ist ausgeschlossen. Die Tonminerale Sarospatakit, Sepiolith und sehr gut ausgebildeter Kaolinit sind hier, wie auch in anderen Zersetzungsprodukten (BEUTELSPACHER & VAN DER MAREL, 1968; MÜCKENHAUSEN, 1964), nur in dem von der hydrothermalen Bleichung betroffenen Material zu finden. Echte Verwitterungsböden tertiären, pleistozänen oder holozänen Alters sind durch andere Tonmineralvergesellschaftungen, durch andere quantitative Mineralzusammensetzungen und durch eine schlechtere Kristallisation der einzelnen Minerale gekenn-

zeichnet (HEINE, 1970). Auch die Reste umgelagerter tertiärer Grau- und Rotlehme, die in günzeitlichen Terrassenschottern der Lahn bzw. auf den Höhen östlich des Amöneburger Beckens gefunden wurden, unterscheiden sich in ihrer Tonmineralgarnitur und in der Ausbildung der Tonminerale von den hier beschriebenen gebleichten Sandsteinen.

In Gebieten, in denen die hydrothermal zersetzten Sandsteine eine großflächigere Verbreitung an der tertiären bzw. altpleistozänen Landoberfläche hatten (östlich von Schweinsberg – Stadt Allendorf und im Bereich der Zwester Ohm-Mündung), wurden die gebleichten Sandsteine von echten Bodenbildungen überprägt. Es hat den Anschein, daß die bereits hydrothermal zersetzten Gesteine die Bodenbildungen begünstigen. Nur so ist zu erklären, daß – obgleich auf weiten Flächen des Burgwaldes seit dem Tertiär nur geringfügige Abtragungsvorgänge nachzuweisen sind – hier keine tertiären Bodensedimente und fossile Böden zu finden sind. Offenbar konnten die tertiären und altpleistozänen Verwitterungseinflüsse nur dann die Sandsteine in starkem Maße pedogenetisch umwandeln, wenn diese zuvor hydrothermal zersetzt worden waren. Vielleicht ist auch die Ablenkung der Lahn bei Cölbe nach Süden wesentlich durch die gerade in diesem Gebiet verbreiteten gebleichten Zonen mürben Sandsteins mitbestimmt worden.

Der Bleichungsvorgang selbst, d. h. die Fortführung von Eisenverbindungen und die anschließende Ablagerung von Eisenschwarten, ist auf hydrothermale Vorgänge zurückzuführen. Nach HÖLTING & STENGEL-RUTKOWSKI (1964, 19) ist wiederholt im Lahntal festzustellen, daß außer den Kohlensäuregehalten im Grundwasser auch die Chlorid- und Sulfatanteile erhöht sind. Es ist daran zu denken, daß im Zusammenhang mit den hydrothermalen Erscheinungen Chloride aufstiegen und auf schwefelangereichertes Grundwasser trafen; durch chemische Reaktionen konnten die Chloride u. a. Salzsäure bilden. Die Salzsäure schließlich löste die Eisenverbindungen, die fortgeführt und später wieder ausgeschieden wurden. Ähnliche Vorgänge haben im Bereich der Nordeifel in weiten Gebieten zur Bleichung von Sandsteinen und zu abbauwürdigen Eisenanreicherungen geführt (frdl. mdl. Mitt. von Herrn Dr. H. GEWEHR, Bonn).

Danksagung: Ganz besonders möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. E. MÜCKENHAUSEN danken, daß er durch sein freundliches Entgegenkommen diese Untersuchung in seinem Institut ermöglichte. Ferner danke ich den Herren Dr. H. GEWEHR und Dr. H. BECKMANN für viele wertvolle Ratschläge und Diskussionen und Frl. BÖDEWADT für die Anfertigung der elektronenmikroskopischen Aufnahmen.

Schriftenverzeichnis

- BEUTELSPACHER, H. & VAN DER MAREL, H. W.: Atlas of Electron Microscopy of Clay Minerals and their Admixtures. Amsterdam 1968.
- BLUME, H.: Die Marburger Landschaft. — Marburger geogr. Schr., 1, Marburg 1949.
- HEINE, K.: Fluß- und Talgeschichte im Raum Marburg, eine geomorphologische Studie. — Bonner geogr. Abh., 42, 1970.
- HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 47, Wiesbaden 1964.
- JARITZ, G.: Untersuchungen an fossilen Tertiärböden und vulkanogenen Edaphoiden des Westerwaldes. Diss., Bonn 1966.

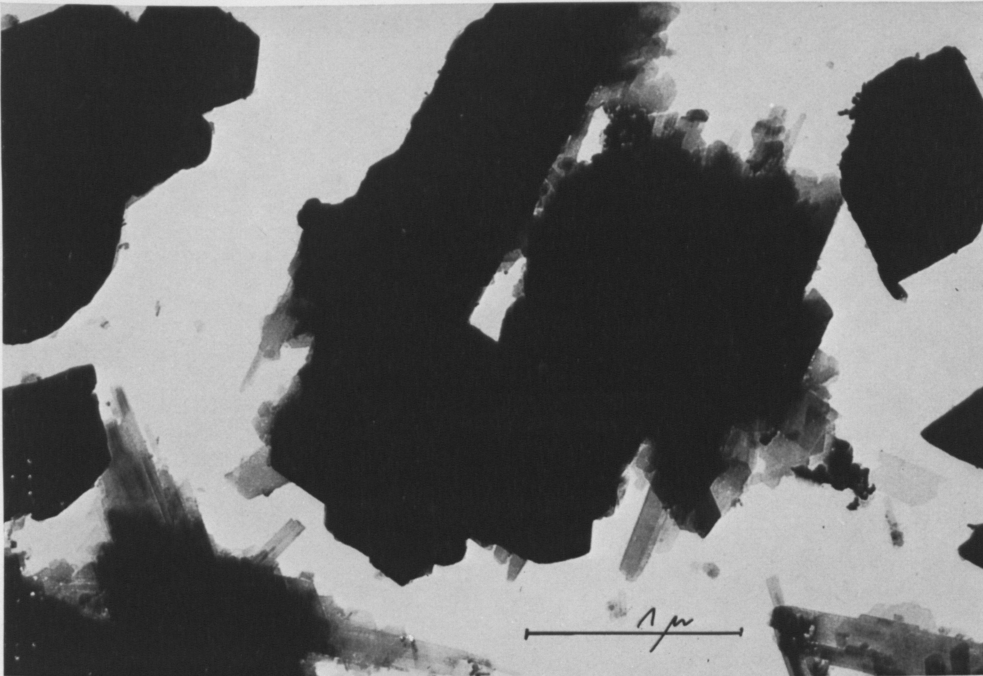
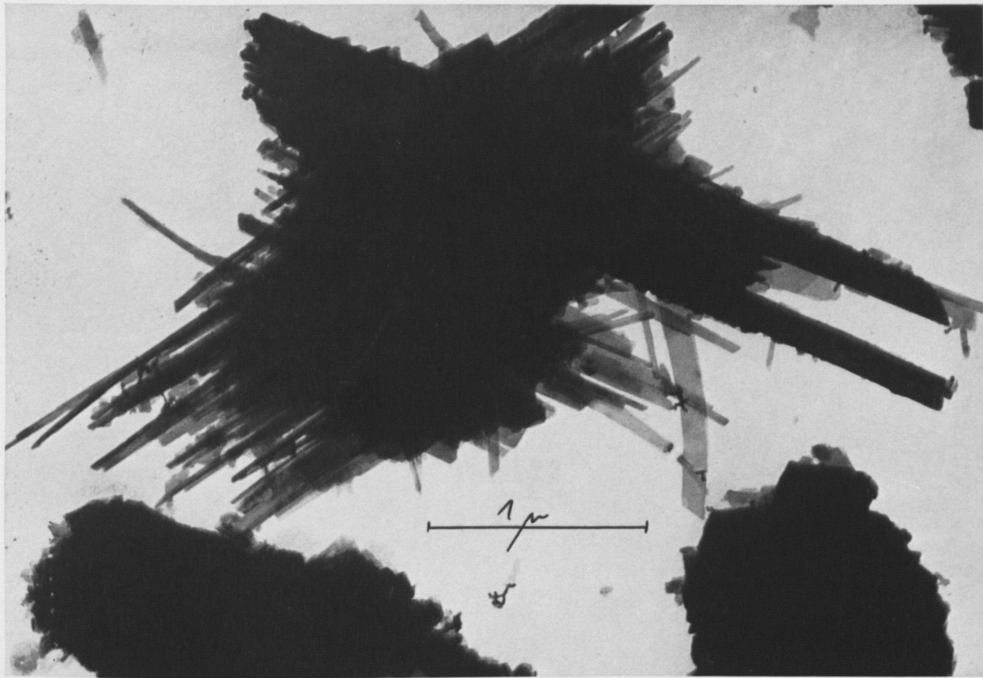
- KAYSER, E.: Erl. geol. Kte. etc., Bl. Marburg, Berlin 1915.
— & PAECKELMANN, W.: Erl. geol. Kte. etc., Bl. Niederwalgern, Berlin 1915.
KOCKEL, C. W.: Schiefergebirge und Hessische Senke um Marburg/Lahn. — Sammlung geol. Führer, **37**, Berlin 1958.
LENZ, K.: Das naturlandschaftliche Gefüge des Marburger Raumes. — Marburger geogr. Schr., **30**, S. 97—110, Marburg 1966.
— & BORN, M.: Exkursionen durch die Marburger Landschaft. — Marburger geogr. Schr., **30**, S. 127—147, Marburg 1966.
MÜCKENHAUSEN, E.: Das elektronenmikroskopische Bild verschiedener Bodentypen. 8th Intern. Congress of Soil Science, Bucharest, Romania, 1964, Vol. III, Commission VII (soil mineralogy), Paper 6, S. 1125—1133, 1964.
ROTH, W.: Die Geologie des Marburger Rückens. Unveröff. Dipl.-Arb., Marburg 1964.
WEYL, R.: Geologischer Führer durch die Umgebung von Gießen. Gießen 1967.

Manuskript eingegangen am 12. 1. 1970

Tafel 11

Tafel 11

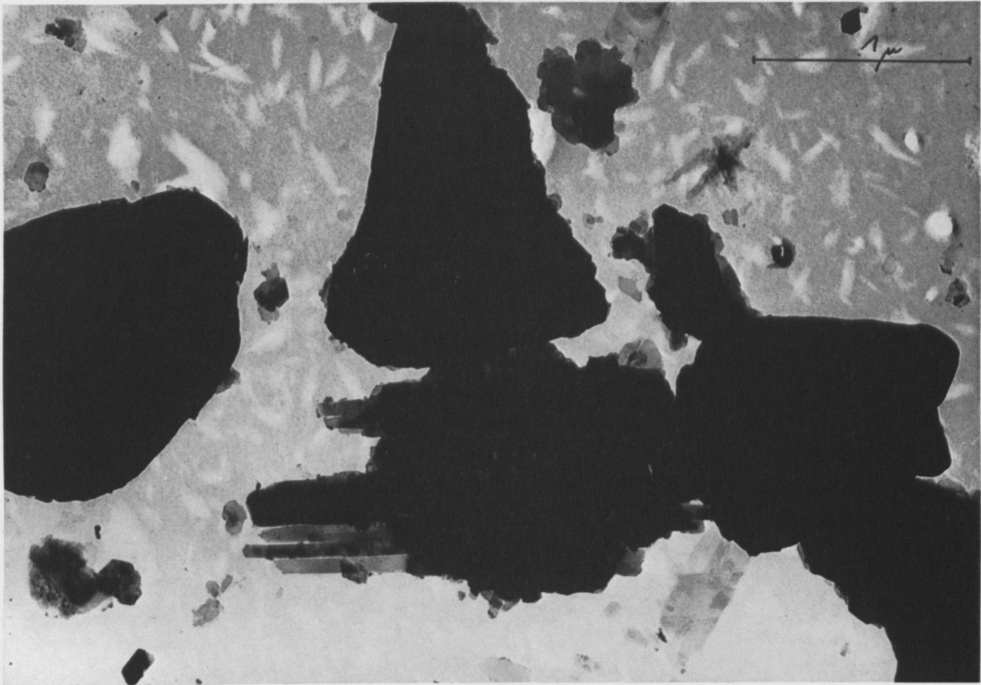
- Fig. 1. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des gebleichten Sandsteins vom Ricksheller Sattel. Deutlich zu erkennen ist der leistenförmige Sarospatakit.
- Fig. 2. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des gebleichten Sandsteins vom Ricksheller Sattel. Die gut ausgebildeten, pseudohexagonalen Kaolinitminerale sind hydrothermale Bildungen.



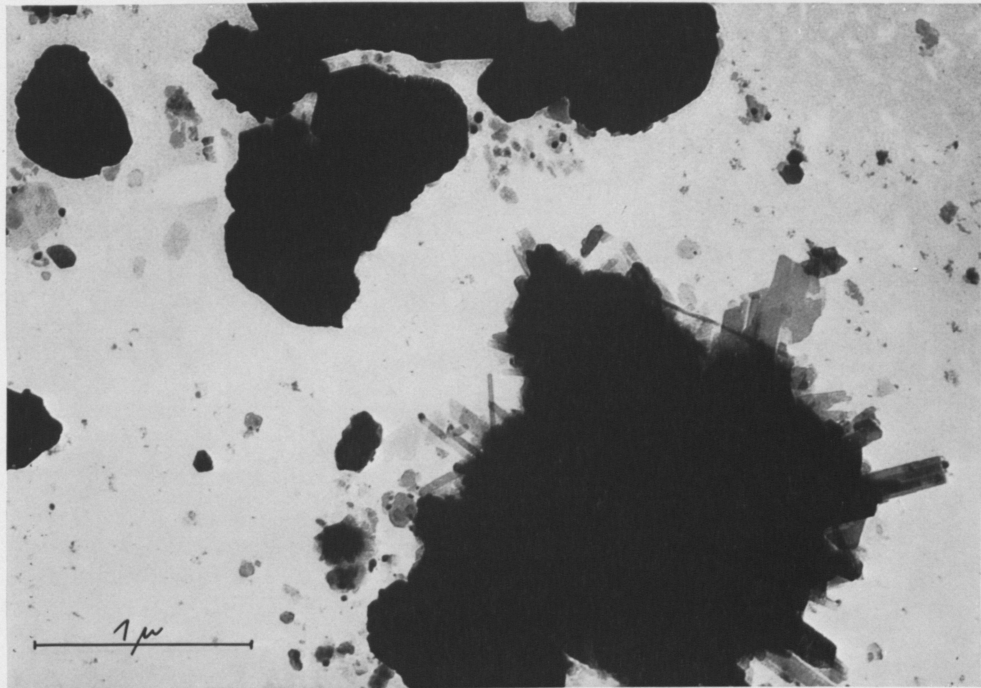
Tafel 12

Tafel 12

- Fig. 3. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des hydrothermal zersetzten und anschließend von einer Stagnogleybildung überprägten Zechsteinmaterials mit den Mineralen Hydroglimmer, Sarospatakit und Kaolinit.
- Fig. 4. Elektronenmikroskopische Aufnahme der Tonsubstanz des hydrothermal zersetzten und nachträglich von einer Bodenbildung überprägten Buntsandsteinmaterials vom Rabennest östlich Schweinsberg mit Hydroglimmer, Sarospatakit und Kaolinit.



3



4