Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung

UB Universitäts Bibliothek Frankfurt am Main

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Mitteilungen der Pollichia

Mikroanalytische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Taphonomie von Arthropoden in "kontaktmetamorphen" Sedimenten - Erste Ergebnisse

Montenari, Michael
Uhl, Dieter

2005

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-126914

Visual Library

Mitt. POLLICHIA	91 für 2004 u. 2005	13 – 20	3 Abb.	Bad Dürkheim 2005
				ISSN 0341-9665

Michael MONTENARI & Dieter UHL

Mikroanalytische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Taphonomie von Arthropoden in „kontaktmetamorphen" Sedimenten - Erste Ergebnisse

Kurzfassung

MONTENARI, M. & UHL, D. (2005): Mikroanalytische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Taphonomie von Arthropoden in „kontaktmetamorphen" Sedimenten - Erste Ergebnisse.— Mitt. POLLICHIA, **91** f. 2004/2005: 13 – 20, 3 Abb., Bad Dürkheim

Ein wahrscheinlich zu den Blattinopsiden gehörendes Flügelfragment aus kontaktmetamorphen Sedimenten von der Fundstelle Niedermoschel wird mit Hilfe verschiedener rasterelektronenoptischer Verfahren (Sekundärelektronen und Rückstreuelektronen), sowie der energiedispersiven Röntgenquanten-Analyse (EDAX) untersucht. Die Ergebnisse der einzelnen Methoden werden kurz vorgestellt. Es zeigt sich dabei, dass im Bereich des Flügels noch Reste der organischen Substanz vorhanden sind, die jedoch wahrscheinlich während der Kontaktmetamorphose alteriert wurde. Obwohl noch einige Fragen offen bleiben, zeigen die hier vorgestellten Ergebnisse, dass die verwendeten Methoden ein großes Potential für weitergehende Untersuchungen zur Diagenese von Arthropoden in „kontaktmetamorphen" Sedimenten haben.

Abstract

MONTENARI, M. & UHL, D. (2005): Mikroanalytische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Taphonomie von Arthropoden in „kontaktmetamorphen" Sedimenten - Erste Ergebnisse
[Microanalytical and scanning electron microscopical investigations on the diagenesis of fossil arthropods from „contact metamorphous" sediments - first results].— Mitt. POLLICHIA, **91** f. 2004/2005: 13 – 20, 3 Abb., Bad Duerkheim

A fragment of a blattinopsid (?) wing from the locality Niedermoschel is investigated by means of different scanning electron microscopical methods (secondary electrons and backscattered electrons), as well as energy-dispersive X-ray analysis (EDAX). The results from these methods are presented here. It became obvious that there are still remains of the organic material present, although these have probably been alterated during the contact metamorphism. Although some questions remain unresolved at the moment, it is demonstrated that the methods used here have a large potential for further investigations on the diagenesis of arthropod-remains in contact metamorphic sediments.

Résumé

MONTENARI, M. & UHL, D. (2005): Mikroanalytische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Taphonomie von Arthropoden in „kontaktmetamorphen" Sedimenten - Erste Ergebnisse
[Des investigations microanalytiques et microscopiques de microscopie électronique à balayage concernant la diagenèse d'arthropodes fossiles dans des sédiments affectés par le métamorphisme de contact - premiers résultats].— Mitt. POLLICHIA, **91** p. 2004/2005: 13 – 20, 3 Abb., Bad Durkheim

Un fragment d'aile appartenant probablement aux blattinopsides, découvert à Niedermoschel dans des sédiments affectés par le métamorphisme de contact, est étudié à l'aide de différents méthodes de microscopie électronique à balayage (électrons secondaires et électrons rétrodiffusants), ainsi que la spectroscopie en dispersion d'énergie des rayons X (EDAX). Les résultats des différentes méthodes sont présentés brièvement. Il en ressort qu'il subsiste des restes de matières organiques au niveau des ailes, bien qu'ils aient certainement connu une altération lors de le métamorphisme de contact. Même si certaines questions ne sont pas encore complètement élucidées, les résultats présentés ici indiquent que les méthodes utilisées possèdent un grand potentiel pour de futures analyses de la diagenèse d'arthropode dans des sédiments affectés par le métamorphisme de contact.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

1 Einleitung

Verschiedene Erhaltungszustände von fossilen Organismen können uns oft ergänzende und komplementäre Informationen über einzelne Taxa liefern, weshalb das Verständnis des jeweiligen Erhaltungszustandes eine wichtige Grundvoraussetzung für die Interpretation morphologischer und anatomischer Merkmale bei fossilen Organismen ist (z.B. SCHOPF 1975; ORR et al. 1998; UHL & KERP 2002). Das Verständnis des jeweiligen Erhaltungszustandes hängt allerdings ab vom Verständnis der jeweiligen taphonomischen Prozesse die auf ein Fossil eingewirkt haben.

Diese taphonomischen Prozesse können prinzipiell in zwei große Gruppen unterteilt werden: [1] biostratinomische Prozesse, die vom Tod des Organismus bis zu seiner Einbettung im Sediment (und teilweise darüber hinaus) stattfinden können und [2] diagenetische Prozesse, die nach der Einbettung ins Sediment stattfinden. Für die Paläontologie des saarpfälzischen Rotliegend sind dabei diagenetische Prozesse von besonderem Interesse, die während der Kontaktmetamorphose von Sedimenten stattfanden, da an zahlreichen Fossilfundstellen solche kontaktmetamorphen Sedimente auftreten. Neben Wirbeltieren (z.B. HEIDTKE 1982; HEYLER 1990; BOY 1996; POSCHMANN & SCHINDLER 1997, 2004) haben an vielen dieser Fundstellen vor allem Funde von Arthropoden das Interesse der Wissenschaft erregt (z.B. REIS 1913; GUTHÖRL 1934; MALZ & POSCHMANN 1993; SCHINDLER 1997; UHL 1999, 2002; HÖRNSCHEMEYER & STAPF 2001; POSCHMANN & SCHINDLER 2004). Letzteres mag unter anderem auch daran liegen, dass es in nicht kontaktmetamorphen Gesteinen im Gelände oftmals schwierig ist Reste dieser Organismen zu erkennen, da diese Reste relativ klein sind und sich aufgrund der schwarzen Färbung der organischen Substanz oft nur sehr schlecht von umgebenden Sediment abheben, wie bereits Boy (1976) am Beispiel der syncariden Krebse aufzeigte.

Die ersten Funde von Syncariden wurden von JORDAN (1847) aus Toneisensteingeoden beschrieben, die im Zuge der Erzgewinnung geröstet wurden. Bei diesem Vorgang wurde durch die Einwirkung der Hitze die organische Substanz der Syncariden, aufgrund bisher im Detail ungeklärter chemischer Vorgänge, in eine weiße Substanz unbekannter chemischer Zusammensetzung umgewandelt. Eine auf den ersten Blick ähnliche Umwandlung kann oft auch in kontaktmetamorphen Sedimenten beobachtet werden (z.B. UHL 1999; POSCHMANN & SCHINDLER 2004), was das Auffinden dieser Organismen sehr erleichtert.

In solchen kontaktmetamorphen Gesteinen variiert der Erhaltungszustand von Fossilien je nach Grad der Metamorphose (oder Metasomatose) in Abhängigkeit vom Abstand zum intrudierten Magmakörper und nach der systematischen Zugehörigkeit des betroffenen Organismus (z.B. POSCHMANN & SCHINDLER 2004). Bei Arthropoden lassen sich generell zwei verschiedene Reaktionen erkennen: Taxa mit wahrscheinlich durch Kalzium-Salze biomineralisierten Kutikulen, wie etwa Syncariden, zeigen die typische Weiß-Färbung (s.o.), während Taxa deren Kutikulen nicht mit solchen Salzen imprägniert waren (z.B. einige Conchostraken und Xiphosuren) als schimmernde, mehr oder minder silbern scheinende Substanz auf den Schichtflächen liegen (POSCHMANN & SCHINDLER 2004). Bei Beobachtung unter polarisierten Licht erscheinen letztere Fossilien oft als schwarze Flecken, was dahingehend interpretiert wird, dass in diesen Fällen wahrscheinlich noch organische Substanz vorhanden sein könnte (POSCHMANN & SCHINDLER 2004).

Allerdings wurden bisher keine geochemischen Untersuchungen an Arthropoden-Fossilien aus kontaktmetamorphen Gesteinen aus dem Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens durchgeführt, die essentiell für unser Verständnis der diagenetischen Prozesse während der Kontaktmetamorphose und der Interpretation von Erhaltungszuständen der dadurch beeinflussten Fossilen sind. Aus diesem Grund wurden in einer Pilot-Studie Arthropodenreste aus kontaktmetamorphen Sedimenten der Fundstelle Niedermoschel mit Hilfe mikroanalytischer und rasterelektronenmikroskopischer Verfahren untersucht. Die ersten Ergebnisse dieser Studie werden am Beispiel eines wahrscheinlich zu den Blattinospiden gehörenden Flügelfragments hier kurz vorgestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Material

Das hier untersuchte Flügelfragment stammt aus kontaktmetamorphen Sedimenten von der Typus-Lokalität der Niedermoschel-Schwarzschiefer-Bank (Unteres Rotliegend [Oberkarbon - Unterperm], Jeckenbach Subformation der Meisenheim Formation; L-O 5, sensu BOY & FICHTER 1982; SCHINDLER 1997). Dieser fossilführende Horizont ist bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts bekannt (z.B. REIS 1913) und die oben genannte Fundstelle erregte in den letzten Jahren vor allem durch ihren außerordentlichen Reichtum an fossilen Arthropoden großes wissenschaftliches Interesse (z.B. MALZ & POSCHMANN 1993; SCHINDLER 1997; UHL 1999; HÖRNSCHEMEYER & STAPF 2001). Daneben konnten an dieser Fundstelle aber auch Vertebraten und Pflanzen nachgewiesen werden (POSCHMANN & SCHINDLER 1997; SCHINDLER 1997). Unter Auflicht zeigte das Flügelfragment an einigen Stellen einen silbrigen Glanz und einen deutlich erkennbaren Verlauf der Aderung.

2.2. Methoden

Geologische Proben besitzen in aller Regel nur eine geringe bis überhaupt keine elektrische Leitfähigkeit.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

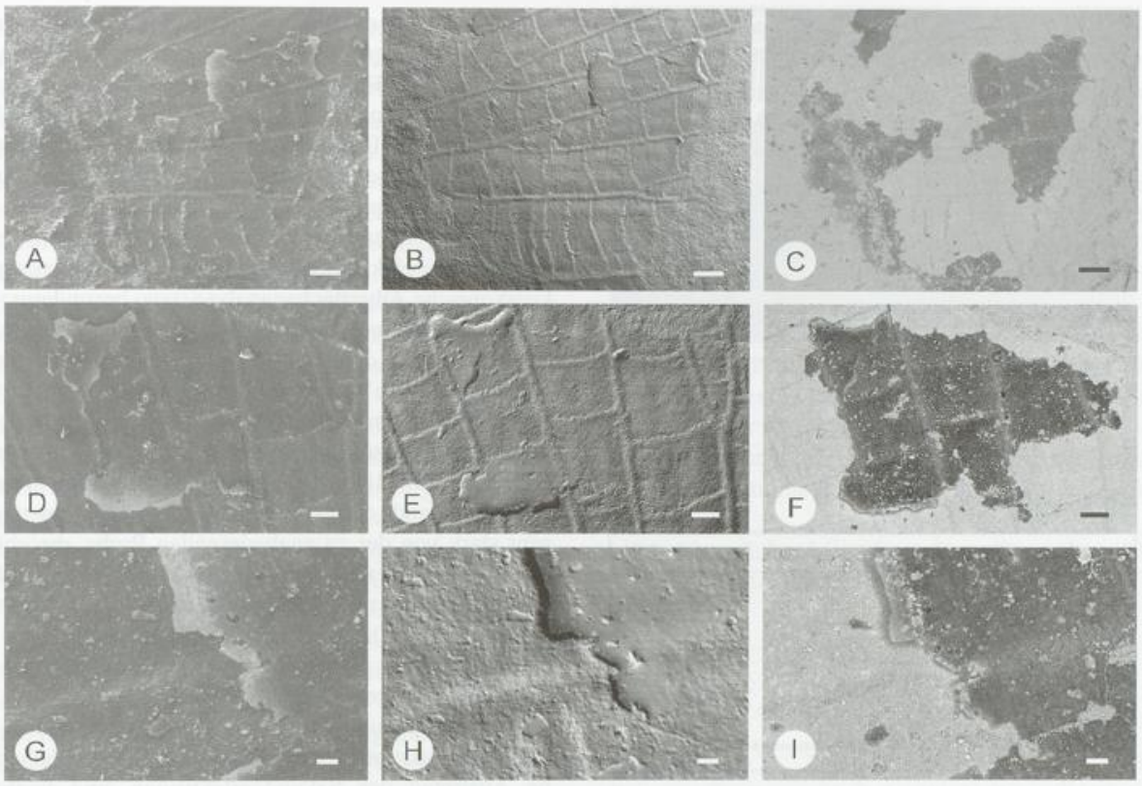


Abbildung 1: Rasterelektronenoptische Aufnahmen eines wahrscheinlich zu den Blattinopsiden gehörenden Flügelfragments von Niedermoschel in verschiedenen Vergrößerungen. A, D, G: Sekundärelektronen Aufnahmen; B, E, H: rückstreuelektronen-generierte Topographiekontrast Aufnahmen; C, F, I: rückstreuelektronen-generierte Element-Kontrast Aufnahmen (A, B, C, Maßstab = 200 μm; D, E, F, Maßstab = 100 μm; G, H, I, Maßstab = 20 μm).

Um das Probenmaterial dennoch dem Elektronenbeschuss in einer Hochvakuum-Probenkammer eines Rasterelektronenmikroskops (REM) aussetzen zu können, ist es unumgänglich, das zu analysierende Material zuvor speziell zu präparieren. Zudem müssen die Proben bestimmte Anforderungen erfüllen, um die nachfolgenden Analyseschritte problemlos durchführen zu können. So sollten sie möglichst wenig (bis gar kein) Wasser, Lösungsmittel oder sonstige Stoffe enthalten, welche im Vakuum der Probenkammer ausgasen und somit Vakuum-Probleme bereiten könnten.

In einem ersten Arbeitsschritt werden die Proben auf geeignete Größen formatiert und anschließend mit Hilfe eines elektrisch leitfähigen, stark kohlenstoffhaltigen, Zements (Leit-C-Plast, PCCC = Plastic Conductive Carbon Cement) auf Aluminium-REM-Tellern montiert.

Der fixierende Zement sollte präzise ausgewählt werden: er muss sich [1] gegenüber dem Dauerbombardement durch hochbeschleunigte Elektronen stabil verhalten, muss [2] mechanisch stabil bleiben, darf [3] nur minimal Luft oder Lösungsmittel in die Elektronensäule abgeben (ausgasen) und muss [4] für die Bestimmung der chemischen Elemente einen akzeptablen (möglichst geringen) chemischen Elementhintergrund bilden.

Nach der Montage wird auf die Bereiche um die zu analysierende Fläche herum sorgfältig flüssiges Silberkolloid (Leit-Silber, PLANO) aufgetragen um die elektrische Leitfähigkeit des Gesteines zu gewährleisten. Da an den Proben neben rasterelektronenoptischen Untersuchungen auch Messungen hinsichtlich ihres chemischen Stoffbestandes mit rückgestreuten Elektronen und Röntgenmikroanalyse durchgeführt werden sollten, konnte das Material nicht, wie sonst üblich, mit einem Schwermetall, wie etwa Gold, überzogen werden, da dieses die Unterschiede in den Ordnungszahlen für die rückgestreuten Elektronen überdeckt und darüber hinaus Röntgenstrahlung aus der Probe absorbiert. Stattdessen wurden die Proben mit Kohlenstoff bedampft, da dieser einen nur sehr geringen Absorptionskoeffizienten für Röntgenstrahlung aufweist und die für die rückgestreuten Elektronen notwendigen Unterschiede in der Ordnungszahl nicht überlagert. Nach einer mehrstündigen Trocknungszeit wurden die Proben in die Probenkammer eines Rasterelektronenmikroskops (Institut für Geowissenschaften der Universität Tübingen) vom Typ LEO-1450-VP mit GEMINI-Elektronensäule und integrierter Röntgenquantenanalyse (EDAX) mit einem LINK Pentafet Si(Li)-gedrifteten Detektorkristall (OXFORD-Instruments) eingebaut. Für die Analysen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

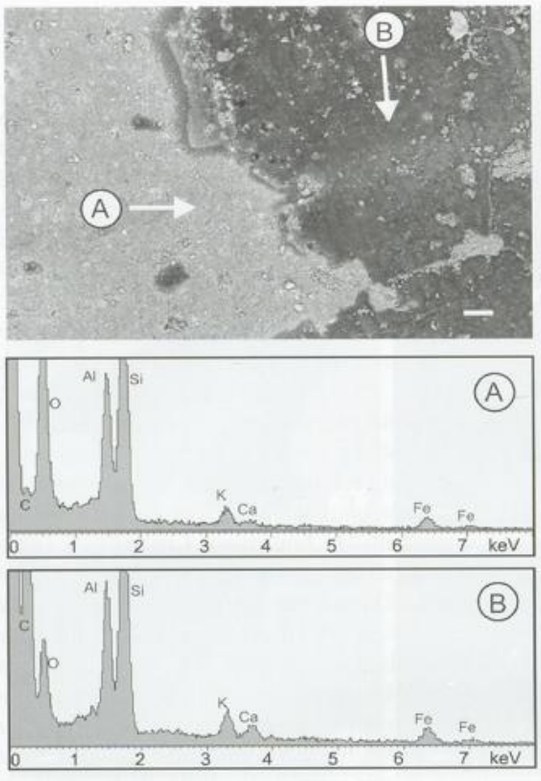


Abbildung 2: Ergebnisse einer semi-quantitativen energiedispersiven Röntgenquanten-Analyse. Das oberste Bild zeigt eine rückstreuelektronengenerierte Elementkontrastaufnahme (vgl. Abb. 1 I; Maßstab = 20 μm). Die Positionen an denen die beiden Spektren aufgenommen wurden sind durch Pfeile markiert (A: chemisch schwere Phase; B: chemisch leichte Phase). Besonders auffällig sind die Unterschiede der Kohlenstoff (C) und der Sauerstoff (O) Konzentrationen zwischen den beiden Phasen.

wurden die Proben mit einem Primärelektronenstrahl von 15kV und 2,575A bei einem Arbeitsabstand von 15mm angeregt. Die Messzeit pro Element betrug 60 Sekunden.

2.2.1 Sekundärelektronen (SE)

Beim Auftreffen des Primärelektronenstrahls (Pe^--Strahl) auf der Probe kommt es zu einer Vielzahl von komplexen Wechselwirkungsprozessen zwischen den einzelnen Pe^- und den Atomen der Probe. Auf die wichtigsten Prozesse, die elastische Elektronenstreuung und die unelastische Elektronenstreuung wird noch weiter unten im Text näher eingegangen werden.

Diese Vorgänge bilden eine große Zahl von Sekundärprodukten, wie bspw. Elektronen mit unterschiedlich hohen Energiebeträgen (SE I, SE II, SE III, SE IV), Röntgenstrahlung, Licht und Wärme.

Nach FLEGLER et al. (1995) bedingt die elastische Wechselwirkung zwischen einfallenden Pe^- und dem Atomkern der Probenatome eine Ablenkung der Elektronen mit großem Winkel aber nur einen geringen Energieverlust. Bei der unelastischen Wechselwirkung hingegen werden die einfallenden Pe^- durch die Elektronenhülle des Probenatoms gestreut. Dies bewirkt eine Ablenkung der Elektronen im kleinen Winkel unter gleichzeitigem großem Energieverlust.

Die bei der unelastischen Wechselwirkung erzeugten Sekundärelektronen sind für die rasterelektronenmikroskopische Oberflächenanalyse von besonderer Bedeutung. Aufgrund ihres extrem niederenergetischen Zustandes (ihre durchschnittliche Energie variiert zwischen 3 und 5 eV) können sie sehr leicht von Detektoren angezogen werden und tragen somit in erheblichem Umfang zum Aufbau eines rasterelektronenmikroskopischen Bildes bei. Andererseits werden sie aber auch aufgrund dieses niederenergetischen Zustandes sehr stark von der zu analysierenden Probe absorbiert: nur die sehr oberflächennah generierten Sekundärelektronen vermögen die Probe zu verlassen und detektiert zu werden, da ihr Weg zur Oberfläche und damit die Strecke weiterer Wechselwirkungen und Absorptionen mit der Probe gering ist (SCHMIDT et al. 1994).

Die Absorption (und damit die Auslöschung der Tiefeninformation der Probe) und das oberflächennahe Austreten der Sekundärelektronen sind wichtige Faktoren, die bei der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung einer Probe vorwiegend topographische Informationen liefern. Kleine Erhebungen auf der Probe wirken wegen des sogenannten „Kanteneffektes" hell (es treten mehr Sekundärelektronen aus). Ebene Flächen oder Vertiefungen hingegen emittieren nur wenige Sekundärelektronen - diese Areale ergeben daher dunklere Abbildungen. Da die Sekundärelektronen aus nur einem geringen Anteil des gesamten Pe^- - Probe - Wechselwirkungsvolumens austreten, liefert des Sekundärelektronenbild normalerweise topographische Informationen mit der höchsten Auflösung.

2.2.2 Rückstreuelektronen („backscattered electrons" BSE)

Rückstreuelektronen (BSE) liefern wichtige Informationen aus der Tiefe der Probe. Sie entstehen durch die elastische Wechselwirkung des Pe^--Strahls mit den Atomkernen der Probenatome, bei welcher Elektronen zurückgestreut werden (z.B. SCHMIDT et al. 1994; FLEGLER et al. 1995). Zwischen 10 und 50% der Pe^- wechselwirken mehrfach elastisch unter großen Winkeln mit der Probe, so dass sie an der selben Oberfläche in den Raum re-emittiert werden über welche sie ursprünglich in die Probe eingedrungen waren. Die Wahrscheinlichkeit für mehrfache Streuung unter großen Ablenkungswinkeln und damit Re-Emittierung der Elektronen steigt mit zunehmender Probentiefe. Daher werden nur wenige rückgestreute Elektronen in der

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Nähe der Probenoberfläche erzeugt. Rückstreuelektronen weisen im Gegensatz zu Sekundärelektronen ein hohes Energieniveau von 60 bis 80% der ursprünglichen Anregungsenergie des Pe^- -Strahls auf. Aufgrund dieses hohen Energiezustandes werden rückgestreute Elektronen nur wenig absorbiert und ein erheblicher Prozentsatz verlässt die Probe wieder. Die maximale Austrittstiefe und -breite von rückgestreuten Elektronen ändert sich im umgekehrten Verhältnis zur mittleren Ordnungszahl der Probenatome - der Bereich variiert zwischen Bruchteilen eines Mikrometers und mehreren Mikrometern. Wegen des elektronenoptisch betrachtet sehr großen Austrittbereiches ist die Auflösung eines von Rückstreuelektronen erzeugten Bildes wesentlich geringer als jene eines Sekundärelektronenbildes. Die Rückstreuelektronen liefern wegen ihrer großen Austrittstiefe Informationen, die weniger die Unterschiede in der Oberflächentopographie widerspiegeln, als vielmehr die mittlere Ordnungszahl der Atome (sogenannter Elementkontrast), welche die Probe aufbauen. Dabei gilt, dass chemische Elemente mit niedrigen Ordnungszahlen weniger Elektronen (beim Element Kohlenstoff mit der Ordnungszahl 6 sind es nur 5%), Elemente mit hohen Ordnungszahlen hingegen viele Elektronen rückstreuen (bei Silber mit der Ordnungszahl 47 sind es bereits etwa 40%).

Desweiteren können die Rückstreuelektronen auch zur Charakterisierung von Oberflächen herangezogen werden. Dabei werden die rückgestreuten Elektronen mit Hilfe unterschiedlich gepolter Vierquadranten-Detektoren ausgewertet. Der dadurch entstehende Topographiekontrast ist wesentlich intensiver („Licht/Schatten-Wirkung") als jener der Sekundärelektronen, weist aber ein deutlich geringeres Auflösungvermögen auf.

2.2.3 Energiedispersive Röntgenquanten-Analyse (EDAX)

Aufgrund der Wechselwirkung des Pe^- -Strahls mit der Probe wird in der Probenkammer des REMs Röntgenstrahlung erzeugt, welche dazu genutzt werden kann, einzelne chemische Elemente, ihre Konzentrationen und ihre Verteilung innerhalb der Probe zu ermitteln. Diese Röntgenstrahlung entsteht durch die unelastische Streuung der Elektronen. Dabei wird ein Elektron aus einer inneren Schale der Elektronenhülle durch das einfallende Pe^- „herausgeschossen". Die dadurch entstehende „Elektronen-Lücke" wird durch ein Elektron aus äußeren und damit energiereicheren Hüllen aufgefüllt. Die Energiedifferenz wird in Form von Röntgenstrahlung emittiert. Energie und Wellenlänge der so erzeugten Röntgenstrahlen sind für jedes chemische Element charakteristisch und über die Beziehung $\lambda = 1{,}2398/E$ miteinander verknüpft, wobei λ die Wellenlänge ausgedrückt in Nanometer und E die Energie in keV ist. Die tatsächliche Energie der Röntgenstrahlung kann aufgrund der Heisenbergschen Unschärferelation um 2 bis 3 eV variieren. Die Bezeichnung der erzeugten Röntgenstrahlung basiert auf den Bezeichnungen der Elektronenschalen (K, L, M, N), in welchen die Elektronen-Fehlstelle erzeugt wurde, und der Anzahl der Elektronenschalen, welche das Elektron beim „Auffüllen" der Fehlstelle „übersprungen" hat. Kommt das auffüllende Elektron aus der nächstgelegenen Schale, wird die Strahlung mit dem Index α versehen, kommt es aus der übernächsten Elektronenschale erhält die Strahlung den Index β, stammt es aus der drittnächsten Schale, so erhält die Strahlung den Index γ usw. Ein Elektron aus der M-Schale, welches eine Elektronen-Fehlstelle in der K-Schale auffüllt, würde beispielsweise die Bezeichnung „Kβ" erhalten. Die elementspezifischen Röntgenstrahlungen werden auch als Energielinien bezeichnet.

Die chemischen Elemente wurden anhand der folgenden Energielinien identifiziert (vgl. Abb. 2):

Kohlenstoff (^{6}C):	Kα = 0,277 keV
Sauerstoff (^{8}O):	Kα = 0,525 keV
Aluminium (^{13}Al):	Kα = 1,486 keV
Silizium (^{14}Si):	Kα = 1,739 keV
Kalium (^{19}K):	Kα = 3,312 keV
Calzium (^{20}Ca):	Kα = 3,690 keV, Kβ = 4,012 keV
Eisen (^{26}Fe):	Kα = 6,398 keV, Kβ = 7,057 keV

3 Ergebnisse

Abb. 1 zeigt Bilder eines wahrscheinlich zu den Blattinopsiden gehörenden Flügels, welche mit unterschiedlichen elektronenoptischen Methoden erzeugt wurden. Die Abbildungen 1 A, D und G zeigen Sekundärelektronen-Daten in unterschiedlicher Vergrößerung, die Abb. 1 B, E und H rückstreuelektronengenerierte Topographiekontrast-Daten und die Abb. 1 C, F und I schließlich den Element-Kontrast, der mit Hilfe von Rückstreuelektronen erzeugt wurde. Während sich die Flügelstrukturen nur recht undeutlich im Sekundärelektronenmodus abheben, treten diese im Rückstreuelektronen-Topographie-Kontrast klar als mikrostrukturelle Erhebungen hervor. Die Rückstreuelektronen -Elementkontrast-Daten zeigen unterschiedliche, diskrete mineralogische Phasen an. So sind auf den Abbildungen nicht einheitliche Strukturen erkennbar, die ausschließlich auf den Chemismus des Gesteines zurückgeführt werden können, sondern vielmehr sowohl chemisch leichte Phasen (auf den Bildern dunkler dargestellt) als auch chemisch schwerere Phasen (auf den Bildern hell erscheinend). Innerhalb der chemisch leichteren Phase erscheint desweiteren der Verlauf der Adern heller als der Rest der Phase. Zusätzlich ist bei diesen Abbildungen eine undeutliche, mikrostrukturelle Streifung im Bereich der leichteren Phase zu erkennen (z.B. Abb. 1 F, I).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

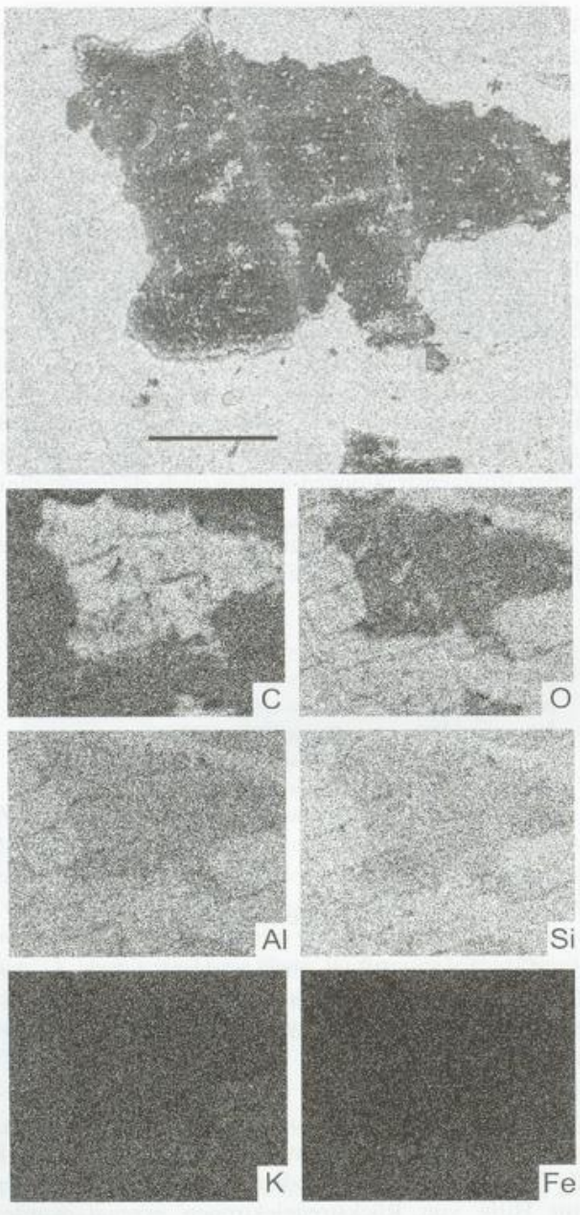


Abbildung 3: Ergebnisse einer Elementkartierung mit Hilfe der energiedispersiven Röntgenquanten-Analyse. Das oberste Bild zeigt eine rückstreuelektronengenerierte Elementkontrastaufnahme (vgl. Abb. 1 F; Maßstab = 200 μm), während die unteren Abbildungen die relativen Häufigkeiten der jeweils angegebenen Elemente auf demselben Objektausschnitt zeigen (je häufiger, desto heller).

Diese unterschiedlichen Phasen wurden durch qualitative bzw. semi-quantitative energiedispersive Röntgenquanten-Analysen (Abb. 2), sowie die Kartierung der sie aufbauenden chemischen Elemente (Abb. 3) genauer charakterisiert. Prinzipiell besitzen die im Elementkontrast-Bild unterscheidbaren Phasen einen qualitativ identischen Chemismus: beide Phasen werden durch die chemischen Elemente (in Reihenfolge zunehmender Ordnungszahlen) Kohlenstoff, Sauerstoff, Aluminium, Silizium, Kalium, Kalzium und Eisen gebildet. Die Peak-Höhe der Elementspektren (Abb. 2A und B) erlaubt eine semi-quantitative Abschätzung der Konzentration des jeweiligen Elementes. Beim Vergleich der Spektren wird deutlich, dass die chemischen Elemente in nahezu identischen Konzentrationen vorhanden sind mit Ausnahme der Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff. Während der Kohlenstoff in deutlich geringerer Konzentration in der chemisch schwereren Phase vorhanden ist (Abb. 2A), dominiert dieses Element klar die Zusammensetzung der chemisch leichten (im Elementkontrast-Bild dunkleren) Phase (Abb. 2B). Eine Kartierung der wichtigsten Elemente (Abb. 3) zeigt auch, dass diese Phase geringere Konzentrationen von Si, Al und K enthält als die schwere Phase, während bei Fe keine deutlichen Unterschiede zwischen den Phasen zu erkennen sind. Bei der Kartierung der chemischen Elemente fällt desweiteren auf, dass bei C, Si und Al im Bereich der Aderung geringere, sowie bei O stärkere Signalintensitäten gemessen wurden.

4 Diskussion

Während bisher bei der Untersuchung von fossilen Arthropoden aus kontaktmetamorphen Sedimenten des saarpfälzischen Rotliegend lichtmikroskopische Verfahren eine breite Verwendung fanden (z.B. REIS 1913; GUTHÖRL 1934; MALZ & POSCHMANN 1993; UHL 1999, 2002; HÖRNSCHEMEYER & STAPF 2001; POSCHMANN & SCHINDLER 2004), wurden elektronenoptische Methoden bislang noch nicht angewendet. Wie die von uns vorgestellten Ergebnisse zeigen, können solche elektronenoptische Methoden jedoch eine Fülle zusätzlicher Informationen über die Morphologie (z.B. mikrostrukturelle Streifung) und Geochemie solcher Objekte liefern.

Bei den Untersuchungen stellte es sich heraus, dass die reine sekundärelektronenoptische Analyse, ein weitverbreitetes Standardverfahren, im Falle des von uns gewählten Untersuchungsobjekts nur zu unbefriedigenden Resultaten führte. Der Einsatz von rückgestreuten Elektronen hingegen lieferte exzellente morphologische (Topographiekontrast) und geochemische (Elementkontrast) Ergebnisse. So ist zum Beispiel die mikrostrukturelle Streifung im Bereich der leichteren Phase am besten im rückstreuelektronengenerierten Elementkontrastbild erkennbar, während der Verlauf der Aderung am besten im ebenfalls durch Rückstreuelektronen erzeugten Topographiekontrast erkennbar ist.

Die bei der Elementkartierung beobachteten, erhöhten C-Konzentrationen in bestimmten Bereichen des Flügels können wahrscheinlich dahingehend interpretiert werden, dass es sich dabei um Reste der ursprünglichen organischen Substanz handelt, was schon früher vermutet wurde (z.B. POSCHMANN & SCHINDLER 2004). Vergleichbare organische Reste wurden

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

auch bereits aus der berühmten mittelkambrischen Fossillagerstätte des Burgess Shale (British Columbia, Kanada) beschrieben. So konnte (BUTTERFIELD 1990, 1996) zeigen, dass bei einigen Organismen aus dieser Fundstelle noch ein dünner Film organischen Kohlenstoffs isoliert werden kann. Das Vorhandensein dieses Kohlenstoffs wurde dabei mit der Inhibition von Zersetzungsprozessen unter anaeroben Bedingungen erklärt, die zu einer Überlieferung der organischen Substanz geführt haben könnten. Ähnlich wie bei verschiedenen Taxa aus kontaktmetamorphen Sedimenten zeigen diese Fossilien aus dem Burgess Shale eine hohe Reflektivität unter Auflicht, was von BUTTERFIELD (1990, 1996) durch eine mögliche Alteration des Kohlenstoffs zu Kerogen und Graphit erklärt wurde. Nach HARDING (persönliche Mitteilung in BUTTERFIELD 1996) fand diese thermische Alteration der Burgess Shale Fossilien bei Temperaturen zwischen 250°C und 280°C statt. Im Prinzip vergleichbare Bedingungen können auch für viele fossile Arthropoden in kontaktmetamorphen Sedimenten des Saar-Nahe-Beckens angenommen werden. Jedoch fehlen hier noch detaillierte Untersuchungen zur Intensität der kontaktmetamorphen Überprägung an den einzelnen Fundstellen, die eine genauere Spezifizierung der Alterationsbedingungen erlauben würden.

Bei den messbaren Signalunterschieden (Elementkontrast und Elementkartierung) im Bereich der Aderung ist momentan noch unklar, ob es sich [1] um unmittelbare Signale aus der organischen Substanz, [2] um eine Abschirmung der Reststrahlung aus dem angeregten Untergrund, oder aber [3] um einen topographischen Effekt handelt, der zur einer scheinbaren Abreicherung bzw., im Falle des Sauerstoffs, Anreicherung führt.

Obwohl noch einige Fragen offen bleiben, zeigen die hier vorgestellten ersten Ergebnisse unserer Pilot-Studie, dass die verwendeten Methoden ein großes Potential für weitergehende Untersuchungen zur Taphonomie und Diagenese von Arthropoden (und anderen Organismengruppen) in „kontaktmetamorphen" Sedimenten haben.

5 Danksagungen

Wir danken Frau Dipl.-Phys. Susanne Uhl (Neustadt an der Weinstrasse) für die logistische Unterstützung, sowie Frau Dr. Ines Dünkel (Tübingen) für hilfreiche Diskussionen zur Thematik.

6 Literaturverzeichnis

BOY, J.A. (1976): Überblick über die Fauna des saarpfälzischen Rotliegenden.— Mainzer geowiss. Mitt., **5**: 13 – 85, Mainz.

BOY, J.A. (1996): Ein neuer Eryopoide (Amphibia: Temnospondyli) aus dem saarpfälzischen Rotliegend (Unter-Perm; Südwest-Deutschland).— Mainzer geowiss. Mitt., **25**: 7 – 26, Mainz.

BOY, J.A. & FICHTER, J. (1982): Zur Stratigraphie des saarpfälzischen Rotliegenden (?Ober-Karbon - Unter-Perm; SW-Deutschland).— Zt. dt. geol. Ges., **133**: 607 – 642, Hannover.

BUTTERFIELD, N.J. (1990): Organic preservation of non-mineralizing organisms and the taphonomy of the Burgess Shale.— Paleobiology, **16**: 272 – 286, Lawrence/Kansas.

BUTTERFIELD, N.J. (1996): Fossil preservation in the Burgess Shale: reply.— Lethaia, **29**: 109 – 112, Oslo.

FLEGLER, S.L.; HECKMAN, J.W. & KLOMPARENS, K.L. (1995): Elektronenmikroskopie, Grundlagen, Methoden, Anwendungen.— 279 S. (Spektrum Akademischer Verlag) Heidelberg, Berlin, Oxford.

GUTHÖRL, P. (1934): Die Arthropoden aus den Carbon und Perm des Saar-Nahe-Pfalz Gebietes.— Abh. preuß. geol. Landesanstalt, N. F. **164**: 1 – 129, Berlin.

HEIDTKE, U. (1982): Der Xenacanthide *Orthacanthus senckenbergianus* aus dem pfälzischen Rotliegenden (Unter-Perm).— Mitt. POLLICHIA, **70**: 65 – 86, Bad Dürkheim.

HEYLER, D. (1990): Sur la presence de l´espèce *Aeduella blainvillei* (Pisces, Actinopterygii) dans le Permien inférieur de la Sarre.— Bull. Soc. Hist. nat. Autun, **135**: 17 – 32, Autun.

HÖRNSCHEMEYER, T. & STAPF, H. (2001): Review of Blattinopsidae (Protorthoptera) with description of new species from the Lower Permian of Niedermoschel (Germany).— N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **221**: 81 – 109, Stuttgart.

JORDAN, H. (1847): Entdeckung fossiler Crustaceen im Saarbrücken´schen Steinkohlengebirge.— Verh. naturhist. Ver. preuß. Rhlde. u. Westf., **4**: 89 – 92, Bonn.

MALZ, H. & POSCHMANN, M. (1993): Erste Süßwasser-Limuliden (Arthropoda, Chelicerata) aus dem Rotliegenden der Saar-Nahe-Senke.— Osnabr. naturwiss. Mitt., **19**: 21 – 34, Osnabrück.

ORR, P.J.; BRIGGS, D.E.G. & KEARNS, S.L. (1998): Cambrian Burgess shale animals replicated in clay minerals.— Science, **281**: 1173 – 1175,

POSCHMANN, M. & SCHINDLER, Th. (1997): Ein Neufund von *Fayolia* sp. (Chondrichthyes; Hai-Eikapsel) mit paläoökologischen Anmerkungen zum Fundhorizont (Niedermoschel-Bank, Unteres Rotliegend; Saar-Nahe-Becken).— Mainzer geowiss. Mitt., **26**: 25 – 36, Mainz.

POSCHMANN, M. & SCHINDLER, Th. (2004): Sitters und Grügelborn, two important Fossil-Lagerstaetten in the Rotliegend (?Late Carboniferous - Early Permian) of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany), with the description of a new palaeoniscoid (Osteichthyes, Actinopterygii).— N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **232**: 283 – 314, Stuttgart.

REIS, O.M. (1913): Über einige im Unter- und Oberrotliegenden des östlichen Pfälzer Sattels gefundene Tierreste.— Geogn. Jh., **25**: 237 – 254, München.

SCHINDLER, Th. (1997): Neue lithostratigraphische Leithorizonte im unteren Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens (U. Perm, SW-Deutschland). 1. Leithorizonte der lithostratigraphischen Einheit Lauterecken- bis Odernheim-Schichten L-O 5 (Boy & Fichter).— Mainzer geowiss. Mitt., **26**: 37 – 44, Mainz

SCHMIDT, P.F.; BALK, L.J.; BLASCHKE, R.; BRÖCKER, W.; DEMM, E.; ENGEL, L.; GÖCKE, R.; HANTSCHE, H.; HAUERT, R.; KREFTING, E.R.; MÜLLER, T.; RAITH, H.; ROTH, M. & WOODTLI, J. (1994): Praxis der Rasterelektronenmikroskopie und Mikrobereichsanalyse.— 810 S., (Expert-Verlag) Renningen-Malmsheim.

SCHOPF, J.M. (1975): Modes of fossil preservation.— Rev. Palaeobot. Palynol., **20**: 27 – 53, Amsterdam.

UHL, D. (1999): Syncarids (Crustacaea, Malacostraca) from the Stephanian D (Upper Carboniferous) of the Saar-Nahe-Basin (SW-Germany).— N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1999 (11): 679 – 697, Stuttgart.

UHL, D. (2002): *Uronectes fimbriatus* (Syncarida, Malacostraca) aus dem Rotliegend (Ober-Karbon - Unter-Perm) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland).— Mitt. POLLICHIA, **89**: 43 – 56, Bad Dürkheim.

UHL, D. & KERP, H. (2002): Preservation of fossil plants from the Zechstein (Upper Permian) of Central Europe.— Freiberger Forschungshefte C 497- Paläontologie, Stratigraphie, Fazies, **10**: 29 – 43, Freiberg.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Anschriften der Autoren:

PD Dr. Dr. Michael Montenari
Institut für Geowissenschaften
Abteilung Geodynamik
Eberhard Karls Universität Tübingen
Sigwartstraße 10
D-72076 Tübingen
E-Mail: michael.montenari@uni-tuebingen.de

PD Dr. Dieter Uhl
Laboratory of Palaeobotany and Palynology
Utrecht University
Budapestlaan 4
3584 CD Utrecht
Niederlande
E-Mail: dieter.uhl@gmx.de

sowie:

Villenstraße 13
D-67433 Neustadt an der Weinstraße
(Korrespondenzanschrift)

Eingang des Manuskripts bei der Schriftleitung:
05.11.2004

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: 91

Autor(en)/Author(s): Montenari Michael, Uhl Dieter

Artikel/Article: Mikroanalytische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Taphonomie von Arthropoden in "kontaktmetamorphen" Sedimenten - Erste Ergebnisse 13-20