

# fossilien

## Erdgeschichte erleben

[www.fossilien-journal.de](http://www.fossilien-journal.de)



• **Fotografie von Mikrofossilien**

• **Die Gastlosen-  
Gebirgskette**

• **Lukanische  
Dolomiten**

• **Muschelkalkbonebed  
von Rüdersdorf**



4 Die Gastlosen-Gebirgskette

T

Florian Rauscher & Matthias Geyer

**Gastlosen – eine Zeitreise von 175 Millionen Jahren in 5 Stunden**

4

L

Günter & Susanne Schweigert

**Die Lukanischen Dolomiten – Tiefsee-Ablagerungen in der Basilikata**

16

A

Mirco Alberti

**Der Trilobit Kettneraspis Prantl & Přibyl, 1949 im Hunsrück-schiefer**

24

H

Enrico Bonino

**Makro-Extremfotografie und ihre Anwendung bei Mikrofossilien**

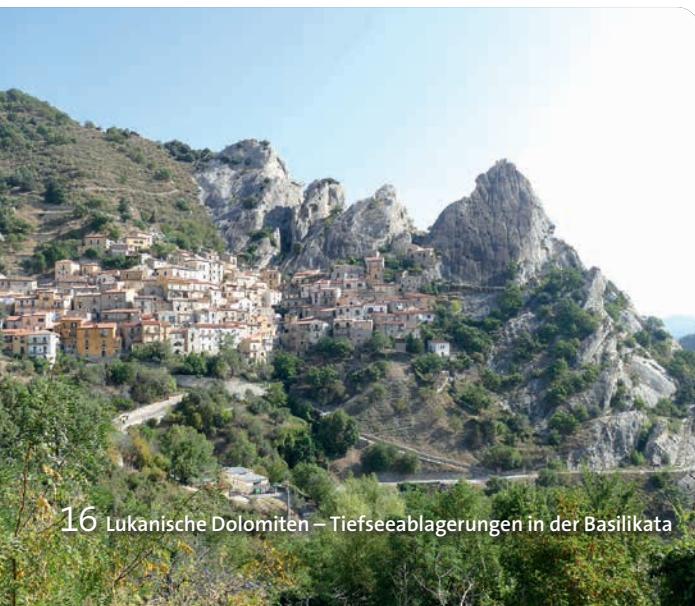
29

N

Wilfried Rosendahl

**Der Weinheimer Mammutschädel und die Radiokarbonmethode**

38



16 Lukanische Dolomiten – Tiefseeablagerungen in der Basilikata



24 Der Trilobit Kettneraspis Prantl & Přibyl



Frank Rudolph

**Der Urzeithof in Stolpe**

43

Frank Siegel

**Das Rüdersdorfer Bonebed**

48



**Wissenswertes**

61

**Rezensionen**

62

**Impressum**

65

FOSSILIEN-Artikel sind einzeln als PDF-Download auf [fossilien-journal.de](http://fossilien-journal.de) erhältlich – jetzt auch zahlbar mit PayPal

**Titelbild**

Makroaufnahme von *Lagena cf. striata*, Argille di Ortovero Formation, Pliozän, Ligurien, Italien. Foto: Enrico Bonino



# Makro-Extremfotografie und ihre Anwendung bei Mikrofossilien

Die Techniken der Bilderfassung mittels fotografischer Systeme, der Mikroskopie oder der Astronomie haben mich schon in jungen Jahren fasziniert. Jüngste technische Entwicklungen haben mich angeregt, mich dem Thema der Makro-Extremfotografie intensiver zu widmen. Es ist gar nicht nötig, weit zu reisen, um Motive zu finden. Um die Erforschung der mikroskopischen Welt des Sichtbaren zu beginnen, kann man zu Hause alles finden, was man dazu braucht: ein Samenkorn, ein Salz- oder Zuckerkorn, ein Insekt auf der Fensterbank oder eben die kleinen Schätze, die im Sand verborgen sind und manchmal schon Millionen von Jahren alt sind. Die Paläontologie ist eines meiner wichtigsten Hobbys und hierbei sind die Mikrofossilien ein Schwerpunkt. Schon in einer kleinen Mergel- oder Sandsteinprobe können Dutzende von Exemplaren gefunden wer-

*Alles begann mit einem Projekt, das ich auf YouTube gesehen hatte. Es heißt „Microsculptures“ und war vom englischen Fotografen Levon Biss entwickelt worden. Begleitet von einem wunderschönen Buch stellt dieser Autor Insekten aus allen Teilen unseres Planeten vor, fotografiert mit einer Makro-Extremtechnik in beeindruckender Detail- und Bildqualität.*

den. Der Prozess der Probenaufbereitung ist nach meiner Erfahrung der komplexeste und mühsamste Teil. Die Feinfraktion muss von den Objekten sauber abgetrennt werden. Die Techniken dafür sind vielfältig, aber im Wesentlichen gehen wir nach der Zerkleinerung des Gesteins in Partikel unter einem Zentimeter Durchmesser so vor, dass wir entweder Essigsäure verwenden, die als milde Säure die Oberfläche der Mikrofossilien nicht beeinträchtigt, oder die Probe mit Wasserstoffperoxid in hoher Konzentration und/oder mit Tensiden behandeln, um die einzelnen Individuen von der Matrix trennen zu können. Dann werden mehrere Wasch- und Siebvorgänge zur Beseitigung der größten Teile durchgeführt. Die fossilhaltigen Sande werden schließlich in einen Ultraschallbehälter gegeben und gewaschen. Diese Vorgehensweise stellt sicher, dass das feine Material auf optimale Weise entfernt wird, so dass die Objekte dann bereit für Fotos sind (1, 2).

Die interessanten Motive, die dann fotografiert werden sollen, können ganz verschiedene Dimensionen haben, von Millimetergröße, wie kleine Gastropoden, Moostierchen, Haifischzähne oder Korallen bis hinunter zu deutlich kleineren Dimensionen, wie bei Foraminiferen, Ostrakoden, Conodonten, Scolecodonten, Schwammnadeln und dann noch weiter



1: Foraminifere Melonis sp. aus der Tonformation von Ortovero, Pliozän (Ligurien, Italien), mit Acrylkleber auf der Spitze einer Stecknadel fixiert. Ziel 4x PLAN.



2: Sande aus dem Maastrichtium der Phosphatablagerungen Marokkos, aufbereitet für die Stereoskop-Analyse.

hinunter in die Welt der Diatomeen und Radiolarien. Nachfolgend werden die Techniken, Werkzeuge und Optiken erläutert, die für die Durchführung der Aufnahmen erforderlich sind.

Mit dieser mikroskopischen Welt hat sich mir ein äußerst faszinierendes und weitgehend unbekanntes Universum offenbart. Ich hoffe, dass ich auf den folgenden Seiten die Schönheit enthüllen kann, die sich in diesem „Staub“ verbirgt.

## Die fotografische Technik

Durch die Verwendung einer digitalen Spiegelreflexkamera (derzeit eine einfache Nikon D3300 der Einsteigerklasse), von Verlängerungsrohren mit genau definierter Länge und einer mikroskopischen Optik als Aufnahmehilfe ist es möglich, Zugang zu diesem komplexen und faszinierenden Universum zu erhalten. Mit den Mikroskopie-Objektiven können sehr hohe Vergrößerungen erreicht werden, die weit über den in der klassischen Makrofotografie erreichbaren liegen. Dies setzt allerdings voraus, dass das Gesamtsystem auf interne Vibrationen der Kamera und externe Vibrationen in der Umgebung sehr unempfindlich reagiert. Dies sind beispielsweise die Bewegung des Spiegels und des Verschlusses im Kameragehäuse. Sie haben einen erheblichen Einfluss auf das Endergebnis. Deswegen ist dringend zu empfehlen, die Aufnahme mit aktivierter Live-Ansicht durchzuführen, um den Spiegel in angehobener Position zu arretieren und so die Mikrovibrationen zu eliminieren, die während seiner Bewegung entstehen.

Die neue spiegellose Technologie hilft, solche Vibrationen zu eliminieren, da sie keine mechanisch bewegten Teile hat, aber leider ist der Preis dieser Kameras noch immer sehr hoch. Vibrationen, die aus der Umgebung stammen, wirken sich aber eben-

falls stark auf die fotografische Leistung aus, so dass Antivibrationsfüße und eine stabile, starre Unterlage unerlässlich sind. Bei der Arbeit mit hoher Vergrößerung, z.B. bei der Aufnahme von Kieselalgen oder Radiolarien mit einem 50-fachen Objektiv, genügt es, dass ein Auto auf der Straße vorbeifährt, sich eine Person im Raum bewegt oder manchmal auch nur die eigene Atmung, um die daraus resultierenden Vibrationen auf dem an die Kamera angeschlossenen LCD-Bildschirm wahrzunehmen.

In engem Zusammenhang mit der Art der verwendeten Beleuchtung steht die Fähigkeit des Sensors, Licht zu erfassen. Um Bilder mit möglichst geringem Hintergrundrauschen und damit schärfer zu erhalten, ist es notwendig, mit niedrigen ISO-Werten zu arbeiten. ISO 100 ist in der Regel der von mir verwendete Standardwert. Optimale technische Bedingungen erhält man, wenn man die Nennempfindlichkeit des Sensors, d.h. diejenige, für die er konzipiert wurde, ohne digitale Interpolation zur Erhöhung oder Verringerung seines Werts verwendet. Dieser Wert ist im Handbuch oder meistens auch auf dem Maschinenkörper angegeben. Niedrigere ISO-Werte, falls verfügbar, sind zu empfehlen, während eine Erhöhung der Lichtempfindlichkeit des Sensors, d.h. eine Erhöhung des ISO-Werts, auch das Hintergrundrauschen erhöht und damit die Qualität des aufgenommenen Bilds verringert. Die Verwendung niedriger ISO-Werte erhöht aber die Belichtungszeit und erhöht den Stromfluss durch den Sensor. Dadurch erwärmen sich die Fotozellen, was wiederum ein digitales Rauschen verursachen kann. Persönlich arbeite ich im Allgemeinen mit Belichtungszeiten zwischen 1/10 und 1 Sekunde, was ausreicht, um ein korrektes Bild zu erhalten.

Besondere Aufmerksamkeit sollte dem Histogramm geschenkt werden, das sich auf die vom Sensor aufgezeichnete Lichtmenge bezieht (3). Wenn ein schwarzer Hintergrund verwendet wird, entsteht eine asymmetrische Kurve, die nach links tendiert (dunklere Töne, d.h. weniger Licht, das zum Sensor reflektiert wird). Es ist wichtig, die Belichtungszeiten ändern zu können, um keine Über- oder Unterbelichtung des aufzunehmenden Objekts zu erhalten. Um dies zu vermeiden, ist eine korrekte Werteverteilung entlang der Verteilungskurve sicherzustellen. Die Individualisierung einer homogenen „grauen“ Zone



3: Lichtverteilung, die von dem im Histogramm auf dem LCD-Bildschirm dargestellten Sensor während einer fotografischen Aufnahme von Radiolarien aufgezeichnet wurde.

und möglichst nahe am Kodak-18%-Karton, auf dem die Belichtung basiert, ist sicherlich hilfreich. Die Aufnahme des Bilds einer homogenen Graufläche (wie dieser Kodak-Referenz) unter denselben Beleuchtungsbedingungen ermöglicht nach der Verarbeitung eine Farbkalibrierung, was die Erhaltung von Tönen und Farbwerten erleichtert.

## Die verwendeten Objektive

In der Mikroskopie verwenden wir verschiedene Arten spezifischer Optiken (4). Für unsere Anwendungen beschränken wir die Auswahl auf diejenigen für Beobachtungen im klaren Licht. Wichtig ist, dass sie für die Verwendung ohne Objektträger vorgesehen sind, gekennzeichnet mit dem Symbol „,0“ oder dem Symbol „,-“, für diejenigen, die bei jeder Dicke gleich gut arbeiten (siehe Abb. 5). Ein weiteres Charakteristikum der betreffenden Optiken ist der extrem geringe Arbeitsabstand, von wenigen Millimetern bis zu einigen Zehntel für diejenigen mit extremer Vergrößerung. Glücklicherweise gibt es Versionen für große Entfernungen wie LW, UL, LWD und andere Akronyme, die je nach Hersteller variieren. Daneben gibt es zwei sehr unterschiedliche Kategorien:

**Finite-Optik:** Hier tritt das Bild aus dem Objektiv divergent aus und das Zwischenbild wird in einem definierten Abstand fokussiert. Um die gebräuchlichste Länge von 160 mm zu erreichen, reicht es

4: Satz von Mikroskopieobjektiven, die in Kombination mit der Kamera zur Aufnahme von Makro-Extremfotos verwendet werden.



aus, sie auf ein Distanzrohr mit einer Länge von 160 mm (oder wie auf dem Bild angegeben) zwischen Anschlag und Sensor zu montieren. Einige Optiken können mehr oder weniger große Schwankungen dieses Abstands ausgleichen, bei anderen treten sehr offensichtliche Abbildungsfehler auf.

**Unendlich konjugierte Optik:** Das Bild tritt mit einem parallelen Strahl aus und fokussiert auf unendlich. Um dies in einem nutzbaren Abstand zu transformieren, wird eine Linse, ein sogenannter Tubus, in den Strahlengang eingeführt. Er hat die Aufgabe, den Strahl zur Bildung des Zwischenbilds zu konvergieren. Dieses System hat den Vorteil, dass es in der Lage ist, jedes beliebige optische System zwischen Linse und Tubuslinse einzuführen, ohne eine Korrektur vornehmen zu müssen.

In der Makrofotografie wird anstelle des Tubusobjektivs eine Optik verwendet, deren Fokus auf unendlich eingestellt ist. Je größer die Brennweite, desto höher die resultierende Vergrößerung, weshalb in der Regel 150–200-mm-Teleobjektive verwendet werden. In meinem eigenen System verwende ich eine Raynox DCR-150-Linse, deren Position für den Einsatz bei höheren Vergrößerungen umgekehrt werden kann. Diese Linse zeichnet sich durch drei bis vier mehrfachbeschichtete achromatische Glaselemente aus, die einen hohen optischen Index aufweisen, welcher es ermöglicht, extrem scharfe Bilder mit einem minimalen chromatischen Abbildungsfehler zu erhalten.

Bei der Verwendung von Mikroskopieobjektiven ist der Tiefenschärfenbereich extrem reduziert. Dies erfordert die Aufnahme zahlreicher Einzelbilder (Dutzende oder sogar Hunderte von Bildern hintereinander), damit das Motiv in der gesamten Ausdehnung scharf erscheint. Diese Bildserien, die in Schritten von einigen zehn Mikrometern (manchmal sogar nur einem Mikrometer oder Bruchteilen davon) aufeinander folgen, werden dank der mechanischen Bewegung einer motorisierten Plattform erfasst, die mit der Kamera verbunden ist und von einem Mikrocomputer gesteuert wird. Letzteres erlaubt es, Parameter



- 5: Allgemeine Beschreibung eines Objektivs.  
 1. Befestigungsgewinde;  
 2. Art der Korrektur optischer Abbildungsfehler (Optical Aberration Correction);  
 3. Vergrößerung;  
 4. Numerische Blende;  
 5. Bildabstand;  
 6. Arbeitsabstand;  
 7. Deckglasdicke;  
 8. Vergrößerungs-Farbcode)

wie den Beginn und das Ende der Aufnahmen, den Vorrätschritt sowie die Pausenzeiten vor und nach der Bildaufnahme zu definieren. Die in den Fototafeln dieses Artikels gezeigten Fotografien wurden mit folgender Optik aufgenommen:

- Componon-S 2.8/50 (Arbeitsabstand ca. 60 mm), von Schneider-Kreuznach, invertiert. Eine hervorragende Optik für Objekte im Millimeterbereich, wie Gastropoden, Zähne, Moostierchen, Stachelhäuter;
- Mitutoyo 2.5x QV (Arbeitsabstand 33 mm) – dank der nahezu perfekten Qualität der Optik können Sie in einem Bereich von Vergrößerungen bis zu 6x arbeiten – und LOMO 3.7x/0.11, Arbeitsabstand 27 mm), ein Objektiv russischer Herkunft, das für die hervorragende Qualität seiner Optik und der erzeugten Bilder bekannt ist. Diese beiden Objektive werden für Objekte im Größenbereich zwischen 1 mm und 500 µm verwendet;
- PLAN 4x/0.10 (Arbeitsabstand 11 mm), unendliches Einstiegsobjektiv; hat eine gute Leistung und wird wie das vorherige LOMO 3.7x/0.11 für Objekte im Größenbereich zwischen 1 mm und 500 µm verwendet
- Nikon CFI Plan 10x/0.25 (Arbeitsabstand 10,5 mm), unerlässlich zur Abbildung von Foraminiferen, Scolecodonten, Conodonten, Grünalgen, Ostrakoden, Schwammnadeln;
- Olympus LWD MSPlan 20x/0.40 (Arbeitsabstand 11 mm), für kleinere Foraminiferen und Organismen mit einem Durchmesser < 150 µm;
- Olympus ULWD Neo SPlan 50x/0.55 (Arbeitsabstand 8,10 mm), für Objekte mit einer Größe von weniger als 100 µm, wie z.B. Radiolarien, Kieselalgen oder Mikroforaminiferen.

Die Informationen auf dem Objektivtubus sind wichtig, um dessen optische Eigenschaften und Funktion zu erkennen. Abbildung 5 zeigt eine schematische Darstellung der Bedeutung der Zahlen und Symbole.

## Beleuchtung

Sehr wichtig ist die Art der Beleuchtung, die eine möglichst homogene Lichtstreuung liefern muss, wobei die Bildung unerwünschter Lichtreflexe oder von Schlagschatten vermieden werden muss, es sei denn, es ist beabsichtigt, bestimmte Strukturen hervorzuheben. Verschiedene Arten von Lichtquellen können mit LED-Paneele erreicht werden. Meine persönliche Konfiguration besteht aus zwei LED-Paneele, die ein weißes Licht mit 4000 Kelvin, 1600 Lumen und einer Leistung von jeweils 20W erzeugen (6).

## Die Zusammenstellung des Systems

Nach der Beschreibung der Fototechnik und der wichtigsten zu berücksichtigenden Parameter gehe ich nun kurz auf die derzeitige Konfiguration des Erfassungssystems ein, hier kurz „System“ genannt (7). Die Aufnahme von Mikrofossilien setzt zunächst die Möglichkeit voraus, das Objekt auf einem horizontalen Schlitten zu positionieren. Daher werden die Kamera und der motorisierte Schlitten senkrecht installiert und fest auf einer Aluminiumplatte mit V-Slot-Platte fixiert. Das Ganze ist mit einem Rahmen aus Standard-Aluminium-Strangpressprofilen im Format 30x30 verbunden und ruht auf einer Holz-Verbundplatte auf Gummifüßen, um Vibratiorien zu dämpfen.

Der Computer, der die motorisierte Platte steuert, ist sowohl mit dem Motor als auch mit der Kamera verbunden; die Befehle werden über eine Infrarot-Fernbedienung kommuniziert. Auf dem Markt gibt es viele motorisierte Systeme, die es ermöglichen, mit dieser Makro-Extremtechnik Bilder in sehr hoher Auflösung zu erhalten. Das von mir benutzte System ist das von [www.mjkzz.de](http://www.mjkzz.de) vorgeschlagene QOOL-Modell. Der 400-Schritt/Drehzahl-Motor ermöglicht präzise Bewegungen ohne Vibrationen. Die Paneele und flexiblen LED-Leuchten sind an einem externen Rahmen befestigt, der vom Hauptrahmen getrennt ist, um keine Vibrationen auf die Säule mit der Kamera zu übertragen. Schließlich wird ein Sieben-Zoll-Bildschirm an die Kamera angeschlossen. Dieser Bildschirm ist besonders nützlich, um den Anfangs- und Endpunkt für die vollständige Scharfstellung des Motivs korrekt zu bestimmen und um die Verschlusszeit und das Farbverteilungshistogramm korrekt anzuzeigen. Die zu fotografierende Probe wird mit Hilfe eines Stereoskops und einem Zahnstocher ausgewählt und auf einen Objekträger gelegt. Der Schlitten ruht auf einer Ebene, die in einer Höhe von etwa 20 cm von der Basisplattform entfernt befestigt

ist, die ihrerseits mit schwarzem Samt überzogen ist. Das Objekt befindet sich dann in der Regel etwa 1cm von der Basis des Objektivs entfernt (siehe Tabelle mit der Liste der Objektive und dem relativen Arbeitsabstand). Um das Objekt herum, auf der Glasoberfläche aufliegend, befindet sich ein zylindrischer Diffusor mit variablem Durchmesser (8–14 cm). Dieser ermöglicht eine möglichst homogene Lichtstreuung. Ich selbst habe Joghurtgläser, Tischtennisbälle, Gläser und Plastikzyliner mit Zeichenpapier und/oder halb-transparentem Pauspapier in verschiedenen Größen als Diffusoren eingesetzt (8). Wichtig ist dabei, dass das Papier weiß ist, um keine unerwünschten Farbabweichungen hervorzurufen, und dass es eher dünn ist, damit die Farben des Motivs während der Aufnahme nicht verändert werden. Das Papier, das üblicherweise für Fotokopien benutzt wird, ist für diese Zwecke brauchbar.

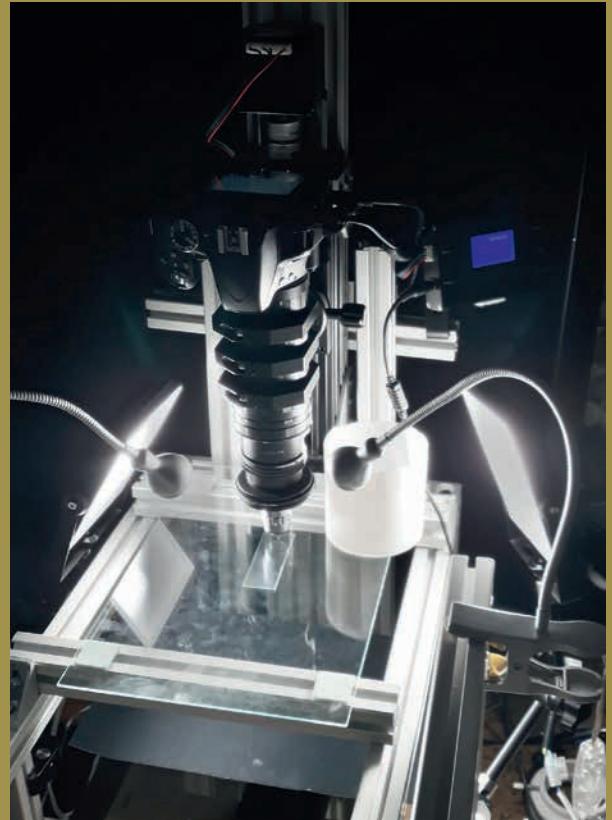
## Die Software

Die Bilder werden im ursprünglichen raw-Format, 16 Bit oder mit der höchsten vom Sensor erzielbaren Bit-Anzahl aufgezeichnet, importiert und mit einer speziellen Software digital entwickelt. Es gibt viele Programme, sowohl frei verfügbare als auch kommerzielle, die es ermöglichen, Kompilierungen von Bildern sehr schnell und effektiv durchzuführen. Die am häufigsten verwendeten sind Zerene Stacker (<https://zerenesystems.com/>) und Helicon Software (<https://www.heliconsoft.com>). Beide arbeiten mit jpg- und tif-Formaten, haben eine ähnliche Funktionalität und sind mit komplexen Algorithmen ausgestattet, die Hunderte von Bildern in extrem kurzer Zeit verarbeiten können und so ein perfektes Bild des gesamten Motivs liefern. Diese Technik der Überlappung, der geometrischen Korrektur und der Kombination von Bildern wird Fokus-Stacking genannt. Um alle mit dem Bild verbundenen Informationen (Metadaten) zu erhalten und um die Parameter bei der Nachbearbeitung ändern zu können (Farbdynamik, geometrische Korrektur), wird das Ergebnis der Komposition in .dng (Digital Negative, ein von Adobe entwickeltes offenes Format) oder in .tif gespeichert, da hier später noch grundlegende Einstellungen für eine rigorose farbmétrische Kalibrierung des Motivs möglich sind. Eventuelle Defekte, wie z. B. Staubkörner auf der Probe oder dem Kamerasensor, werden abschließend mit den Werkzeugen der Bildbearbeitung entfernt.

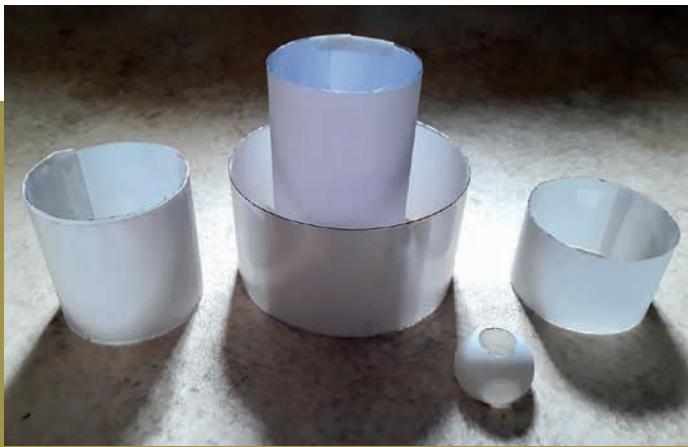
Falls es notwendig ist, die Schärfe und den Kontrast der Details zu erhöhen, werden die in der Erweiterung Sharpen AI (<https://topazlabs.com/sharpen-ai/>)



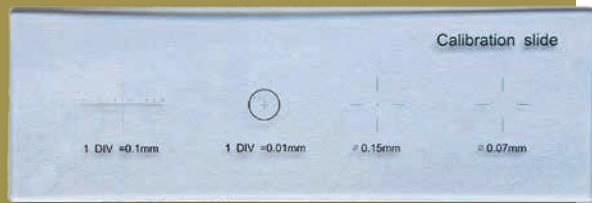
6: Zwei flexible LED-Lampen beleuchten ein Objekt. Für das Foto wurde der zylindrische Diffusor entfernt.



7: Das „System“: LED-Seitenwände und Schlauchbeleuchtung sind in der Mitte des Bildes sichtbar. Die Kamera ist auf der motorisierten Plattform befestigt, die vom Computer gesteuert wird, sichtbar auf der rechten Seite, die die mikrometrischen vertikalen Bewegungen des Systems ermöglicht (Modell QOOL von [www.mjkzz.de](http://www.mjkzz.de)). Die Halterung mit dem zu fotografierenden Objekt ist eine Glasplatte, auf der auch der zylindrische Diffusor ruht (zur Darstellung der Linse entfernt). Der Sockel ist mit einem schwarzen Samttuch bedeckt, das am unteren Bildrand sichtbar ist.



8: Diffusoren aus durchsichtigen Fruchtsaftflaschen, halbstarren Plastikfolien oder Tischtennisbällen, richtig geschnitten.



9: Glas mit eingravierten mikrometrischen Skalen, die zur Berechnung der Vergrößerung und Größe von Mikrofossilien verwendet werden können.

verfügbarer Filter angewandt. Da es sich um Mikrofossilien handelt, ist es wichtig, eine Skala einzufügen, um die Größe des Objekts zu definieren. Für jede Linsenkonfiguration/Tubuslänge wird eine auf einem Objektträger eingeschriebene Mikrometerskala fotografiert und aufgezeichnet (9). Die Kalibrierung wird bei der Bildverarbeitung durchgeführt und als Balken in mikrometrischen Einheiten dargestellt. Um den Vergrößerungsfaktor zu berechnen, wird die Breite des vom Foto abgedeckten Felds mit Hilfe der verfügbaren Millimeter- oder Mikrometerskala gemessen und dieser Wert teilt dann die Breite des Kamerasensors. Die Nikon D3300 hat beispielsweise einen Sensor mit einer Breite von 23,5 mm. Für andere Modelle kann der korrekte Wert in der Bedienungsanleitung der Kamera oder im Internet gefunden werden. Der Detailgrad, der mit dieser Technologie erreicht werden kann, ist beachtlich. Mit der aktuellen Konfiguration und unter Verwendung der Olympus 50x-Linse ist es möglich, Poren mit einem Durchmesser von etwa 1 µm am Gehäuse einer Radiolarie darzustellen und zu messen. Der gesamte Erstellungsprozess, angefangen von der Positionierung des zu fotografierenden Objekts bis zur Speicherung des endgültigen Bilds, dauert in der Regel eine Stunde, abhängig von der Größe des Fossils und der für die Nachbearbeitung erforderlichen Zeit.

## Die Ergebnisse

Es gibt keine Mikrofossilien, die sich für Makro-Extreme besser oder schlechter eignen. Jeder Organismus besitzt seine eigene Faszination, seine eigene Morphologie und Eigenarten. Der komplexeste Teil bezieht sich hauptsächlich auf die Orientierung, die die Lichtquelle haben muss, um die Gestalt und Oberflächenstruktur des Objekts optimal herauszuarbeiten.

ten. Die Fototafeln dieses Beitrags zeigen eine Reihe von Organismen, die das Größenspektrum von etwa einem Millimeter bis zu etwas über 50 µm abdecken. Diese Mikrofossilien stammen erdgeschichtlich betrachtet aus dem Bereich vom Neoproterozoikum bis zur Gegenwart, beginnend mit den fossilen Zellen, die die Phosphorite des oberen Ediacariums in der Doushantuo-Formation von China charakterisieren, über ordovizische Conodonten und Scolecodonten, permische Charophyten-Oogenien etc. zu größeren Organismen, wie Foraminiferen, Ostrakoden, Haifischzähnen, Gastropoden und Muscheln bis hin zu winzigen Radiolarien und Kieselalgen.

**Dank:** Samir Bandak, Attilio Dalmasso, Rami Djeffal, Alex Liu, Gianpaolo di Silvestro möchte ich dafür danken, dass sie mir Zugang zu den Proben und fossilen Sanden gewährt haben, die mir einige der zahlreichen Abbildungen ermöglicht haben. Walter Biggi, Guido Gherlenda und Fabio Lena danke ich für die kritische Durchsicht des Texts und für die technische Unterstützung bei der Entwicklung und Vertiefung der Kenntnisse auf dem Gebiet der extremen Makrofotografie. Benedikt Magrean danke ich für die Übersetzung des Texts.

### Literatur zum Thema:

Biss, L. (2017): Microsculpture: Portraits of Insects. Abrams Books, New York.

<https://www.youtube.com/watch?v=urniTBDwgc0>



**Enrico Bonino**, Jg. 1966, hat einen Bachelor in Geowissenschaften (Stratigraphie u. Mikropaläontologie) an der Universität Genua. Derzeit arbeitet er als GIS Desktop Engineer bei Esri Belux in Wemmel (Belgien). Nebenberuflich ist er wissenschaftlicher Kurator am Back to the Past Museum (Cancun, Mexiko) und Autor oder Herausgeber von wissenschaftlichen Büchern und Artikeln über paläozoische Arthropoden, Fossilagerstätten und Trilobiten. Aktuell erforscht er die Möglichkeiten der Extrem-Makro-Fotografie zur Aufnahme von Mikrofossilien. E-Mail: enrico-bonino@outlook.com

250 µm



100 µm



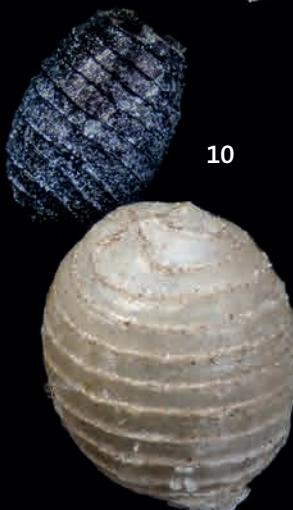
4

100 µm



5

250 µm



10

250 µm



6

250 µm



2

100 µm



7

500 µm



3

100 µm



8

100 µm



9

250 µm



11

**Tafel 1**

1. *Tianzhushania sp.*, Doushantuo Formation, Phosphat Member (Mbr4b), Ediacarium, Sample CN16-WNQ-1, Nanbao Quarry, Weng'an, Guizhou Province, Südchina.

Small Shelly Fossilien: 2: *Conotheca subcurvata*, Zhujiqing Formation, Unteres Kambrium (Terreneuvium, Meishucunium), Kunming, Jinning Co., Provinz Yunnan, China. 3. *Salterella maccullochi*, Pioche Shale, Mittleres Kambrium (Serie 2–3, Stufe 4–5), Miller Mountain, Nevada, USA.

Conodonten: 4: *Oulodus* (?) sp., 5: *Aphelognathus* (?) sp., beide Waynesville Formation, Richmond Group, Ordovicium, (Cincinnatium), Milan Co., Indiana, USA. 6: *Ozarkodina* sp., Beeckwood Limestone Member, Mitteldevon (Givetium), Speed Co., Indiana, USA. Scolecodonten: 7: *Hadopriion* sp., 8: *Atraktopriion* sp., 9: Unbestimmte Form, alle aus der Waynesville Formation, Richmond Group, Ordovicium (Cincinnatium), Milan Co., Indiana, USA.

Charophyten: 10: *Stomatochara moeyi*, Florena Shale Member, Beattie Limestone, Perm, Grand Summit, Cowley Co., Kansas, USA; 11: *Grambastichara tornata*, Colwell Bay Member, Headon Hill Formation, Ober-Eozän, Totland, Isle of Wight, UK.



### Tafel 2

1: *Hexanchus microdon*, 2: *Hadrodus (?) sp.*, beide Oberkreide (Maastrichtium), Marokko.  
 3: *Orbulina universa*, Argille di Ortovero Formation, Pliozän, Ligurien, Italien (auf einer Nadelspitze). 4: Fischkiefer, Oberkreide (Maastrichtium), Marokko. 5: Globigerinida, Argille di Ortovero Formation, Pliozän, Ligurien, Italien. 6: *Lagena cf. striata*, Argille di Ortovero Formation, Pliozän, Ligurien, Italien. 7: *Elphidium crispum*, Pino d'Asti, Pliozän, Piemont, Italien. 8: Radiolaria, Barbados, Eozän, Krantz 3-2016. 9: *Favulina hexagona*, 10: *Marginulina costata*, 11: *Amphicoryna hirsuta*, alle drei aus der Argille di Ortovero Formation, Pliozän, Ligurien, Italien.



### Tafel 3

Diatomeen: 1: *Pinnularia* sp., Rezent, Monte Amiata, Toskana, Italien. 2: *Surirella* sp. (?) sp., Recent, Toskana, Italien. 3: *Alvania* sp., 4: *Globigerinoides ruber*, 5: Serpulide, 6: Nussmuschel *Nuculana cummutata*,

Ostrakoden: 7: *Echinocythereis scabra*, 8: *Pterygocytheriis jonesii*, 9: *Uvigerina* sp., 10: Schwammnadeln, alle aus dem Argille di Ortovero Formation, Pliozän, Ligurien, Italien.

# fossilien

## Erdgeschichte erleben

Im  
38. Jahrgang

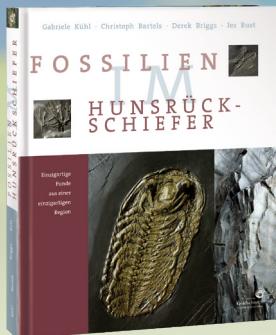
[www.fossilien-journal.de](http://www.fossilien-journal.de)

### FOSSILIEN bietet:

- » Reise- und Wandertipps zu erdgeschichtlich bedeutenden Orten
- » wissenschaftlich fundierte Berichte
- » aktuelle Highlights aus der Forschung
- » Museumsporträts
- » Wissenswertes über bedeutende Paläontologen
- » Präparationstipps
- » fachkundige Rezensionen von Neuerscheinungen
- » und vieles mehr



Der **immerwährende Fossilien-Kalender** für jeden Testabonnenten



Das Buch „Fossilien im Hunsrück-Schiefer“ für jeden Neu-Abonnenten

Wir verarbeiten Ihre personenbezogenen Daten unter Beachtung der Bestimmungen der EU-Datenschutz Grundverordnung (DS-GVO), des Bundesdatenschutz-gesetzes (BDSG) sowie aller weiteren maßgeblichen Gesetze. Grundlage für die Verarbeitung ist Art. 6 Abs. 1 DS-GVO. Unsere Datenschutzerklärung finden Sie unter [www.aula-verlag.de/datenschutz](http://www.aula-verlag.de/datenschutz).

### Absender:

Name

Straße, Nr.

PLZ, Ort

E-Mail

### Bestellschein

### Ja, ich bin an Fossilien interessiert!

Bitte schicken Sie mir das nächste Heft kostenlos und unverbindlich zur Prüfung zu.

Ich möchte FOSSILIEN intensiver kennenlernen und bestelle das **zwei Hefte umfassende Test-Abonnement** zum Preis von nur € 12,95 inkl. MwSt. und Versand. Als Dankeschön erhalte ich zusätzlich gratis einen **immerwährenden Fossilien-Kalender**.

Nur wenn ich innerhalb von 14 Tagen nach Erhalt des Probeheftes bzw. des zweiten Testheftes nichts Anderslautendes von mir hören lasse (Postkarte, Fax, E-Mail gerichtet an Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co.), möchte ich FOSSILIEN im Abonnement zum Preis von € 59,90 (Schüler/innen, Studenten/innen, Auszubildende € 42,95, Bescheinigung erforderlich) zzgl. Versand für 12 Monate beziehen. Als Begrüßungsgeschenk erhalte ich **kostenlos eine Qualitäts-LED-Leuchtlupe mit 8-facher Vergrößerung**.

Ich habe mich bereits entschieden und bestelle FOSSILIEN ab sofort bzw. ab Heft \_\_\_ im Abonnement zum Preis von € 59,90 (Schüler/innen, Studenten/innen, Auszubildende € 42,95, Bescheinigung erforderlich) zzgl. Versand für 12 Monate. Mir stehen deshalb sofort folgende Geschenke zu: **1x immerwährender Fossilien-Kalender, 1x Qualitäts-LED-Leuchtlupe, 1x Sammelordner**.

Ort, Datum

Unterschrift

**Garantie:** Ich habe das Recht, diese Bestellung innerhalb von 14 Tagen (Poststempel) schriftlich beim AULA-Verlag GmbH zu widerrufen. Zeitschriften-Abonnements können jederzeit zum Ende der Abonnementlaufzeit, spätestens jedoch 2 Monate vorher (Datum des Poststamps), gekündigt werden. Die Kenntnisnahme bestätige ich mit meiner

2. Unterschrift:

Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co.  
Abonentenservice „FOSSILIEN“  
z. Hd. Frau Britta Fellenzer  
Industriepark 3  
56291 Wiebelsheim

Fax: 06766/903-320