

**Zeitschrift:** Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure

**Herausgeber:** Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure

**Band:** 41 (1974-1975)

**Heft:** 99

**Artikel:** Über Mikroorganismen an festen Erdölbitumina in Cephaloden aus der Gemsmättli-Schicht am Pilatus (Kanton Luzern)

**Autor:** Renz, Otto

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-199746>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Über Mikroorganismen an festen Erdölbitumina in Cephalopoden aus der Gemsmättli-Schicht am Pilatus (Kanton Luzern)

mit 11 Tafeln und 1 Figur  
von OTTO RENZ<sup>1)</sup>

### Zusammenfassung

Es wurde versucht, näheres über den Lebensraum und das relative Alter von Mikroorganismen (p. 18) zu erfahren, die in Kammern von Cephalopoden beobachtet wurden. Sie finden sich hier im Grenzbereich von Bitumen und Calcitkristallen, welche in diesem eingeschlossen sind (Taf. 7a). Ergebnisse konnten erzielt werden mittels Vergleich von sich gegenüber liegenden Oberflächen am Calcit, respektive Bitumen (Taf. 10, 11).

Wahrscheinlich schon während der ersten Phasen der alpinen Orogenese, im Chattian, wurden die Hohlräume im Bitumen mit Calcitkristallen ausgefüllt (Taf. 9a). Die Zwillingslamellen, die an der Oberfläche der Kristalle gut hervortreten, zeichneten sich am entsprechenden Negativ im Bitumen deutlich ab. Das Bitumen muss sich folglich zu jener Zeit noch in einem plastischen Zustand befunden haben (Taf. 7c, 9b).

Während späteren tektonischen Phasen verfestigte sich das Bitumen allmählich infolge thermischer Einwirkung und es entstanden Spalten und «Trockenrisse» (Taf. 3a). Die dabei sich aufbauenden Spannungen an der Grenzfläche zwischen Bitumen und Calcit bewirkten die Trennung der beiden Komponenten. Es konnten somit Schichtwässer längs der Spaltensysteme durch das Bitumen bis an die Oberfläche des Calcitkristalls gelangen. Die Voraussetzungen für die Ansiedlung von Mikroorganismen im Raum zwischen Bitumen und der Calcitoberfläche waren damit gegeben (Taf. 12, 13).

Als nächster bedeutsamer Vorgang ist die Entstehung von zahlreichen Unebenheiten und Vertiefungen an der Oberfläche des Calcitkristalls, im Bereich, wo heute die Mikroorganismen angeotroffen werden (Taf. 13). Wo solche fehlen blieb die Calcitoberfläche glatt (Taf. 19c). An der Oberfläche des Bitumens dagegen, gerade gegenüber einer solchen Vertiefung im Calcit, setzten sich die Abdrücke der Zwillingslamellen ungestört fort (Taf. 14). Die Vertiefungen können folglich erst nach der Trennung des Bitumens von der Calcitoberfläche entstanden sein. Ein genetischer Zusammenhang der Oberflächenreliefs am Calcit mit dem Stoffwechsel der Mikroorganismen wird damit angedeutet (vgl. Taf. 10 mit Taf. 11).

Wahrscheinlich während einer der letzten tektonischen Ereignisse der alpinen Orogenese, als das Bitumen bereits seinen heutigen festen Zustand erreicht hatte, lagerte sich längs den Spalten amorpher Kalksinter ab. Dieser füllte die Spalten bis an die Oberfläche der Calcitkristalle (Taf. 14b) und reichte da, bis an den Grund der Vertiefungen (Taf. 15a). Die Auffüllung der Spalten im Bitumen mit Kalksinter kann demnach erst nach der Entstehung der Vertiefungen an der Calcitoberfläche stattgefunden haben.

Sowohl längs des Kontaktes des Kalksinters mit der Calcitoberfläche (Taf. 16c, d), als auch eingebettet im Sinter selbst (Taf. 16a, b), finden sich die Mikroorganismen erhalten, was eindeutig anzeigt, dass diese vor und noch während der Sinterfüllung anwesend waren. Infolge der Verstopfung der Spalten durch Sinter wurde die Zufuhr von Wasser unterbunden, was mit einer Ursache für die Zerstörung des Lebensraums der Mikroorganismen gewesen sein könnte.

Basierend auf den obigen Ergebnissen darf eine Entwicklungsdauer der Mikroorganismen angenommen werden, die der Zeitspanne zwischen der Entstehung der Spalten im Bitumen und deren Füllung mit Kalksinter entspricht. Während dieser Zeit, nehmen wir an, entstanden durch Einwirkung der Mikroorganismen auch die Unebenheiten an der Oberfläche der Calcitkristalle.

Keine brauchbaren paläontologischen Anhaltspunkte liegen vor, wann dies geschehen sein könnte. Am besten im Einklang mit den Beobachtungen wäre eine Periode gegen das Ende der alpinen Orogenese (Burdigalian-Helvetian), während der thermische Einflüsse noch wirksam waren (Taf. 12a).

<sup>1)</sup> Naturhistorisches Museum, Augustinergasse 2, 4051 Basel

## Abstract

It has been attempted to obtain details on the relative age and the living conditions of microorganisms (p. 18) observed within the camerae of cephalopoda. They occur along the fissure separating the solid oil bitumen from a calcite crystal enclosed within the bitumen (pl. 7a). Results could be obtained by comparing corresponding surfaces on the calcite and bitumen respectively (pl. 10, 11).

Presumably during the first phases of the alpine orogenesis, in the Chattian, cavities in the oil bitumen were filled with calcite crystals (pl. 9a). The prominent twin lamination at the surface of these crystals has been projected distinctly on the bitumen on the corresponding moulds (pl. 9b). This indicates a plastic consistence of the bitumen during that period.

During later tectonic events the bitumen gradually solidified, and cracks developed due to thermal influence (pl. 3a). In the course of these processes tensions built up along the contact between calcite and bitumen resulting in a separation of the two components. Consequently formation waters could reach the surface of the calcite crystal along the cracks crossing the bitumen. The preconditions for a settlement of microorganisms within the space dividing the calcite from the bitumen were established (pl. 12, 13).

The following event of interest has been the formation of small holes and deepenings on the surface of the calcite crystal, which always seem to be connected with the presence of microorganisms (pl. 13). Where those are missing the surface remained smooth (pl. 19c). On the surface of the bitumen, however, just opposite of such deepenings in the calcite, impressions of twin lamination continues undisturbed (pl. 14). These irregularities, therefore, could only be formed after the separation of the bitumen from the calcite. A genetic connection of the relief on the calcite with the metabolism of the microorganisms is herewith indicated (compare pl. 10 with pl. 11).

Probably during a last tectonic phase of the alpine orogenesis, at a time the bitumen had nearly reached its present consistence, amorphous calcareous sinter accumulated along the cracks. It filled the cracks as far as the surface of the calcite crystals (pl. 14b) and there reached the bottom of the deepenings and holes (pl. 15a). The deposition of sinter must thus have occurred after the formation of the holes on the calcite.

Microorganisms are found also along the contact of the sinter with the surface of the calcite (pl. 16c, d) as well as within the sinter itself (pl. 16a, b). This indicates that they were still present before and during the deposition of the sinter. Apparently the cracks were obstructed by sinter and the supply of water interrupted. This could have caused, among other events, the destruction of the environment of the microorganisms.

Based on the results obtained, the development of the microorganisms might correspond to a time interval lying between the formation of the cracks in the bitumen and their filling with calcareous sinter.

No useful paleontological evidence is available when this could have happened. A period during the final phases of alpine orogenesis, when heat supply still was ample, seems to be best in accordance with the observations (pl. 12a).

Vorliegende Mitteilung ist die Fortsetzung der im letzten Heft der VSP (Mai 1974) erschienenen Ergebnisse über Betrachtungen an festen Erdölbitumina, die sich in Kammern von Cephalopoden (*Neocomites* sp.) aus der Gemsmättli-Schicht am Pilatus erhalten haben. Diese Arbeit bildet die Grundlage für die hier dargelegten Untersuchungen über Mikroorganismen, deren Vorkommen bereits angedeutet wurde (p. 22). Da öfters Bezug auf die Tafeln 1–8 in der vorangegangenen Arbeit genommen wird, beginnt hier die Numerierung der Tafeln mit 9.

Einen einwandfreien Beweis für die organische Natur der hier als Mikroorganismen bezeichneten Erscheinungen konnte bis heute nicht erbracht werden. Physiologische Versuche wurden wegen des begrenzt vorliegenden Materials nicht vorgenommen. Da jedoch alle im nachfolgenden dargelegten Beobachtungen auf eine organische Entstehung weisen, wird hier der Bezeichnung «Mikroorganismen» der Vorzug gegeben.

Die Aufnahmen mit dem Raster-Elektronenmikroskop beschränken sich vornehmlich auf den Bereich der Grenzflächen zwischen Bitumen und den in diesem eingeschlossenen, gerundeten Calcitkristallen. Bis jetzt wurden die Mikroorganismen einzig in dieser Umgebung angetroffen. Es wurde versucht an Hand von Bildern zu zeigen, dass es sich dabei nicht um rezente Infektionen handeln kann, die bei der Herstellung der Präparate erfolgt sind.

Eine historische Zusammenfassung über die geologische Erforschung des Pilatusgebietes findet sich in der Einleitung zu oben genannter Arbeit. Ebenso wurden die lo-

kalen stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse behandelt, und es erübrigt sich daher eine Wiederholung.

Zum besseren Verständnis sei nur folgendes erwähnt: Die Cephalopodenfauna stammt aus linsenförmigen Anhäufungen, die zwischen Valanginian-Kalk und der Basis der Gemsmättli-Schicht auftreten. Es finden sich Arten aus dem Oberen Valanginian vermischt mit solchen aus dem Unteren Hauterivian, was auf einen Kondensationshorizont hinweist. Weiter dürfen während der Sedimentation der Gemsmättli-Schicht Umweltbedingungen angenommen werden, die für die Erhaltung von Kohlenwasserstoffen nicht ungünstig waren.

Das in den Kammern der Ammoniten erhalten gebliebene Erdöl wurde im Laufe der alpinen Orogenese, durch Thermometamorphose in feste Bitumina umgewandelt (Taf. 1a). Wahrscheinlich schon während den ersten Phasen der Entwicklung der helvetischen Decken im Chattian, verlor das Erdöl einen Teil seiner leichten Bestandteile. Dabei bildeten sich Gasblasen im schwerer werdenden Erdöl oder schon Asphalt. Längs der Klüftung im benachbarten Gestein konnten carbonathaltige Lösungen in das sich verfestigende Bitumen eindringen und die Voraussetzungen zur Auffüllung der Gasblasen mit entsprechend runden bis halbrunden Calcitkristallen waren gegeben.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass im Waadtländer Jura, im Gebiet von Ste-Croix, in dichten Kalken des Oxfordian, Asphalt längs schmaler Spalten auftritt (RENZ et al. 1973). Ein Präparat des Materials in einer solchen Spalte wurde mit dem Raster-Elektronenmikroskop, bei 1200-facher Vergrösserung untersucht (Fig. 1). Es zeigten sich sehr ähnlich gerundete Hohlräume im zähen Asphalt, wie wir sie mit Calcit angefüllt, im Bitumen vom Pilatus kennen (KUZNETSOV 1966, Abb. 2, p. 177, Gasbildung im Erdöl unter anaeroben Bedingungen).

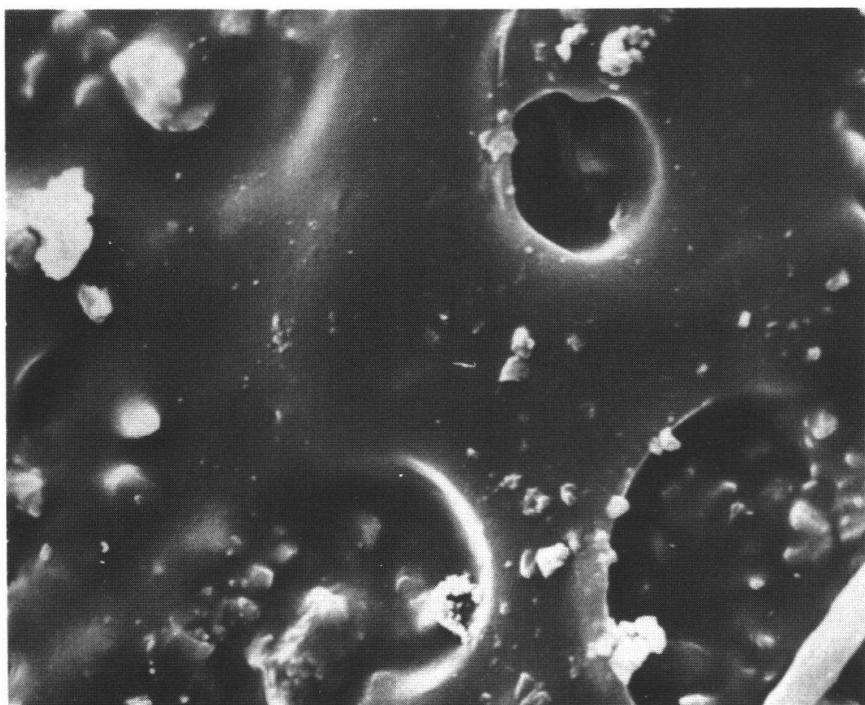


Fig. 1. Asphalt mit Gasblasen in einer schmalen Spalte eines dichten Kalkes des Oxfordian (Birmenstorfer-Schichten) bei La Vraonne im Waadtländer Jura. 1200 x.

Seit Beginn der Untersuchungen erregten diese gerundeten Calcitkristalle das Interesse. Sie können aus einem (Taf. 9a) oder auch aus mehreren zusammen gewachsenen Einzelkristallen bestehen (Taf. 7a). Meistens liegen sie ganz im Bitumen eingebettet; öfters aber befindet sich ein Teil der Oberfläche noch im Kontakt mit dem umliegenden Sediment. Ihre Oberfläche erscheint im Lichtmikroskop glatt und glänzend (Taf. 2c). Ausnahmslos lassen die Kristalle eine parallele Streifung erkennen, welche eine Zwillingslamellierung anzeigt. Die Breite der einzelnen Lamellen ist recht unterschiedlich. Oftmals werden Bündel von 2 bis 4 schmalen Lamellen von einer breiteren getrennt (Taf. 11). An Aufnahmen mit dem Raster-Elektronenmikroskop ist zu erkennen, dass längs der Trennungsflächen der Lamellen sehr schmale Spalten verlaufen, die jedoch nicht weit in den Calcit eindringen. Mikroorganismen siedelten sich gerne längs dieser Spalten an (Taf. 15b). Bei stärkeren Vergrösserungen erscheint an Oberflächen einzelner Lamellen eine deutlich ausgeprägte Schrägstreifung, welche die Trennungsflächen zweier Lamellen mit konstanten Winkeln um  $42^\circ$  schneiden (Taf. 14a, oben rechts). Diese Streifung könnte als sekundäre Zwillingslamellierung interpretiert werden. Sie ist an der Bitumenoberfläche meist besser überliefert als am korrodierten Calcit selbst.

Am Negativ eines solchen Calcitkristalls ist die Zwillingslamellierung am Bitumen meist sehr genau abgezeichnet (vgl. Taf. 10 mit Taf. 11). Dies deutet an, dass ursprünglich zwischen Calcit und Bitumen kein Zwischenraum bestanden haben kann, und dass die Calcitoberfläche eben war und keinerlei Unregelmässigkeiten, wie etwa Vertiefungen, aufwies. Das Bitumen musste sich also zu dieser Zeit noch in plastischem Zustand befunden haben.

Während nachfolgenden tektonischen Ereignissen verfestigte sich das Bitumen, infolge von thermischen Einwirkungen weiter. Die damit verbundene zusätzliche Vergrösserung des Volumens wurde durch Spaltenbildung im Bitumen selbst ausgeglichen.

Besonders eindrucksvoll sind solche Spalten auf Tafel 3a zu beobachten. Diese Spaltenbildung verursachte ihrerseits Spannungen an den Grenzflächen zwischen Calcit und Bitumen, die eine Trennung der beiden Medien auslöste, so dass sich hier ein mehr oder weniger breiter Zwischenraum oder Spalt bildete. Verbindungen solcher Spalten mit offenen Klüften im Nebengestein ermöglichten eine Zirkulation von Schichtwasser, längs der Spalten durch das Bitumen, bis an die Oberfläche der Calcitkristalle. Die Voraussetzungen für den Eintritt von Mikroorganismen mit dem Schichtwasser in das Bitumen und deren Ausbreitung im Raum zwischen den Oberflächen von Calcitkristall und Bitumen, waren hiermit gegeben (FOSTER 1962, p. 244–247).

Das Bitumen besteht nach den Untersuchungen von JACOB (in RENZ 1974, p. 5) aus einem Gemisch verschiedener Substanzen von komplizierter chemischer Zusammensetzung. Die Mikroorganismen haben somit hier einen Lebensraum, verbunden mit einem günstigen Nährboden, vorgefunden.

Erst nach der Trennung des Bitumens von der Oberfläche des Calcitkristalls bildeten sich auf der sonst ebenen Oberfläche des Calcits (Taf. 19c) Unregelmässigkeiten und Vertiefungen. Ein Vergleich eines Ausschnitts der Oberfläche am Calcitkristall mit solchen Vertiefungen (Taf. 14b), mit dem entsprechenden Ausschnitt an der gegenüberliegenden Bitumenoberfläche (Taf. 14a), zeigt dies einwandfrei: An der Oberfläche des Bitumens ist der Abdruck der Zwillingslamellierung deutlich erhalten und zu beobachten, währenddessen die entsprechenden Lamellen am Calcit stark korrodiert und teilweise oberflächlich zerstört wurden. Dies führt zur Annahme, dass ein Zusammenhang bestand zwischen der Korrosion der Calcitoberfläche und dem Stoffwechsel der Mikroorganismen.

Als nachfolgendes wichtiges Ereignis ist die Füllung der Spalten im Bitumen durch Kalkabsätze zu bewerten, da die Existenz der Mikroorganismen von der Zufuhr von

Wasser längs dieser Spalten abhing. Dies fand wahrscheinlich während einer der letzten Phasen der alpinen Orogenese statt, als sich das Bitumen bereits in annähernd festem Zustand befand.

Eine genauere Untersuchung der Spaltenfüllung mit dem Raster-Elektronenmikroskop nach Calcitkristallen ergab stets negative Resultate. Auch bei Vergrösserungen von  $12000 \times$  konnten keine sicheren Umrisse von Kristallen erkannt werden. Es zeigte sich vielmehr, dass die Spaltenfüllung aus einem amorphen, eher lockeren Kalksinter-ähnlichen Material besteht, das von zahlreichen, ganz unregelmässig angeordneten Hohlräumen durchsetzt wird. Eine Prüfung mit der am Raster-Elektronenmikroskop angeschlossenen energiedispersiven Mikrosonde (EDAX 707) ergab das Vorhandensein von vorwiegend Calcium und Eisen.

Über die Entstehung des Kalksinters in den Spalten des Bitumens ist wenig bekannt, da die Spalten nicht weiter in das umliegende Gestein verfolgt werden konnten. Thermalwässer, die durch das Spaltensystem eingedrungen sind, könnten die Ursache gewesen sein.

Das aufschlussreiche Bild Tafel 11 zeigt den Kontakt des Kalksinters mit der Oberfläche des Calcitkristalls an Spalte 2. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Sinter gegen die Calcitoberfläche anstösst und sich nicht weiter in den Calcit hinein fortsetzt.

Die frühere Annahme (RENZ 1974, p. 7) einer Fortsetzung der Spalten vom Bitumen in den Calcitkristall kann nach diesen neuen Beobachtungen nicht aufrecht erhalten werden. Nach heutigem Wissen besteht kein genetischer Zusammenhang zwischen dem Calcit der Kristalle und der Sinterfüllung der Spalten im Bitumen.

Die Aufnahmen Tafel 14b und 15a zeigen deutlich, dass der Kalksinter dem Grunde der Vertiefungen an der Calcitoberfläche aufliegt. Zur Zeit des Absatzes des Sinters waren die Vertiefungen also bereits vorhanden, was obige Annahme über die Entstehung der Vertiefungen durch Mikroorganismen erhärtet.

Mit grosser Sorgfalt wurden die Anstossflächen des Kalksinters an die Calcitoberfläche auf Mikroorganismen untersucht, und es fanden sich solche an verschiedenen Stellen, sowohl an Spalte 1 wie 2 (Taf. 16c, d). Diese sind durchwegs undeutlich umrissen und oft schwer zu erkennen, was auf Mineralisation durch Kalksinter zurück zu führen ist.

In den Höhlungen des Kalksinters, die vielfach untereinander kommunizieren, finden sich die Mikroorganismen ebenfalls recht zahlreich angehäuft (Taf. 16a, b). Sie werden hier teilweise von Sinter bedeckt oder wurden von diesem eingeschlossen (Taf. 15a). Die Umrisse sind unscharf, wahrscheinlich infolge ihres stark mineralisierten Zustands.

Alle diese Beobachtungen sind als glaubwürdige Hinweise zu werten für die Existenz der Mikroorganismen, sowohl vor, als auch während der Auffüllung der Spalten mit Kalksinter.

Durch die Füllung der Spalten mit Sinter wurde die freie Wasserzirkulation behindert und wohl auch unterbrochen, was schliesslich die Zerstörung des Milieus der Mikroorganismen zur Folge hatte.

Die bedeutsame Folgerung all dieser Beobachtungen lautet:

Die Entwicklungsdauer der Mikroorganismen lässt sich auf den Zeitabschnitt zwischen der Spaltenbildung im Bitumen und deren Füllung mit Kalksinter begrenzen.

Wann das genau stattgefunden hat ist mit den vorliegenden Ergebnissen nicht festzulegen. Paläontologische Hinweise, wie z. B. Pollenkörner liegen nicht vor. Für den Ablauf der beschriebenen Vorgänge (Spaltenbildung im Bitumen, Ablagerung von Kalksinter in den Spalten und in den Vertiefungen an der Calcitoberfläche) war Zufuhr von Wärme eine wichtige Voraussetzung. Günstige Bedingungen könnten während den Endphasen der alpinen Orogenese, im Helvetian-Burdigalian, noch geherrscht haben.

Dem Vorschlag JOHANNES NEHER's (Geologisches Institut ETH, Zürich) folgend, wurde die Oberfläche des Bitumens mit einer feinen Stahlnadel angeritzt (Taf. 18, 19 a). Die Bilder zeigen, dass die Oberfläche des Bitumens und auch die der Mikroorganismen von einer äusserst dünnen Schicht bedeckt werden, deren Beschaffenheit unbekannt ist (Taf. 19 a). Von den Mikroorganismen, welche sich an der Oberfläche des Bitumens befinden, lässt sich die Schicht «abziehen», wie dies die Aufnahmen auf Tafel 18 b und 19 a vermuten lassen. Die tiefer im Bitumen liegenden Individuen, welche an der Oberfläche nur ganz verschwommen erkennbar sind, kommen dann deutlich zum Vorschein (Pfeile auf Taf. 19 a). Am interessanten Bild Tafel 17 b lassen sich die Unterseiten von Mikroorganismen beobachten, die am Bitumen haften geblieben sind, während die oberen Hälften mit dem Bitumen abgebrochen wurden.

Bis heute wurden Mikroorganismen, wie sie hier abgebildet sind, einzig im Bereich der Spalten 1 und 2, und seltener auf der Calcitoberfläche zwischen den kleineren 3 Spalten links von Spalte 2 beobachtet (Taf. 9 a). Am Bitumen sind die Äquivalente der 3 letztgenannten Spalten bei der Präparation abgebrochen. Nur wenige weitere Präparate wurden mit dem Raster-Elektronenmikroskop geprüft (Taf. 5 b), die jedoch keine Hinweise auf ähnliche Mikroorganismen erbrachten. Die negativen Resultate lassen keine Schlüsse über die Häufigkeit der Mikroorganismen im allgemeinen zu. Dafür sind weitere Untersuchungen unerlässlich.

An den Flächen eines grösseren Quarzkristalls, der gerade links oben neben dem Calcitkristall liegt (Taf. 9 a), sind keine Spuren von Mikroorganismen zu erkennen.

Es sei noch bemerkt, dass Proben von Kalksinterbildungen, die im umliegenden Sediment nicht selten anzutreffen sind, nach solchen Mikroorganismen untersucht wurden. Keine Anzeichen konnten festgestellt werden.

## **Erläuterungen zu den Tafeln 9—19**

Für die Tafeln 1–8 siehe: O. RENZ 1974, p. 9–23.  
Abkürzung: Mikroorganismen = MO

Die Bilder auf den Tafeln 9–11 zeigen Übersichten aus der Umgebung der MO.

## TAFEL 9

### Figur a, 60×

An der Oberfläche des hier gezeigten gerundeten Calcitkristalls wurden die MO erstmals beobachtet. Ihr Vorkommen beschränkt sich vornehmlich auf das obere rechte Viertel der Kristalloberfläche, auf der die Abdrücke, der mit Kalksinter gefüllten Spalten im Bitumen, zu erkennen sind.

Eine Aufnahme mit dem Lichtmikroskop dieses Kristalls wurde bereits 1974 abgebildet (Taf. 2c). Sehr schwach sind an der unteren Hälfte des Bildes die Abdrücke der Spalten gerade noch zu erkennen. Das Präparat wurde im August 1972 hergestellt. Dabei wurde nicht beachtet, dass das zugehörige Negativ am Bitumen erhalten geblieben war, und ebenfalls abgebildet wurde (Taf. 7c, unterer Pfeil links; Taf. 8a). Erst als Ende 1973 im Laufe der Untersuchung der Spaltenfüllung (Taf. 8b) ebenfalls MO zum Vorschein kamen, wurde die Zusammengehörigkeit von Kristall und dessen Negativ im Bitumen erkannt. Die Möglichkeit einer Infektion während dieser Zeitspannen musste während den Untersuchungen immer wieder in Betracht gezogen werden.

Der grösste Durchmesser dieses Kristalls beträgt etwa 1,15 mm. Das untersuchte Gebiet erreicht eine Fläche von rund  $0,3 \text{ mm}^2$ . Die Einbuchtung oben links ist auf einen Quarzkristall zurückzuführen, der anscheinend bereits vor der Entstehung des Calcitkristalls hier im Bitumen vorhanden war.

Annähernd senkrecht zur deutlich sichtbaren Zwillingslamellierung erkennt man die Abdrücke der Spalten im Bitumen, deren Verlauf durch hängengebliebene Reste von Kalksinter markiert wird. Der rechts liegende breite Abdruck entspricht der Spalte 1 im Bitumen. Links davon liegt der Abdruck der schmäleren Spalte 2, die oben einen Knick nach rechts aufweist. Die 3 feinen Spaltenabdrücke links sind am entsprechenden Präparat des Bitumens abgebrochen (Taf. 7c, unten links).

Etwas undeutlich verläuft über die Mitte des Kristalls eine unregelmässige Störung, längs der, Teile des Calcits bei der Präparation herausgebrochen sind.

Das den Calcitkristall unten begrenzende Material ist Cementit, mit dem das Präparat auf ein Glasblättchen montiert wurde.

### Figur b, 240×

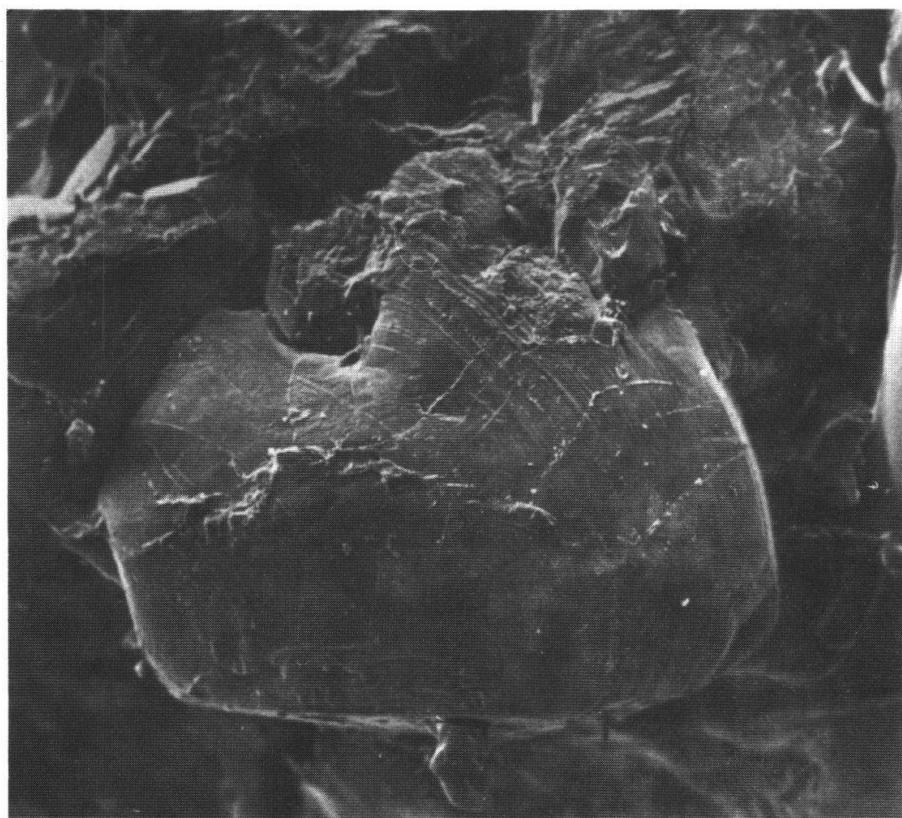
Das Bild zeigt einen Ausschnitt der Bitumenoberfläche am Negativ des Calcitkristalls. Die beiden mit Kalksinter angefüllten Spalten entsprechen spiegelbildlich den Abdrücken auf der Calcitoberfläche. Die breitere Spalte 1, links im Bild, wurde schon früher auf Tafel 8b gezeigt. In der Umgebung der Spalte 2 (rechts) finden sich die MO besonders häufig. Sie sind aber bei dieser Vergrösserung noch kaum wahrzunehmen. Die Abdrücke der Zwillingslamellen sind deutlich zu verfolgen.

Das ungeordnete offene Spaltensystem unten im Bild zeigt einen Ausschnitt aus der oben erwähnten Störung, welche längs über den Kristall hinweg läuft. Anscheinend trennte sich in diesem Bereich das Bitumen weniger leicht von der Calcitoberfläche. Dadurch löste sich gerade über der «5» am untern Bildrand ein Splitter aus der Bitumenoberfläche (dunkles Gebiet). Dies ermöglicht einen Einblick in die oberflächennahen Lagen des Bitumens (Taf. 17a).

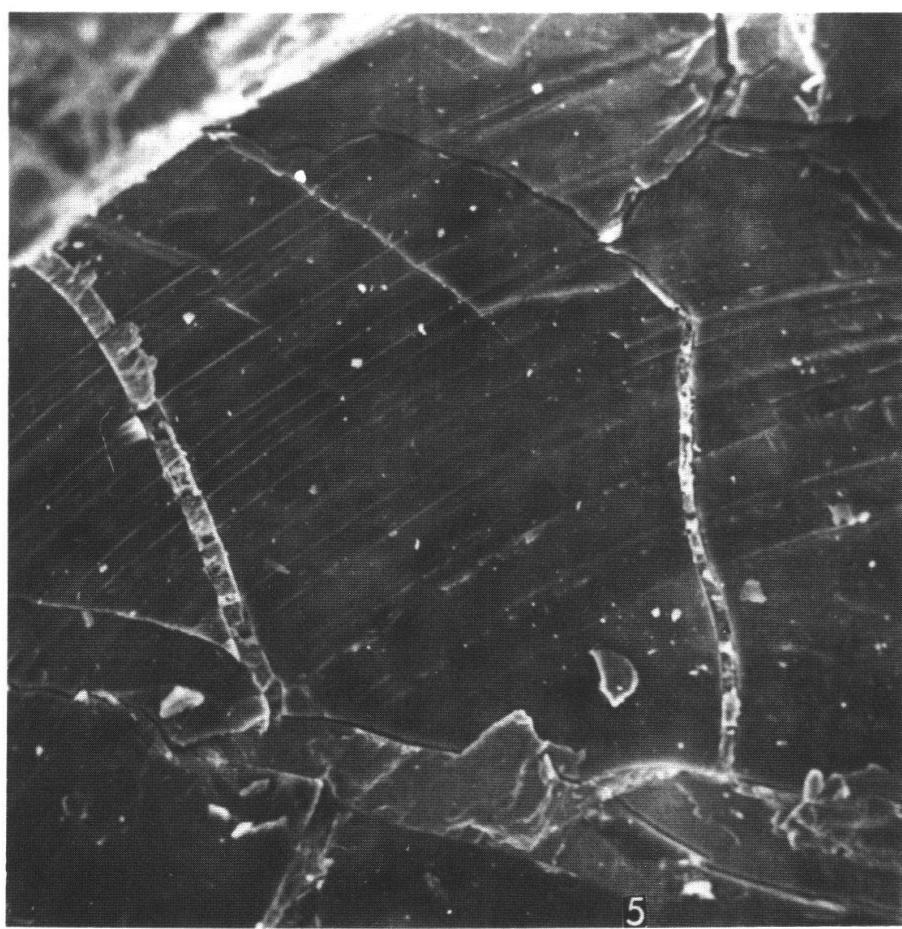
Die offen gebliebenen Spalten oben im Bild haben sich erst während der Herstellung des Präparats erweitert.

Die Nr. 5 bezeichnet die Lage von Bild Taf. 17a.

## TAFEL 9



a



5

b

## TAFEL 10, 600×

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit wurden durch Vergleich von sich gegenüberliegenden Ausschnitten an der Bitumenoberfläche, resp. Calcitoberfläche erzielt.

Die Tafel 10 zeigt die schmälere Spalte 2 (Taf. 9a) an der Oberfläche des Bitumens. Ihre Breite beträgt im untern Abschnitt um  $6.5 \mu$ ; gegen oben verschmälernt sie sich langsam bis auf etwa  $4 \mu$ , am Knick gegen links.

Die deutlich ausgeprägte parallele Streifung entspricht genau den Zwillingslamellen an der Calcitoberfläche (Taf. 11). Die Rillen zwischen den Lamellen an der Calcitoberfläche treten hier als Kanten hervor. Dies weist eindeutig auf einen noch plastischen Zustand des Bitumens während der Entstehung der Calcitkristalle. Wieso sich die beiden Lamellenbündel im Gebiet des untern Teils der Spalte (Taf. 11) nicht abzeichnen, ist nicht bekannt (siehe auch Taf. 12a).

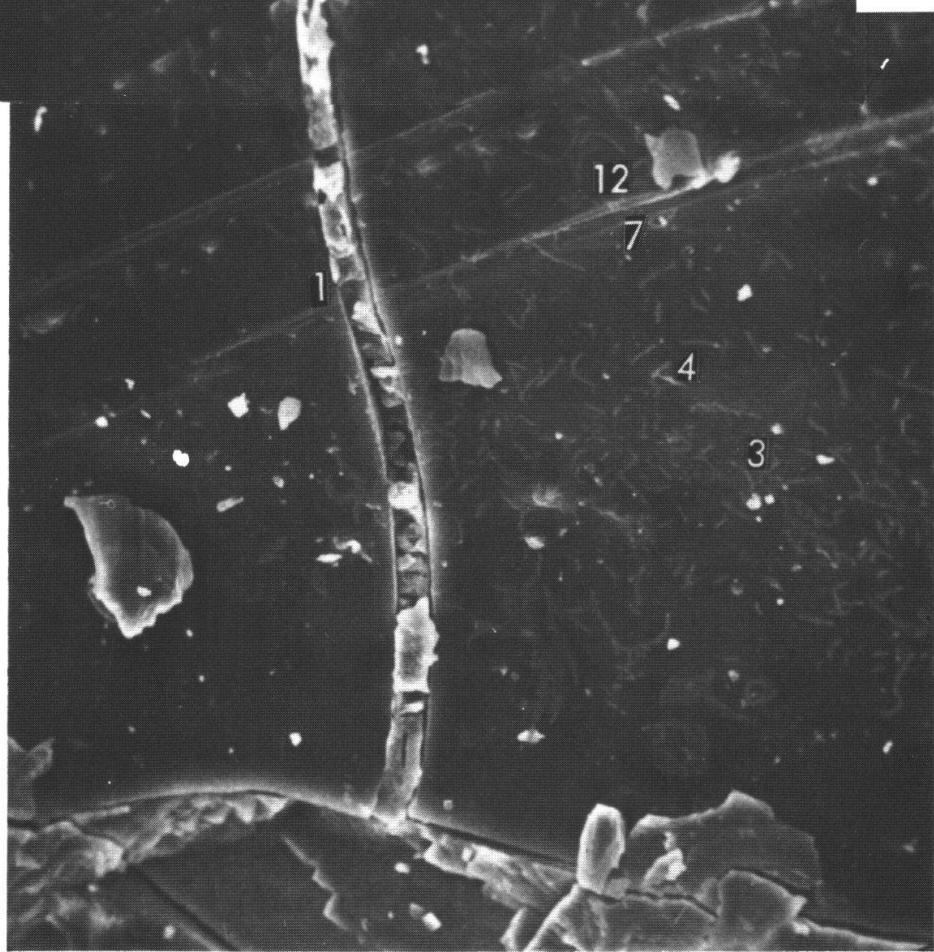
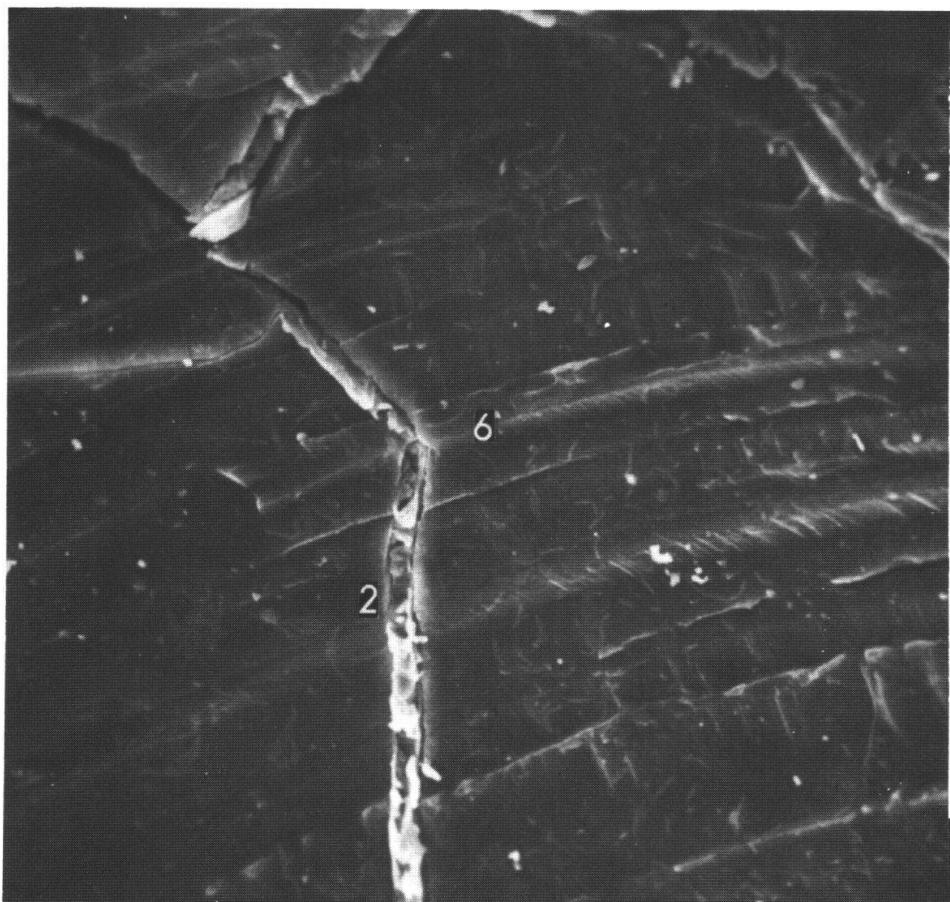
Bei dieser Vergrösserung sind die MO schon deutlich sichtbar. Bedeutung wurde einer Gegenüberstellung der Häufigkeit und Verteilung der MO auf den Oberflächen von Bitumen, resp. Calcit beigemessen.

Beim Betrachten des Bildes zeigt sich deutlich, dass MO auf der ganzen Fläche rechts der Spalte häufig und etwa gleichmässig verteilt auftreten, bis auf einen schmalen Streifen über der offenen Querspalte unten im Bild, wo keine MO zu beobachten sind. Links der Spalte dagegen finden sich auf der unteren Hälfte, da wo ein grösseres Fragment aus Bitumen liegt, nur vereinzelt Gruppen von MO. Über der Nr. 1 werden sie häufiger, und erreichen weiter gegen oben die gleiche Häufigkeit wie rechts der Spalte. Gegen links, also gegen die Spalte 1, nimmt die Häufigkeit dann allgemein etwas ab (für weiteres siehe Taf. 11).

Die Nummern beziehen sich auf die Lagen der folgenden Bilder:

Nr. 1 = Taf. 16a	Nr. 3 = Taf. 12a, b	Nr. 6 = Taf. 14a
Nr. 2 = Taf. 16b	Nr. 4 = Taf. 18b	Nr. 7 = Taf. 19a
		Nr. 12 = Taf. 18a

## TAFEL 10



## TAFEL 11, 600×

Der Ausschnitt zeigt den Abdruck von Spalte 2 an der Oberfläche des Calcitkristalls. Ihr Verlauf wird durch hängengebliebene Reste und abgebrochene Fragmente von Kalksinter deutlich markiert. Die Rillen, welche die Zwillingslamellen trennen, queren die Anstossfläche der Spalte ungestört, was anzeigt, dass die Calcitoberfläche von der Spaltenbildung im Bitumen gar nicht beeinflusst wurde.

Die MO sind hier, wegen der zahlreichen Unebenheiten der Oberfläche, weniger gut sichtbar, als an der gegenüber liegenden glatten Bitumenfläche. Trotzdem ist festzustellen, dass im Gebiet unten rechts der Anstossfläche von Spalte 2, die Oberfläche fast eben ist und MO hier fehlen. Das entsprechende Gebiet liegt am Bitumen links von der Spalte, wo MO ebenfalls fehlen (Taf. 10). Rechts, gegen die Spalte 1, nimmt auch hier die Häufigkeit der MO merklich ab. Verteilung und Häufigkeit entsprechen sich also auf beiden Seiten der Spalte 2, sowohl am Calcit als auch am Bitumen, ziemlich genau.

Als Zufall ist diese Gesetzmässigkeit der Verteilung auf beiden Flächen kaum zu bewerten. Ebensowenig kann sie mit einer Verunreinigung der Präparate während der Handhabung in Einklang gebracht werden.

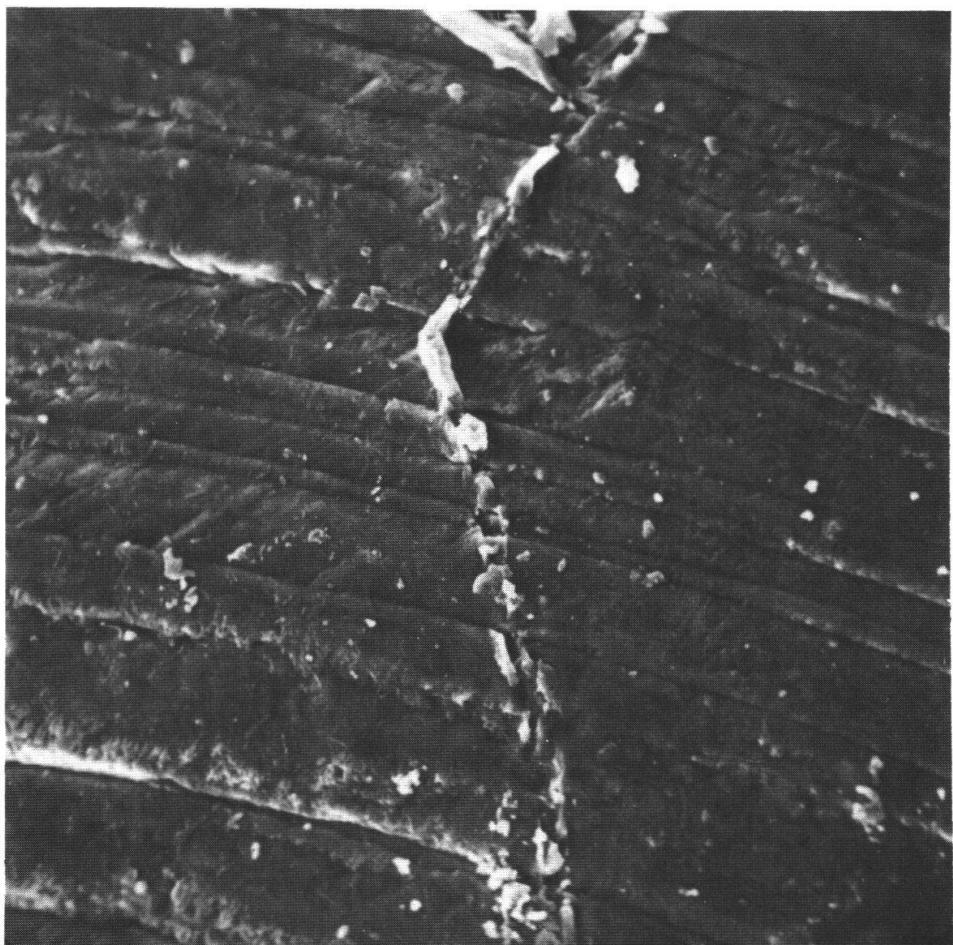
Diese Beobachtungen weisen ausserdem auf einen Zusammenhang zwischen dem Oberflächenrelief am Calcit und die Häufigkeit der MO.

Für eine Beurteilung des relativen Alters der MO ist die Umgebung des Knicks der Spalte nach rechts von Bedeutung (siehe Taf. 14b, 15).

Die Nummern beziehen sich auf die Lagen der folgenden Bilder:

Nr. 9 = Taf. 13a      Nr. 10 = Taf. 16d      Nr. 11 = Taf. 16c.

## TAFEL 11



## TAFEL 12

Die folgenden zwei Aufnahmen zeigen die MO an der Oberfläche des Bitumens bei höheren Vergrösserungen.

### Figur 12a, 2300 $\times$

Das aufschlussreiche Bild wurde bei einem Kippwinkel von  $30^\circ$  aufgenommen. Seine Lage wird durch die Nr. 3 auf Tafel 10 festgelegt. Die untere Kantenlänge des Bildes beträgt etwa  $40 \mu$  und die Übersicht bedeckt eine Fläche um  $1600 \mu^2$ .

Eine Anzahl verschiedener Formen oder Modifikationen von MO sind hier entwickelt, deren Interpretation naturgemäß auf Schwierigkeit stösst.

Die meist helleren, plastisch erscheinenden, geraden bis leicht gekrümmten Exemplare liegen auf der Bitumenoberfläche (vgl. auch Taf. 19b). Daneben zeigen sich andere, besonders in der Mitte des Bildes, die etwas unter der Oberfläche im Bitumen liegen, und dadurch die charakteristischen Merkmale kaum mehr erkennen lassen. Wieder andere in der unteren Bildhälfte links, die anscheinend noch etwas tiefer im Bitumen liegen, sind nur noch ganz verschwommen angedeutet (vgl. auch Taf. 19a).

Diese unterschiedliche Lagerung im Bitumen zeigt, dass die Thermometamorphose des Bitumens zur Bildungszeit der MO, noch nicht so weit fortgeschritten war wie das heute der Fall ist. Beim betrachten des Bildes erhält man den Eindruck, dass ein plötzlicher Wärmeeinbruch die MO so fixiert hat wie sie heute zu beobachten sind.

### Figur 12b, 6000 $\times$

Die Aufnahme vermittelt einen vergrösserten Ausschnitt aus der Mitte des obigen Bildes (Kippwinkel  $0^\circ$ ).

Die Morphologie der MO, welche an der Oberfläche des Bitumens liegen, ist deutlich zu erkennen. Ob diese tatsächlich so ausgesehen haben, wie sie sich jetzt zeigen, ist keineswegs erwiesen. Wie oben angedeutet, waren es vielleicht thermische Einflüsse, die ein Einschrumpfen der ursprünglich glatten Oberflächen durch Entzug von Wasser bewirkten, und damit die charakteristischen, von Querwänden getrennten runden Vertiefungen längs der Mittellinie verursachten (vgl. Taf. 19b).

Die drei auffallenden Individuen in der Mitte des Bildes, die etwas unter der Oberfläche liegen, zeigen die ursprüngliche Form vielleicht natürlicher. Die Vertiefungen sind fast nicht wahrnehmbar und es besteht die Möglichkeit, dass diese Exemplare von dem sie umgebenden Bitumen besser geschützt waren vor thermischen Einflüssen.

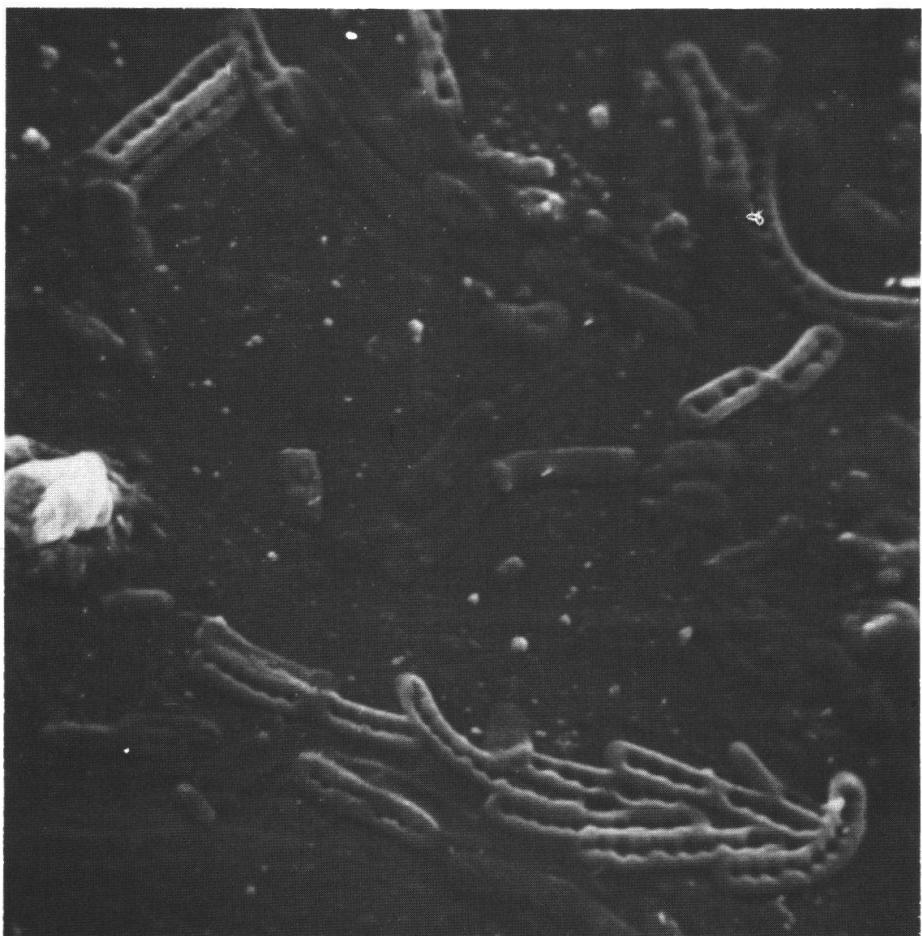
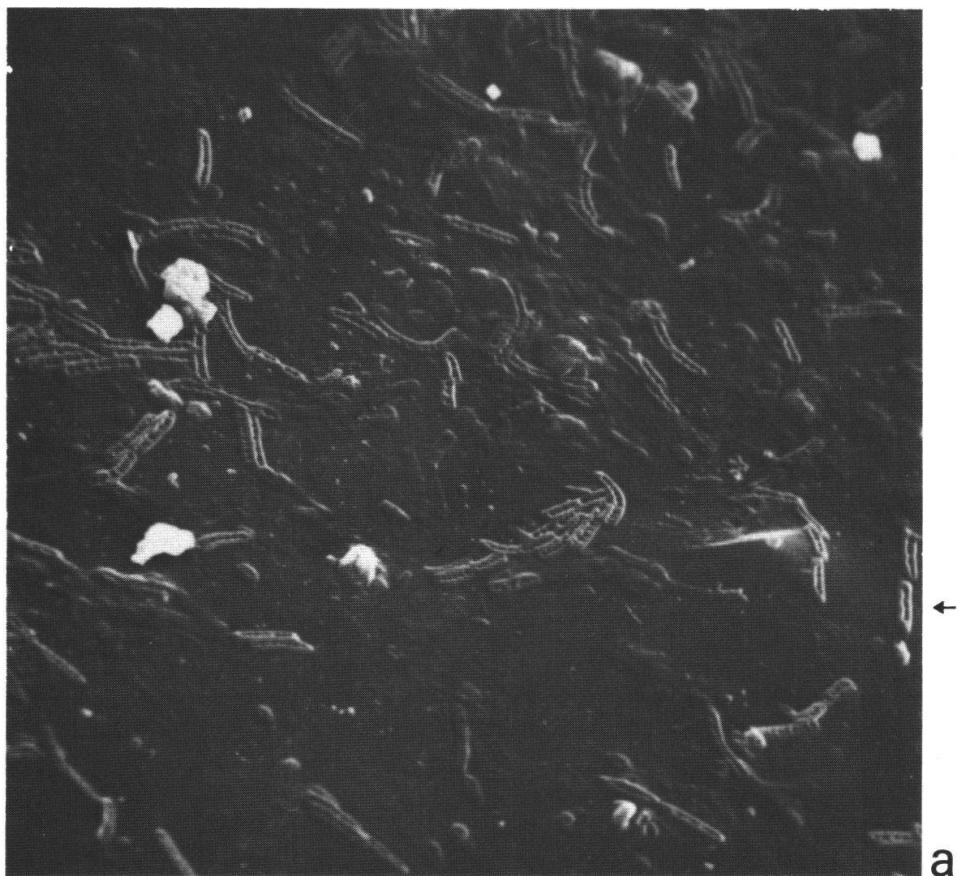
Die Länge der MO variiert zwischen 1.5 und maximal  $4 \mu$ . Nicht selten sind Überlagerungen von Individuen, was ihre Abgrenzung gegeneinander undeutlich erscheinen lässt. Auffallend ist die häufig auftretende parallele Aneinanderreihung und auch ringförmige Anordnung der Individuen, welche sich auf den zahlreich vorliegenden Aufnahmen stets wiederholen (Taf. 14a).

Bemerkenswert sind kleine breit elliptische Formen mit einer Vertiefung in ihrer Mitte. Ihre Durchmesser schwanken um  $1 \mu$ . Es könnte sich hier vielleicht um Entwicklungsstadien der MO handeln.

Überall da, wo MO auftreten, finden sich mehr oder weniger zahlreich, äusserst kleine gerundete Körperchen, über deren Natur nichts gesagt werden kann. Ihre Durchmesser variieren um  $0.1 \mu$ .

Die beiden Pfeile rechts am Bildrand weisen auf zwei Individuen, welche beim Ritzen der Oberfläche getroffen wurden (Taf. 18b).

## TAFEL 12



## TAFEL 13

Die beiden Bilder zeigen die Oberfläche des Calcitkristalls in Gebieten mit zahlreichen MO.

### Figur a, 2400×

Der Ausschnitt liegt bei der Nr. 9 auf Tafel 11. Die Orientierung wird durch verstreute Sinterfragmente aus der nahen Spalte 2 erleichtert. Diese Stückchen befinden sich auch über den MO verstreut. Da sie erst im Laufe der Präparation in diese Position geraten sind, darf angenommen werden, dass sich die MO schon vor dem Eingriff in der selben Lage befunden haben wie heute. Eine Infektion während der Handhabung ist folglich nicht wahrscheinlich.

Bemerkenswert sind die zahlreichen, deutlich hervortretenden kleinen Löcher und grösseren Vertiefungen, die besonders auch längs den Rillen, welche die Zwillingslamellen trennen, auftreten. Überall da, wo MO ebenso häufig auftreten, wie hier, wiederholen sich diese Erscheinungen. In Gebieten, wo die MO fehlen, blieb die Oberfläche mehr oder weniger ungestört glatt, wie auf dem Bild Tafel 19c.

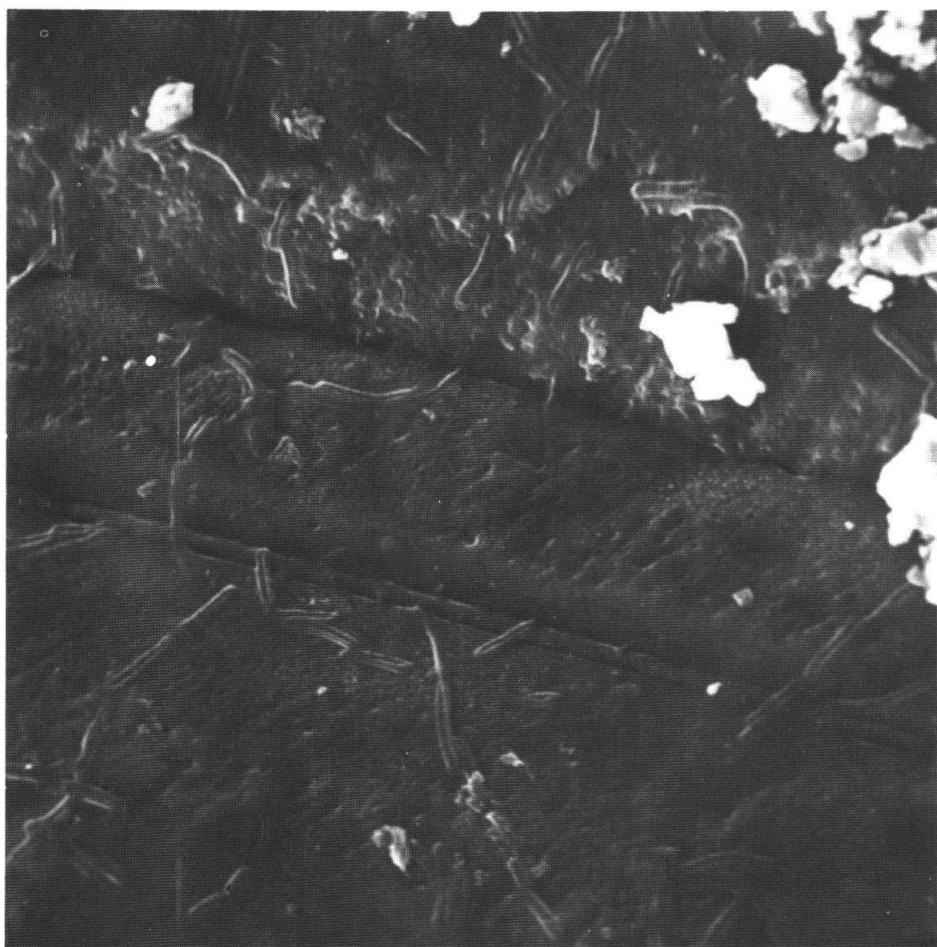
Die Annahme eines Zusammenhangs zwischen der Korrosion der Calcitoberfläche und der Anwesenheit von MO rückt damit in den Bereich des Wahrscheinlichen. Dass dabei Vorgänge beim Stoffwechsel der MO mit eine Rolle spielten, ist nicht auszuschliessen.

### Figur b, 2400×

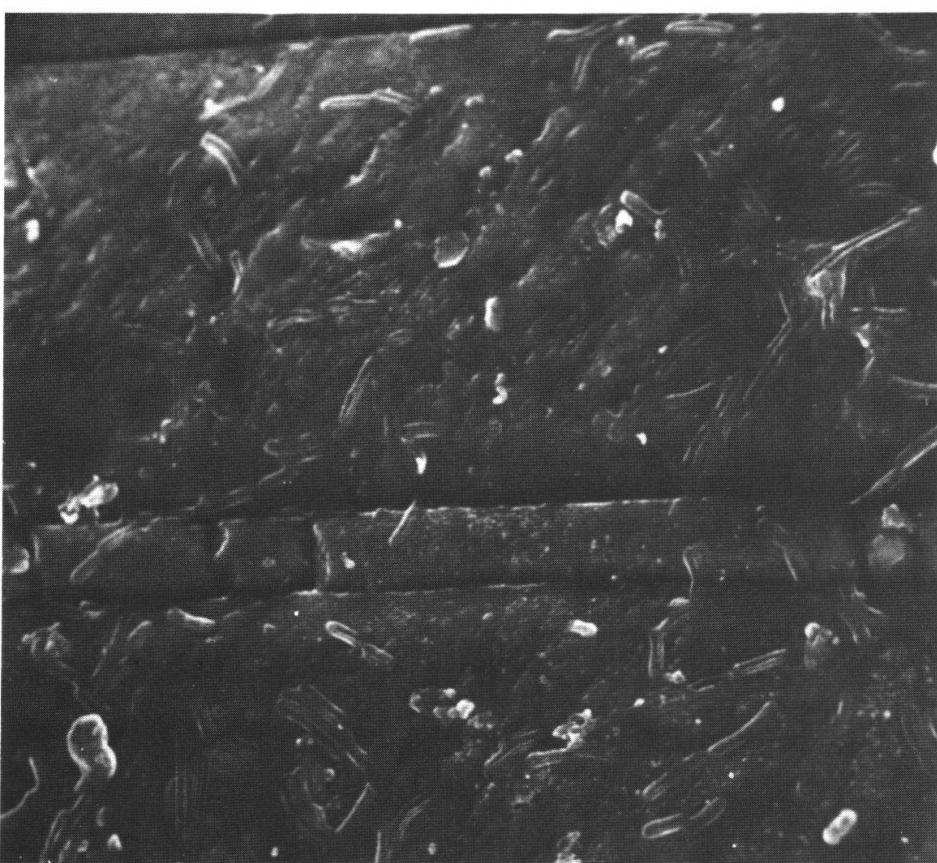
Die Lage des Bildes ist mit Nr. 8 auf der Tafel 11 markiert. Der Ausschnitt entspricht am gegenüberliegenden Bitumen, dem mit Nr. 3 bezeichneten Gebiet (Taf. 12a).

Keine Analogie in der Verteilung der MO auf den beiden Flächen ist zu bemerken. Man beachte beim vergleichen, das vorliegende Bild um 180° nach rechts zu drehen.

## TAFEL 13



a



b

## TAFEL 14

Hier kommt es vorrangig auf einen Vergleich der Oberflächen am Bitumen, resp. Calcit in der Umgebung des Knicks der Spalte 2 an. Zuerst müssen wir auf die Übersicht Tafel 10 zurückgreifen. Zur Orientierung dient die bogenförmige Ansammlung von MO auf der oberen rechten Bildhälfte der Figur a, welche gerade unter der «6» auf Tafel 10 noch schwach zu erkennen ist.

An der Bitumenoberfläche liegt der Knick nach links der Spalte 2 ziemlich genau in der Mitte, der hier vorbeiziehenden Zwillingslamelle. Etwas darüber und darunter folgen schmale Kanten (helle Streifen auf Tafel 10), die den Rillen entsprechen, welche die Lamellen an der Calcitoberfläche trennen. Anschliessend darunter folgt eine tiefere Rille, die durch eine Erhöhung des Lamellenrandes am Calcit entstanden ist (schmaler dunkler Streifen am Bitumen). Eine feine Querstreifung (= sekundäre Zwillingslamellierung am Calcit), die genau gegen den Knick der Spalte anstösst, zeichnet sich hier am Bitumen noch deutlich ab.

Figur 14a, 5500×

Der Ausschnitt zeigt die Details im Gebiet unter der Nr. 6 auf Tafel 10. Der Rand der Spalte 2 ist oben links sichtbar. Oben rechts erkennt man die feine Querstreifung, die von der «6» auf Tafel 10 bedeckt wird. Die Kante, welche das Bild diagonal quert, entspricht der Rille, welche die Lamelle von der nächstfolgenden darunter trennt. Anschliessend folgt eine Rille, die am Calcit der Kante entspricht, welche längs dem Rande der unteren Lamellen verläuft.

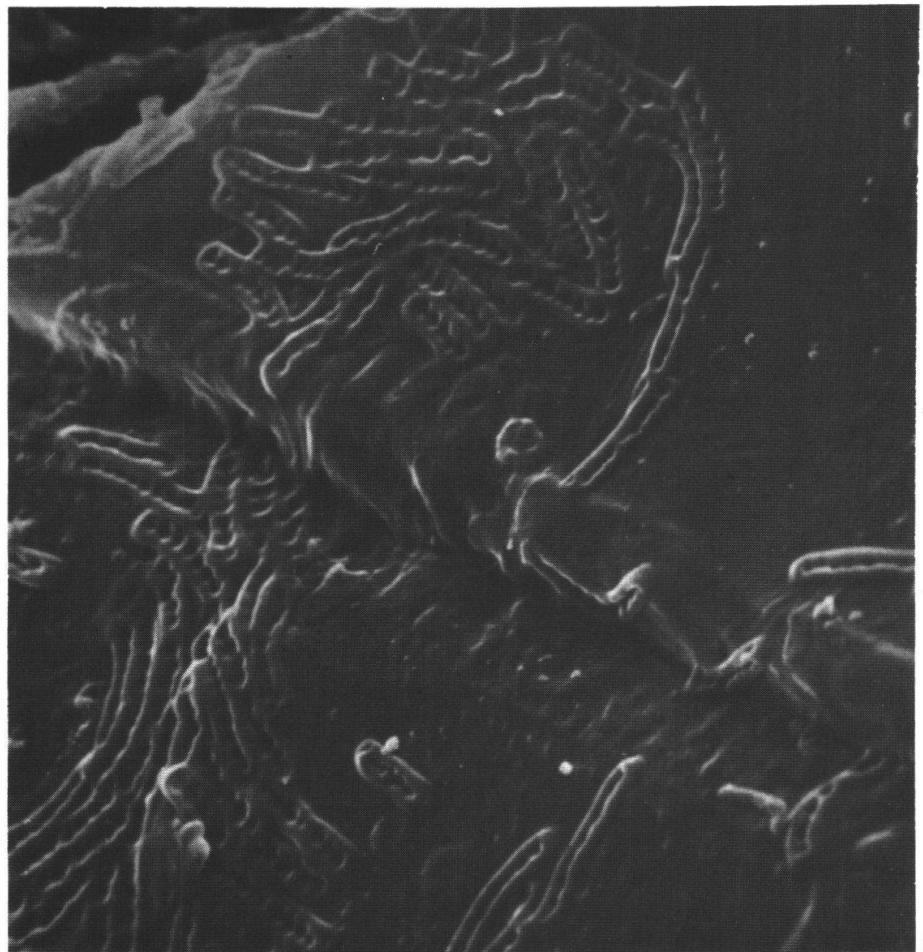
Noch einige Besonderheiten, welche die MO auf diesem Ausschnitt betreffen seien erwähnt: Bemerkenswert ist die schliefig durchbewegt erscheinende Oberfläche im Bereich der Kante und der Rille in der Bildmitte. Diese, auch auf andern Aufnahmen verbreitete Erscheinung erweckt den Eindruck, dass die MO in der Lage waren sich zu bewegen. Auch hier zeigen sich verschwommen Individuen, die tiefer im Bitumen liegen. Oftmals werden diese von Exemplaren auf der Bitumenoberfläche quer überlagert (Pfeil am rechten Bildrand).

Figur b, 1200×

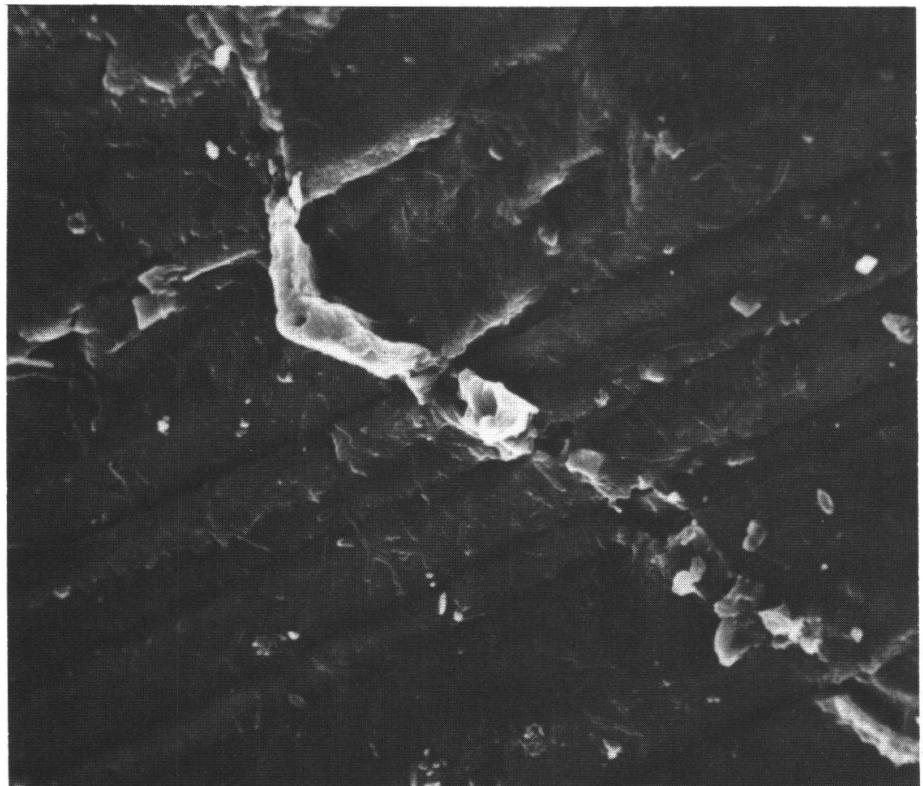
An Stelle all der oben ausführlich dargelegten Einzelheiten von der Bitumenoberfläche, beobachten wir am entsprechenden Ausschnitt am Calcit eine Vertiefung, welche dicht von MO ausgefüllt wird (vgl. auch die Übersicht Taf. 11). Der Ausschnitt liegt spiegelbildlich links des Knicks.

Die Sinterfüllung der Spalte 2 reicht bis an den Grund der Vertiefung, was beweist, dass diese zur Zeit der Ablagerung des Sinters schon vorhanden war. Die Vertiefung kann folglich erst nach der Trennung des Bitumens von der Calcitoberfläche (nach der Spaltenbildung) und vor der Ablagerung des Sinters in Spalte 2 entstanden sein. Diese Folgerungen erhärten die, schon bei der Besprechung von Tafel 13a, vorgebrachte Annahme einer Mitwirkung der MO bei der Entstehung dieser Vertiefung.

## TAFEL 14



a



b

## TAFEL 15

Die beiden Bilder vermitteln aufschlussreiche Details am Kalksinter im Bereich des Knicks an Spalte 2.

Figur a, 6000×

Die Aufnahme zeigt die Oberfläche am Calcit. Deutlich ist zu erkennen, wie der aus Spalte 2 herausgebrochene Kalksinter mauerartig hervortritt und eine Vertiefung an der Calcitoberfläche überquert, um bis auf deren Grund zu reichen. Die Seiten dieser Sintermauer sind unregelmässig gewellt, und nicht eben, wie in Figur b, wo sie gegen die glatte Bitumenwand der Spalte angrenzen.

Die Oberfläche der Sintermauer repräsentiert eine frische Bruchfläche im Sinter, deren Gegenseite spiegelbildlich im Bild unten ebenfalls gezeigt werden kann. Über die ganze Fläche verteilt sind MO zu erkennen, die zum Teil durch den Sinter mineralisiert und mit diesem verwachsen erscheinen. Ihre Morphologie ist daher weniger deutlich erkennbar, als an Exemplaren auf der Bitumenoberfläche. Ein Individuum am rechten Rand der Sintermauer, auf das der Pfeil am linken Bildrand weist, wird zum Teil noch von Sinter umschlossen.

Am Grund der Vertiefung beidseitig der Sintermauer sind MO reichlich angehäuft.

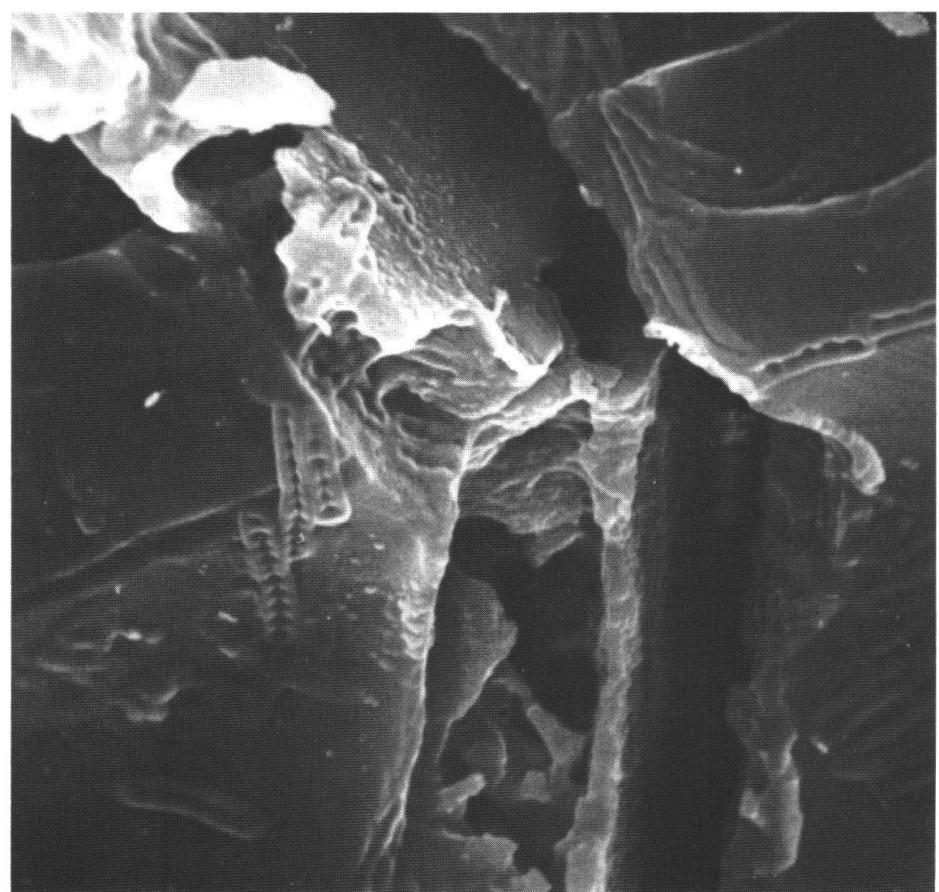
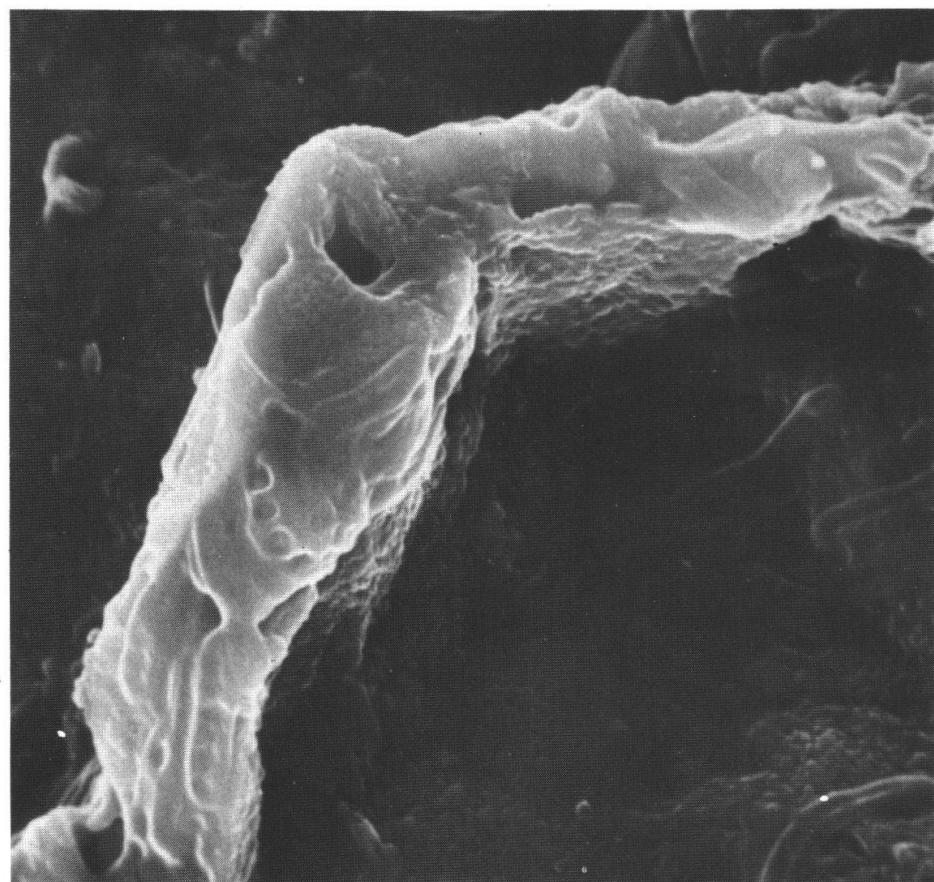
Figur b, 6000×

Diese Aufnahme wurde nach dem Ritzen der Bitumenoberfläche hergestellt. Infolge des Druckes der während des Eingriffs auf die Oberfläche ausgeübt wurde, öffnete sich am Kontakt Sinter-Bitumen die breite Spalte rechts.

Das Bild zeigt spiegelbildlich die anschliessende Fortsetzung der Sintermauer im Bitumen. Der unter dem Knick hervortretende Teil dieser Sintermauer auf Bild a, passt in den unteren, tiefer liegenden Abschnitt im Bitumen. Die gerundete Öffnung genau am Knick im oberen Bild mündet in das System von Hohlräumen, welches auf der unteren Bildhälfte sichtbar ist. Mineralisierte MO sind auch hier im Sinter, besonders über dem Knick, zahlreich verbreitet.

Aus obigen Beobachtungen geht hervor, dass der Absatz des Sinters in den Spalten zu einer Zeit stattfand, als MO hier noch anwesend waren.

## TAFEL 15



## TAFEL 16

Die Figuren a und b vermitteln einen Einblick in den Kalksinter der Spalte 2 auf der Bitumenoberfläche.

Ausschnitte von der Calcitoberfläche, längs der Anstossfläche des Kalksinters von Spalte 2, zeigen die Figuren c und d.

### Figur a, 6000×

Das Bild wurde rechts der Nr. 1 auf Tafel 10 aufgenommen. Stark mineralisierte MO durchsetzen hier den Kalksinter, besonders innerhalb der oberen Hälfte des Bildes. Auf dessen unterer Hälfte liegen MO längs den Wänden eines grösseren Hohlraums im Sinter, der links unmittelbar an die Bitumenwand anstösst. Hier sind einige Exemplare in Seitenansicht an der vertikalen Wand zu erkennen.

### Figur b, 6000×

Die Lage der Aufnahme wird durch die Nr. 2 auf Tafel 10 markiert. Der mit Hohlräumen durchsetzte Kalksinter ist hier typisch ausgebildet. Deutlich sind MO an der Bitumenwand links oben im Bild zu erkennen. An der Bitumenoberfläche liegen zahlreiche der fraglichen kleinen runden Körperchen verstreut, die oben bereits erwähnt wurden (Taf. 12b). Nicht selten erscheinen diese zu kleinen Haufen angesammelt, wie unten links im Bild.

### Figur c, 6000×

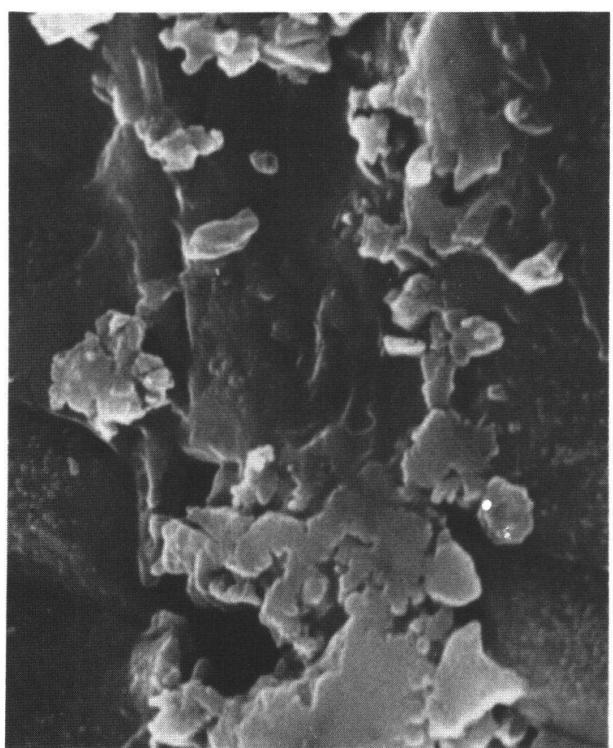
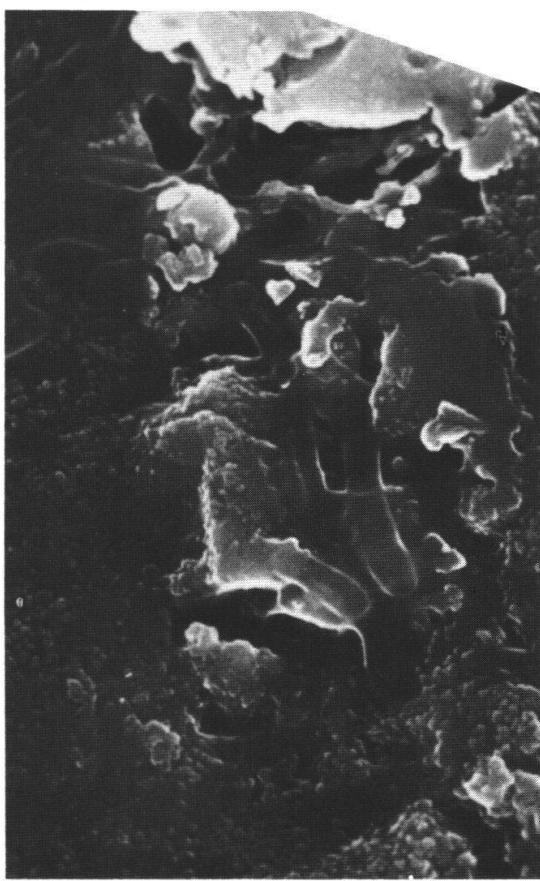
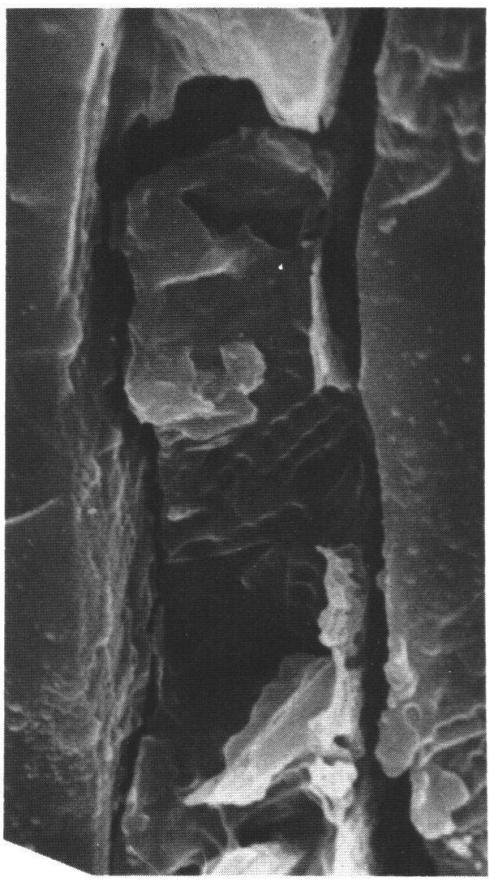
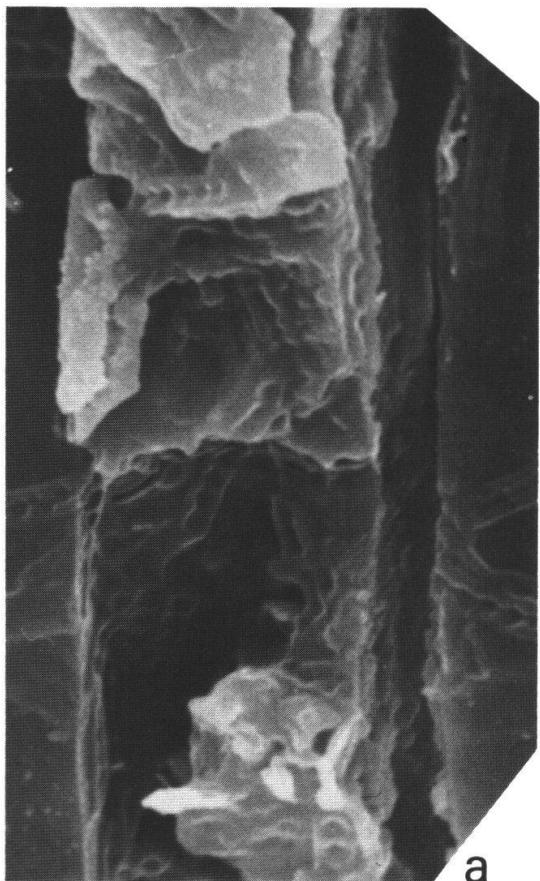
Der Ausschnitt liegt rechts der Nr. 11 auf Tafel 11. Die Aufnahme zeigt vereinzelte MO an der Calcitoberfläche, und zwar im Bereich der Anstossfläche des Kalksinters. Der Sinter ist hier grösstenteils weggebrochen, so dass die löcherige Oberfläche des Calcits mit den MO ziemlich frei daliegt. Die mineralisierten MO, deren Einzelheiten fast nicht mehr erkenntlich sind, werden auch hier noch teilweise von Sinter bedeckt. Keine MO finden sich an diesem Ausschnitt im Sinter selbst (helle Fläche oben und graue rechts im Bild).

### Figur d, 6000×

Die Lage des Bildes befindet sich rechts der Nr. 10 auf Tafel 11. An den Bruchflächen der hängengebliebenen Sinterreste zeigen sich auch hier keine MO. Wohl aber erkennt man ein verschwommen erhaltenes, mineralisiertes Exemplar auf der Calcitoberfläche in der Mitte des Bildes.

Die Annahme, dass sich MO schon vor dem Absatz des Kalksinters in den Spalten des Bitumens und auf der Calcit-, resp. Bitumenoberfläche befanden, wird durch die oben dargelegten Beobachtungen gestützt.

## TAFEL 16



## TAFEL 17

Die beiden Aufnahmen wurden innerhalb des Spaltensystems, welches sich längs über die Oberfläche des Calcitkristalls hinzieht, angefertigt (Taf. 9a). In diesem Gebiet sind während der Präparation, bei der Trennung des Calcits vom Bitumen, Fragmente aus der Bitumenoberfläche herausgebrochen, was jetzt einen Einblick unter die Oberfläche des Bitumens ermöglicht.

Die Lagen der beiden Bilder erkennt man über der Nr. 5 am untern Bildrand auf Tafel 9b, als einen dunkleren langgezogenen Fleck, der dem Umriss des herausgebrochenen Bitumenfragments entspricht. Die genauere Orientierung wird durch die Spalte oben rechts auf den Bildern erleichtert.

### Figur a, 2400×

Das dunkle einförmige Gebiet oben im Bild repräsentiert den am tiefsten liegenden Teil des erschlossenen Bitumens. Es ist eine ebene Fläche, gekennzeichnet durch muscheligen Bruch (helle Streifung) und das Fehlen von MO. Über diesem unveränderten Bitumen folgt eine schmale Zone, welche sich durch eher lockeres und brüchig erscheinendes Bitumen auszeichnet. Hier finden sich neben den typischen MO auch zahlreich, die oben schon mehrmals erwähnten merkwürdigen kleinen runden Körperchen. Das untere Drittel des Bildes zeigt die normale Bitumenoberfläche mit den MO, aber hier mit nur vereinzelten dieser runden Körperchen.

### Figur b, 6000×

Diese Aufnahme zeigt einen Ausschnitt am obigen rechten Bildrand, gegenüber dem Pfeil. Die breite Spalte oben ist am Bild 17a gerade noch zu erkennen (vgl. auch Taf. 9b).

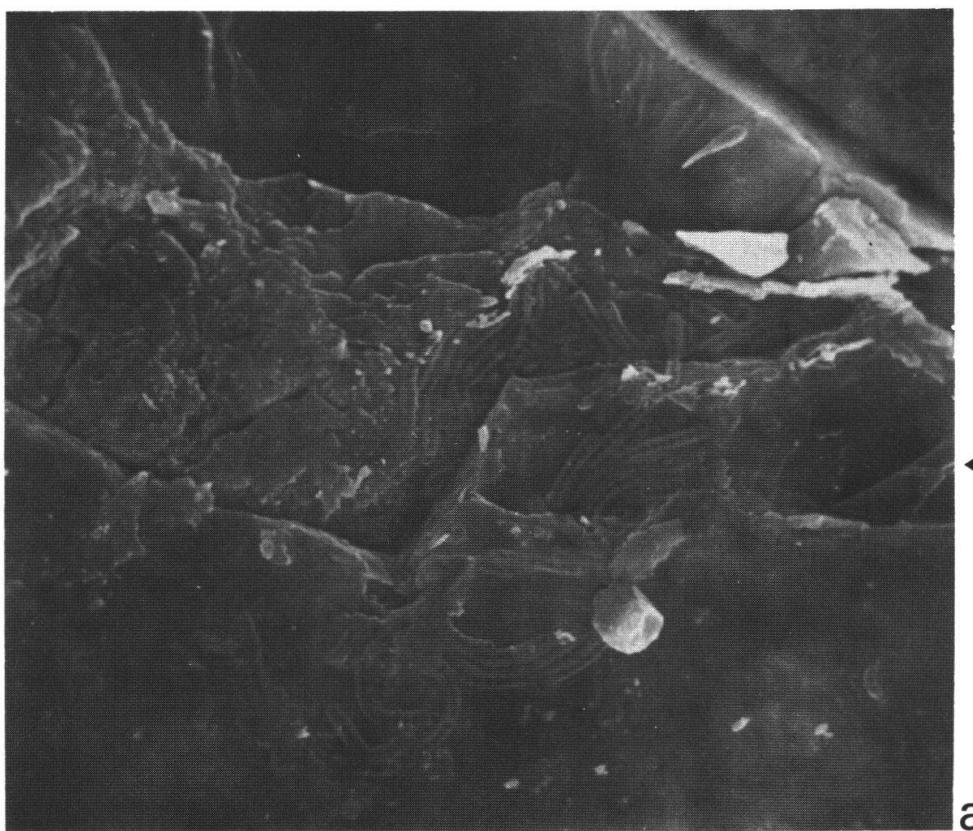
Etwas unterhalb der Mitte im Bild befinden sich zwei MO, deren unterer Teil am Bitumen haften geblieben ist. Der obere Teil ging mit dem abgebrochenen Bitumenfragment verloren. Man erkennt an beiden Individuen Membranteile die den Umriss mit der Basis der «Querwände» andeuten.

Etwas höher, längs einer Bruchkante, liegt ein noch deutlich erhaltenes MO. Dass sich dieses hier wirklich *in situ* befindet, zeigt die Anpassung der Bitumen-Kante an den Rand der rechten Seite dieses Exemplars.

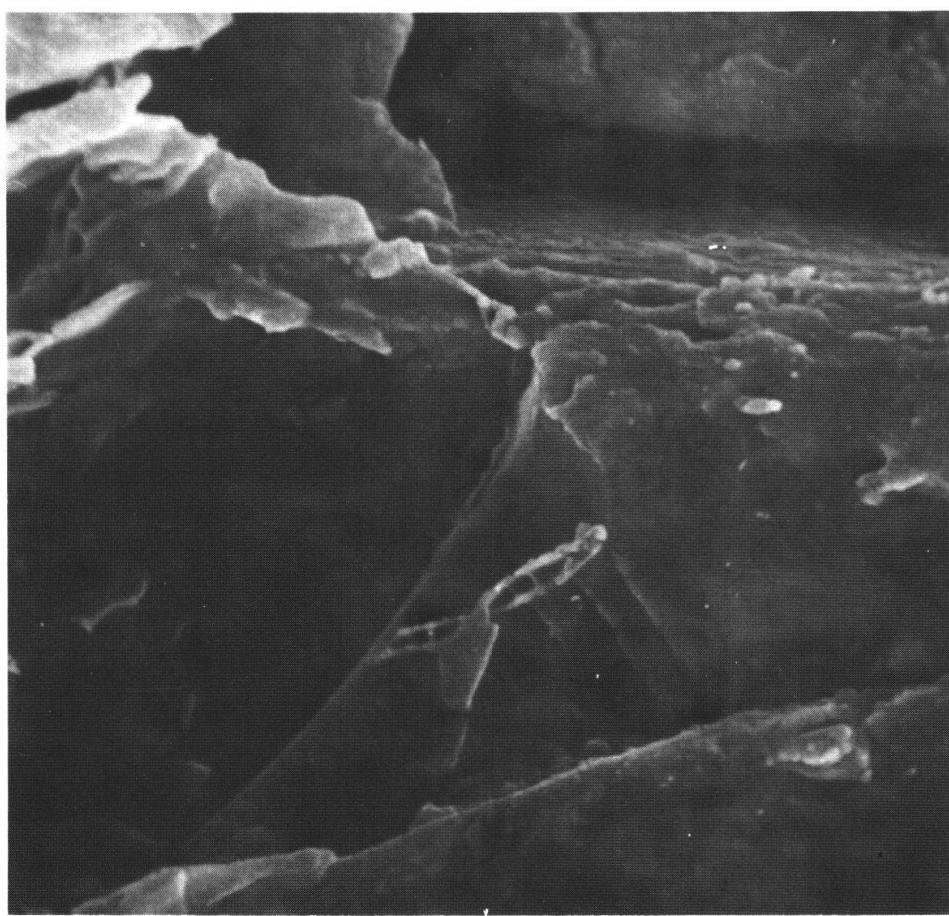
Oben links in der Ecke des Bildes sind 2 parallel nebeneinander liegende Individuen zu erkennen, welche bei der Präparation zerbrochen wurden. Die Bruchstelle ist in der oberen Hälfte am links liegenden Exemplar deutlich sichtbar, und verläuft zwischen dem helleren und dunkleren Grauton.

Diese Beobachtungen an den beiden Bildern erhärten die oben schon geäusserte Annahme, dass MO nicht nur an der Oberfläche des Bitumens auftreten, sondern auch in die oberste Schicht desselben eindringen konnten, (vgl. HEYER 1966, Abb. 1, p. 228).

## TAFEL 17



a



b

## TAFEL 18

Im Nachfolgenden werden Resultate besprochen, die durch Anritzen der Bitumenoberfläche mit einer feinen Stahlnadel erhalten wurden.

### Figur 18a, 12000×

Der Ausschnitt wurde auf Tafel 10 mit der Nr. 12 bezeichnet. Die beiden MO in der oberen rechten Bildhälfte sind als helle Fleckchen, zwischen einem grösseren quadratischen Bitumenfragment rechts und dem oberen Teil der «2» links, zu erkennen.

Die dünne oberste Lage am Bitumen (Taf. 17a) wurde durch Anritzen, von der Fläche unten rechts im Bild entfernt. Das Bitumen ist hier dunkler, da tiefere, leicht muschelig brechende Lagen freigelegt wurden. Die rechte Hälfte eines MO wurde dabei betroffen. Es scheint, dass hier sowohl das Bitumen, als auch die MO von einer sehr dünnen Haut bedeckt werden, deren Abrisskante letzteres überquert und dann weiter bis an den unteren Bildrand reicht. Über die Natur dieser Haut sind keine sicheren Hinweise zu erhalten.

### Figur 18b, 6000×

Die Aufnahme zeigt einen Ausschnitt aus Tafel 12a. Als Orientierung dient ein auffallender heller Streifen am linken Bildrand, der sich auf Tafel 10 unter der Nr. 4 wiederfindet. Man lasse sich beim vergleichen der Bilder durch die Verzerrungen nicht täuschen; sie beruhen auf der gewölbten Bitumenoberfläche (Negativ des Calcitkristalls) einerseits und dem Kippwinkel von  $30^\circ$  bei Tafel 12a andererseits.

Die unregelmässig umrissene dunkle Fläche bezeichnet den Bereich, der durch den Eingriff betroffen wurde. Zwei der angeritzten MO sind von Interesse. Beide befinden sich längs des oberen Randes der dunklen Fläche, auf der linken Bildhälfte.

Das unterste Exemplar, am Ende einer Kette von 4 Individuen, wurde auf Tafel 12a mit einem Pfeil am oberen Bildrand gekennzeichnet. Auf jenes rechts davon, weist der Pfeil am rechten Bildrand.

Es wiederholen sich hier, die auf Tafel 17b und 18a beobachteten Verhältnisse: Am Exemplar links wurde die oben erwähnte dünne Haut an der Oberfläche des Bitumens, bis auf einen kleinen Rest abgelöst. Die Abrisskante ist deutlich zu verfolgen. Oben rechts im Bild wurde ein Fragment dieser Haut nach rückwärts, über die Oberfläche des Bitumens gelegt.

Am Exemplar weiter rechts wurde die untere Hälfte abgebrochen. Ein Teil der Basis an der linken Seite des Individuums blieb am Bitumen hängen, und hebt sich als heller Strich vom dunklen Untergrund ab. Die Beobachtungen von Tafel 17b werden hier bestätigt.

## TAFEL 18



## TAFEL 19

### Figur a, 6000×

Der Ausschnitt liegt links von der Nr. 7 auf Tafel 10. In der oberen Hälfte wird das Bild vom Abdruck der Kontaktzone zweier Zwillingslamellen am Calcitkristall überquert. Die Gruppe von MO darüber ist auf Tafel 10 noch gut zu erkennen.

Die dünne Haut, welche die Bitumenoberfläche auch hier bedeckt, wurde durch Anritzen von einer grösseren Fläche abgelöst, etwas tuchartig gefaltet und nach rückwärts gelegt. Das Ende eines tiefer unter der Oberfläche des Bitumens liegenden MO, dessen Fortsetzung nach unten rechts auf der Oberfläche nur sehr schwach angedeutet ist, wurde dabei freigelegt. Die beiden Pfeile weisen auf diese Stelle.

### Figur b, 12000×

Diese vier besonders deutlich überlieferten Exemplare liegen auf der Bitumenoberfläche über einer niedrigen Erhebung. Sie befinden sich weiter gegen rechts, ausserhalb der Tafel 10.

Die Querwände, welche die Vertiefungen längs der Mittellinie trennen, zeigen, nach diesem Bild, in ihrer Mitte eine Öffnung, so dass sie eher als Ringe erscheinen, die von oben leicht eingedrückt wurden.

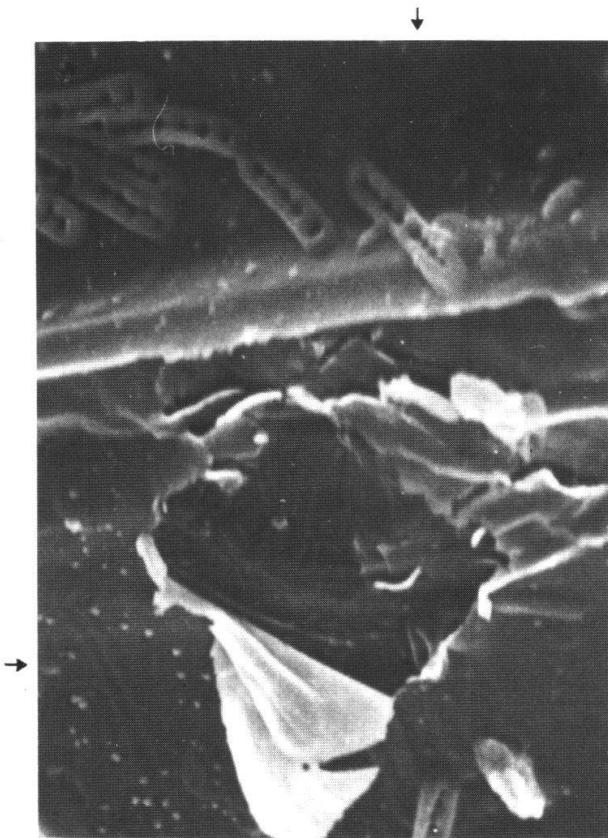
Um die Morphologie der MO besser zu erfassen sind jedoch weitere gezielte Untersuchungen nötig.

### Figur c, 1200×

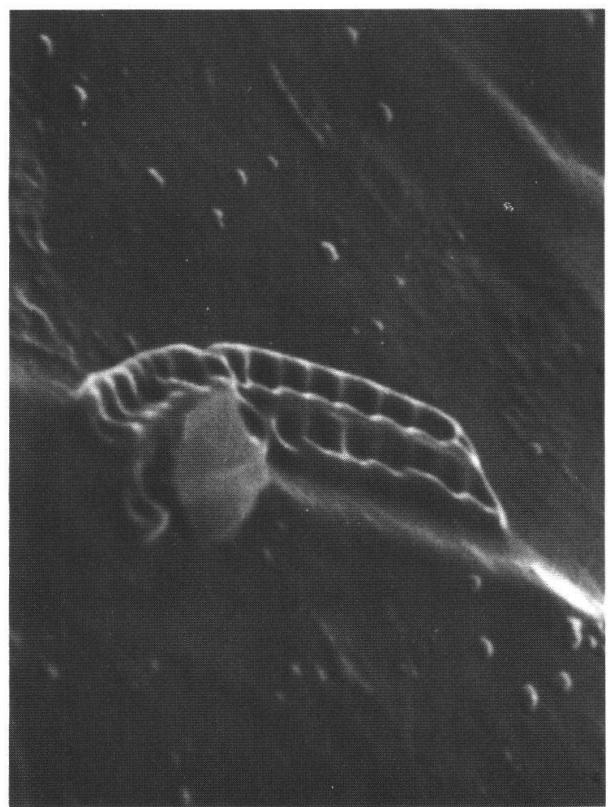
Das Bild zeigt einen Ausschnitt aus der Oberfläche eines grösseren Calcitkristalls, dessen Negativ auf der oberen Hälfte von Tafel 7c sichtbar ist.

Die Zwillingslamellen wurden durch kleinere Störungen leicht gegeneinander versetzt. Die Aufnahme soll den Gegensatz veranschaulichen, der zwischen Oberflächen mit und ohne MO besteht (vgl. Taf. 13 und 14b).

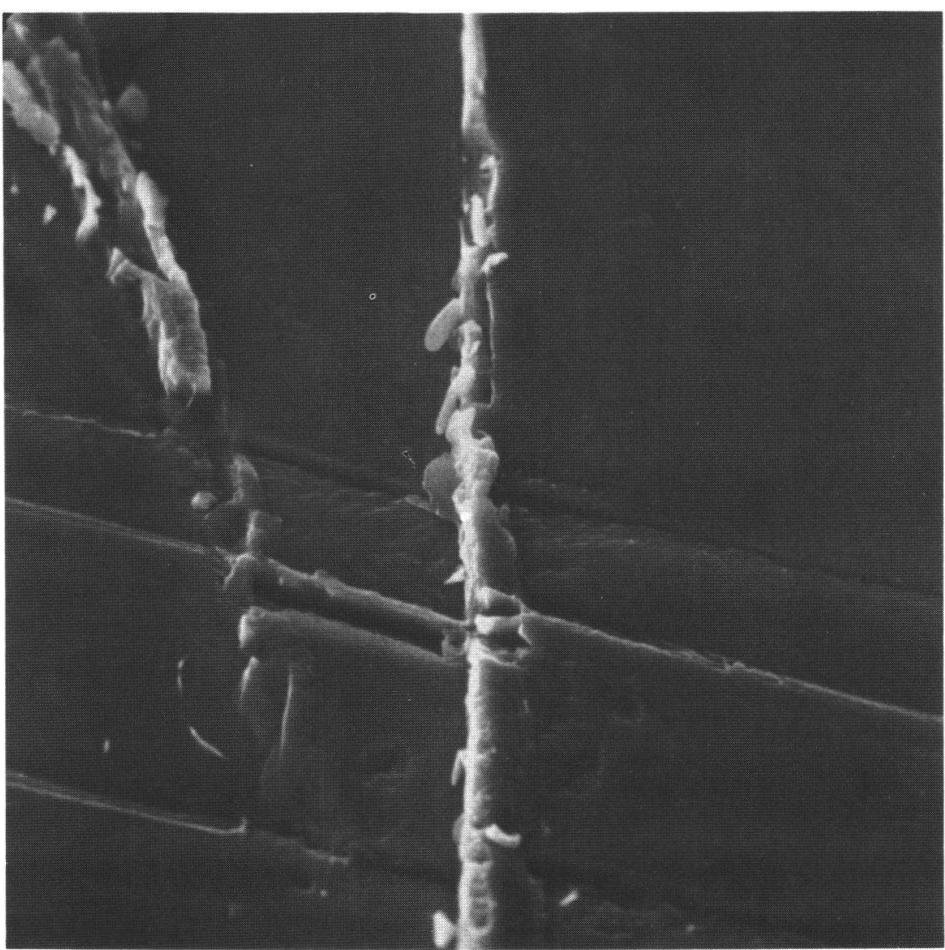
## TAFEL 19



a



b



c

## **Anerkennungen**

Die hier dargelegten Beobachtungen und Ergebnisse wurden mit W. LÖFFLER vom Institut für Biologie II der Universität Tübingen (Lehrbereich Mikrobiologie) besprochen. Zahlreiche Anregungen konnten im Text verarbeitet werden. Ich danke Herrn Prof. W. LÖFFLER für seine Bemühungen und das grosse Interesse, das er der Arbeit entgegenbrachte.

JOHANNES NEHER (Geologisches Institut ETH, Zürich) verdanke ich gute Ratschläge, die sich bei den Untersuchungen bewährt haben.

Die Aufnahmen am Raster-Elektronenmikroskop wurden durch R. GUGGENHEIM am Laboratorium für Raster-Elektronenmikroskopie, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel, gemacht. Ich danke Herrn Dr. GUGGENHEIM und Fräulein G. HABERKORN für die Geduld und das Interesse bei der Herstellung der Bilder.

In mineralogischen Fragen stand mir S. GRAESER (Mineralogische Abteilung des Naturhistorischen Museums, Basel) zur Seite.

## **Literatur**

- FOSTER, J. W. (1962): Hydrocarbons as substrates for microorganisms. *J. Microbiol. and Serol.* 28, 241–273.  
HEYER, J. (1966): Beobachtungen über das Wachstum von Bakterien in nichtwässrigen Lösungen. *Abh. deut. Akad. Wiss., Berlin. Vorträge des internationalen Symposiums «Erdölmikrobiologie»*, Brno CSSR, 5–7–10, 1964, 227–229.  
KUZNETSOV, S. I. (1966): Mikrobiologie der Erdöllagerstätten. *Abh. deut. Akad. Wiss. Berlin. Vorträge des internationalen Symposiums «Erdölmikrobiologie»*, Brno, CSSR, 5–7–10, 1964, 173–181.  
RENZ, O., JUNG, P. und PANCHAUD, R. (1973): Über eine Ölindikation im Mittleren Oxfordian des Waadt-länder Jura. *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 40, Nr. 97, 25–28.  
RENZ, O. (1974): Feste Erdölbittumina in der Gemsmättli-Schicht am Pilatus (Kanton Luzern). *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 40, Nr. 98, 1–24, 8 Taf. (mit Literaturverzeichnis).

## **Richtigstellung**

In der vorangegangenen Arbeit: VSP, 40, Nr. 98, p. 5 und p. 24 muss es A. I. LEVORSEN, statt A. I. LAVORSON heißen.