

Die Schnittführung bei der Beurteilung von Druck-Lösungsphänomenen

Autor(en): **Trurnit, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **48 (1968)**

Heft 2

PDF erstellt am: **19.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37783>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Schnittführung bei der Beurteilung von Druck-Lösungsphänomenen

Von *Peter Trurnit* (Heidelberg) *)

Mit 26 Figuren im Text

Zusammenfassung. Druck-Lösungserscheinungen werden kurz erläutert. Bei ihrer Beurteilung ist eine Schnittführung parallel der Stylolithenachsen wichtig; anders orientierte Schnitte ergeben Figuren, die zu falschen genetischen Schlüssen führen.

Abstract. Pressure-solution phenomena are briefly discussed. A critical examination of stylolites shows the importance of a cut parallel to the axis of the stylolites; other sections result in figures which may lead to wrong genetic conclusions.

A. Einleitung und historischer Exkurs

I. Die Phänomene

Diagenetische Druck-Lösungserscheinungen sind als glatte und rauhe „Eindrücke“ von Geröllen in Geröllen, von Sandkörnern in Sandkörnern, als Kornverzahnungen, als Stylolithen, Stylolithensäume und Suturen, Lösungsfugen, Suturenflächen und Stylolithenflächen bekannt.

Als erster erwähnte HUTTON (1785: 253; Neuauflage 1959: 99—101) „Eindrücke“ auf spanischen Kalkgeröllen; als nächster wurde J. T. WERNER (1802: 106) auf das Phänomen aufmerksam. Im 19. Jahrhundert wurde vorwiegend über „Eindrücke“ auf Kalkgeröllen der alpinen Nagelfluh und auf Quarzitgeröllen des Buntsandsteins diskutiert. „Eindrücke“ auf Geröllen, Sandkörnern und Fossilien wurden bis heute aus den meisten Formationen von vielen Lokalisationen auf einer grossen Zahl von Gesteinsarten beschrieben. Dünnschliffe von miteinander in Kontakt stehenden Geröllen mit „Eindrücken“ fertigte als erster SORBY (1863a: 801—807) an. Gestützt auf physikalisch-chemische Vorarbeiten von J. THOMSON (1862a, b, c) erklärte er die Entstehung der „Ein-

*) Adresse des Autors: Dr. P. Trurnit, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, 69 Heidelberg, Berlinerstrasse 19; z. Zt. RST Technical Services Ltd., P.O. Box 1, Kalulushi, Rep. Zambia, Africa.

drücke“ durch Druck-Lösung. Auch die stylolithische Verzahnung von Kalksteinbänken (*“the curious teeth-like projections with which one bed of limestone sometimes enters into another”*) und die Verzahnung von Kalksteinfragmenten (*“the mutual penetration of the fragments, of which some limestones are formed”*) erklärte SORBY (1863b: 549) auf dieselbe Weise. Er begründete die Druck-Lösungstheorie für alle hier besprochenen Druck-Lösungsflächen.

Eine Reihe heute nicht mehr diskutabler Theorien wurde aufgestellt, nach denen die „Eindrücke“ alleine durch Druck, Ausschleifung, Reibung, Erwärmung und anschliessende Schmelzung, Zerpulverung einer Oberflächenschicht durch Druck und anschliessende Auflösung der feineren Teilchen (Desaggregation), reines Lösen ohne Druck, Lösen durch Temperaturerhöhung etc. entstanden sein sollen. Nur SORBYS genetische Deutung hat bis heute Gültigkeit. Sie blieb lange Zeit unbeachtet. RIECKE (1894) regte erneut die Druck-Lösungstheorie an. Anfangs ging er nur von rein physikalisch-chemischen Gesichtspunkten ohne Bezugnahme auf geologische Fragen aus. Erst später (RIECKE, 1912) nahm er auch zu geologischen Fragen Stellung, nachdem das Prinzip der erhöhten Löslichkeit eines Minerals an Stellen einseitigen Druckes und Zuges nach seinem Namen benannt worden war; es sollte jedoch besser THOMSON-SORBY-RIECKESches Prinzip heissen. Vielfach stiess es auf Unverständnis, wie Arbeiten von KUMM (1919, 1925) und KESSLER (1919, 1921) beweisen. Beide Autoren versuchten unabhängig voneinander die „Eindrücke“ oder „Anlösungsmulden“ (im Sinne von MORAWIETZ, 1958) als Altersstadien von sog. „Anlösungsgruben“ (MORAWIETZ, 1958) zu deuten. Bei der letztgenannten Erscheinung handelt es sich um ringförmige Gruben mit einem Zentralkegel, die in jungen Ablagerungen an der Unterseite von Geröllen durch ungesättigte Sickerwässer herausgelöst werden (TURNIT, 1967); die Entstehung der „Eindrücke“ würde somit in das Niveau oberhalb des Grundwasserspiegels verlagert. KEGEL (1921) und besonders KUENEN (1942/43) konnten zeigen, dass diese Deutung nicht möglich ist. Zum selben Ergebnis kam auch MORAWIETZ (1958), während AVIAS (1956) versuchte, zwischen beiden Auffassungen zu vermitteln. Ausführlichen Nachweis von Schriften über „Eindrücke“ brachten MORAWIETZ (1958) und TURNIT (1967).

Das Phänomen der „Eindrücke“ von Sandkörnern in anderen Sandkörnern ist weniger häufig zu beobachten und wurde deswegen auch nur von wenigen Autoren, u.a. LAMAR (1928), GILES (1932), SLOSS and FERAY (1948), TAYLOR (1950), HEALD (1955, 1956), LOWRY (1956), CAROZZI (1960) und GLOVER (1963) beschrieben.

Durch Druck-Lösungstätigkeit verursachte Kornverzahnungen (Mikrostylolithenflächen) sind dagegen in vielen tiefer versenkten Sandsteinen häufig. Sie wurden oft als normale Korngrenzen oder Verdrängungsgrenzen angesprochen. Zur Orientierung über Kornverzahnungen sind u.a. die Arbeiten von WALDSCHMIDT (1941), TAYLOR (1950), GAITHER (1953), HEALD (1955), CAROZZI

(1960), VON ENGELHARDT (1960) sowie SCHIDLOWSKI und TRURNIT (1966) zu nennen.

MYLIUS (1751: 412) beschrieb aus dem Rüdersdorfer Muschelkalk E Berlin „Schwielen“ oder „Mahle wie versteinert Holz“. Sie wurden von KLÖDEN (1828, 1834) Stylolithen (stylos = Säule, lithos = Gestein) genannt. Frühe Beobachter dieser Phänomene erkannten nur die einzelne Gesteinssäule ohne ihren Zusammenhang mit einer Fläche. Anfangs fanden nur Stylolithen mit einem Fossilkopf Beachtung; sie sind Spezialfälle, aber nicht die Regel. Später erkannte man in den Stylolithen Teile unregelmässiger Säume (auf Steinbruchwänden, Handstücken) und im dreidimensionalen Bereich Teile von Flächen.

Stylolithen wurden zuerst als Fossilien (*Stylolithes sulcatus*, *Guiliemites* GEINITZ), später als Austrocknungs-, Karst-, Kristallisations-, Exhalations- und Erosionserscheinungen angesprochen. Lange hielt sich die Theorie einer Entstehung der Stylolithenflächen durch synsedimentäre bis frühdiagenetische differenzierte Setzung im unverfestigten Sediment; der Lösungsrückstand wurde dabei als primär sedimentierter Besteg aufgefasst. Diese von QUENSTEDT (1837) begründete Theorie hat noch heute einige Vertreter (u. a. SHAUB, 1939, 1947, 1949, 1950, 1953, 1955, 1958). Alle Phänomene erklärt jedoch nur die Theorie der Druck-Lösung im diagenetisch verfestigten Sediment oder zwischen verfestigten Sedimentkomponenten unterhalb des Grundwasserspiegels. Die Hauptvertreter der Druck-Lösungstheorie sind SORBY (1863a, b; 1879, 1908), FUCHS (1894), REIS (1901, 1902), WAGNER (1913) und STOCKDALE (1922, 1923, 1926, 1930, 1936, 1939, 1941, 1943, 1945). Gute Zusammenfassungen der Entstehungstheorien brachten ROTHPLETZ (1900), WAGNER (1913), GORDON (1918), STOCKDALE (1922, 1943, 1945), TWENHOFEL (1926: 518), CAYEUX (1935: 290), SHAUB (1939, 1955), BUSHINSKIY (1961: 40—43), SHROCK (1948: 239) und MANTEN (1966: 272—274).

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts bemerkte man zwischen den Säumen mit säulenförmigen Stylolithen und Säumen mit kegelförmigen Ausbuchtungen fließende Übergänge. Schon HUTTON (1785; Neuauflage 1959: 100—101) hatte von differenzierten Kontakten zwischen Geröllen gesagt: „*An indentation which resembles perfectly that junction of the different bones of the cranium, called sutures.*“ VANUXEM (1842) und HALL (1843: 131, Fig. 53) beschrieben diese Flächen als „*a kind of undulating seam or suture*“. Angeregt hiervon sprach ROTHPLETZ (1886: 68—69; 1896: 280; 1900) von Suturenflächen oder Drucksuturen (sutura = Naht). Er vermutete den genetischen Zusammenhang zwischen Stylolithensäumen und Drucksuturen. SUESS (1888: 335), FUCHS (1894) und REIS (1901: 82) stellten die Identität beider Phänomene fest. WAGNER (1913) sah in den Drucksuturen verkümmerte Stylolithensäume, bzw. in den Stylolithensäumen vollkommen entwickelte Drucksuturen.

Eine Übersicht des gesamten Gebietes der Druck-Lösungserscheinungen während der Diagenese mit 700 Literaturstellen gab TRURNIT (1967).

II. Physiko-chemische Bedingungen

Das THOMSON-SORBY-RIECKESche Prinzip, nach dem die hier besprochenen Phänomene erklärt werden, besagt folgendes: Für ein Mineral in seiner Lösung ist die Sättigungskonzentration für gleichförmigen, hydrostatischen Druck geringer als für einseitigen Druck oder Zug. Ungestresste Mineralien können in gleicher Lösung somit auf Kosten gestresster Mineralien derselben Art wachsen; gestresste Mineralien werden aufgelöst. Grundlegend hierfür waren die Versuche von BECKER and DAY (1905, 1916) und ihre Kontroverse mit BRUHNS und MECKLENBURG (1913, 1917). Auf die Problematik im einzelnen, insbesondere die Übertragbarkeit des einseitigen Druckes bei ungestörten Kristallen von den gestressten Flächen über das Kristallgitter auf den ganzen Kristall und die Abhängigkeit der Löslichkeit unter einseitigem Druck von der Orientierung anisotroper Mineralien, soll hier nicht weiter eingegangen werden. Bei Kristallaggregaten, aus denen Gerölle und häufig auch Sandkörner bestehen, wird der einseitige Druck von den gestressten Stellen nicht über das Aggregat auf die ungestressten übertragen. Deswegen können in detritischen Gesteinen (Sandsteine, Konglomerate, Brekzien) unterhalb des Grundwasserspiegels in gesättigter Porenlösung die detritischen Komponenten an den Kontakten senkrecht zum einseitigen Druck (meist Überlagerungsdruck) aufgelöst und das gelöste Material in den Poren in unmittelbarer Nachbarschaft auf Flächen, die unter gleichförmigem Druck stehen, wieder abgeschieden werden. Ist der Porenraum verschwunden, wird längs ausgedehnter Druck-Lösungsflächen nur noch gelöst und abtransportiert; Wiederausscheidung erfolgt in weiter entfernten Gebieten. PETTIJOHN (1957: 216) sprach in diesem Zusammenhang von „*a large scale application of the Riecke principle*“. Neben einseitigem Zug oder Druck und der Sättigungskonzentration spielt die Grenzflächen-spannung zwischen den Kontaktpartnern eine Rolle. Gelöst wird nur, falls Lösungsmittel entlang der Grenzfläche zwischen die Partner eindringen kann.

Lösung unter einseitigem Druck nach dem THOMSON-SORBY-RIECKESchen Prinzip und Wachstum gegen einseitigen Druck (Kristallisationskraft) folgen demselben Gesetz von CORRENS und STEINBORN (1939: 124—126, Fig. 5; siehe auch CORRENS, 1949a: 267—271; 1949b: 207, 248; BREHLER, 1951: 110—131; WEYL, 1959; VON ENGELHARDT, 1960: 22—24):

$$P = \frac{RT}{v} \ln \frac{c}{c_s}.$$

Dabei bedeuten: R = allgemeine Gaskonstante, T = absolute Temperatur, c = gegebene Konzentration, c_s = Sättigungskonzentration, v = Molvolumen der Substanz im Kristall. Die Ableitung ergibt, dass der normale ungleichförmige Druck P direkt proportional dem natürlichen Logarithmus der Konzentration ist. Ist die Konzentration höher als der dazugehörige, ungleichfö-

mige Gleichgewichtsdruck (Übersättigung), wird ausgeschieden — die Kristallisationskraft tritt in Erscheinung; ist der ungleichförmige Druck höher als die dazugehörige Konzentration (Untersättigung), wird gelöst und an unter gleichförmigem Druck stehenden Flächen wiederabgeschieden — das THOMSON-SORBY-RIECKESche Prinzip tritt in Erscheinung. Druck-Lösung und Kristallisationskraft liegen nur auf verschiedenen Seiten der Grenzdruckkurve (CORRENS, 1949a: Fig. 1; BREHLER, 1951: Fig. 1). Druck-Lösung hat für geologische Fragen eine viel grössere Bedeutung als die Kristallisationskraft. Historisch lässt sich dagegen eine starke Überbewertung der Kristallisationskraft feststellen.

B. Kontaktarten und Klassifikation von Druck-Lösungserscheinungen

Druck-Lösungserscheinungen bestehen aus einer Kontaktfläche und zwei Partnern (Fig. 1, A). Die Kontaktfläche kann eben oder gekrümmt (Fig. 1, B 1), glatt oder differenziert (suturiert, stylolithisiert) (Fig. 1, B 2) sein. Die Partner können gleiche relative Druck-Löslichkeit oder unterschiedliche rela-

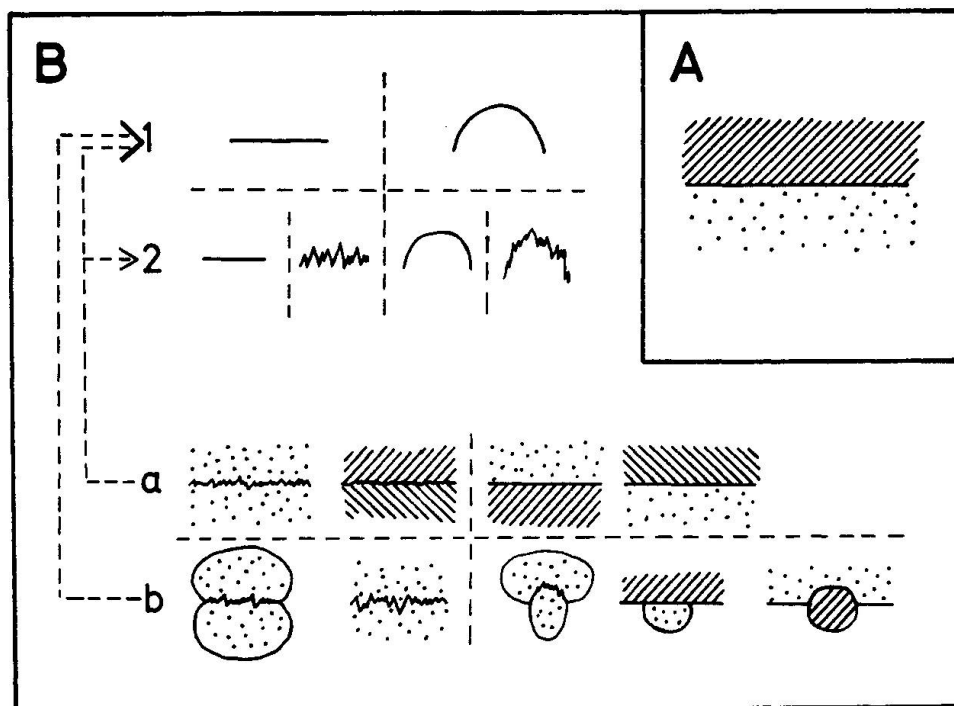


Fig. 1. A = Druck-Lösungserscheinungen bestehen aus zwei Partnern und einer Kontaktfläche; B = die Kontaktfläche kann eben oder gekrümmt (1), glatt oder differenziert (2) sein. Die Partner können gleiche oder unterschiedliche relative Druck-Löslichkeit in der Druck-Richtung (a), gleiche oder verschieden grosse Krümmungsradien am Kontakt (b) besitzen. Die Geometrie der Kontaktfläche ist eine Funktion der Eigenschaften der Kontaktpartner. Während sich auf 1 a und b auswirken, wird 2 nur durch a bestimmt.

tive Druck-Löslichkeit in der Druck-Richtung (Fig. 1, B a) sowie gleiche Krümmungsradien oder unterschiedliche Krümmungsradien am Kontakt (Fig. 1, B b) besitzen. Während Punkt 1 durch a und b bestimmt wird, ist Punkt 2 nur von a abhängig. Aus diesen Überlegungen ergeben sich 14 Druck-Lösungskontaktflächen, die in der Fig. 2 dargestellt sind. Sie können durch die Zahlen 1—14, durch Zeichnungen und durch Kontaktformeln charakterisiert werden. Die Formeln sind in der Fig. 2 hinreichend erläutert. Kontakte 5—8 sind im Gegensatz zu den Kontakten 1—4 nicht differenziert (suturiert, stylolithisiert). Sie stellen das noch glatte Anfangsstadium zwischen Partnern gleicher relativer Druck-Löslichkeit dar oder ein fortgeschrittenes Stadium, bei dem der Lösungs-

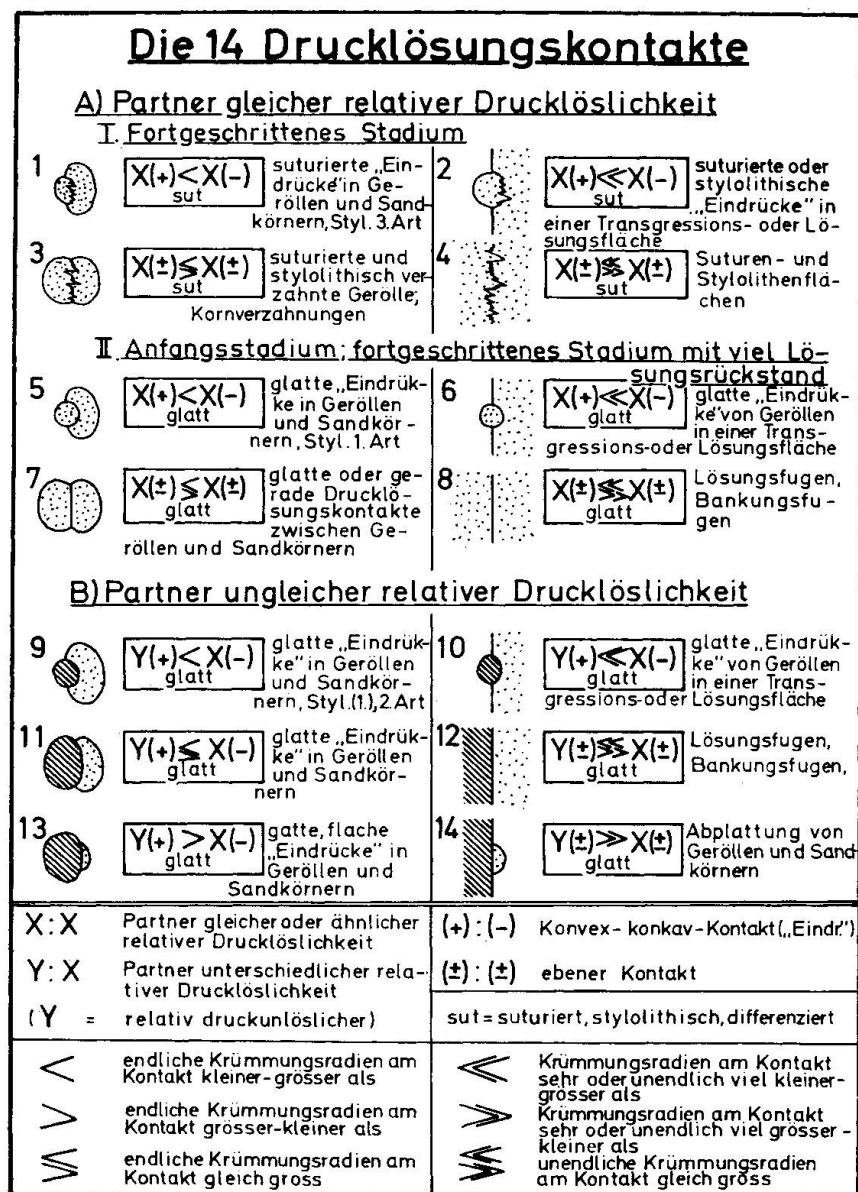


Fig. 2. Die 14 Druck-Lösungskontakte mit Kontaktformeln.

rückstand zu dick geworden ist; auch unterschiedliche Korngrösse der Kontaktpartner hemmt Differentiation der Kontaktfläche.

Eine Druck-Lösungsfläche zwischen Partnern gleicher relativer Druck-Löslichkeit (oft, aber nicht immer gleicher Zusammensetzung) ist im Anfangsstadium noch glatt. Bestimmte Punkte beider Partner werden gegenüber dem Angriff der Lösung besonders resistent, andere besonders löslich sein. Die Verbindung zwischen den besonders löslichen Punkten beider Partner bzw. den besonders resistenten Punkten beider Partner ergibt unregelmässig geformte Flächen, die im Idealfall die Mäntel von Kegeln, die sog. Stylolithen umschliessen (Fig. 3 A).

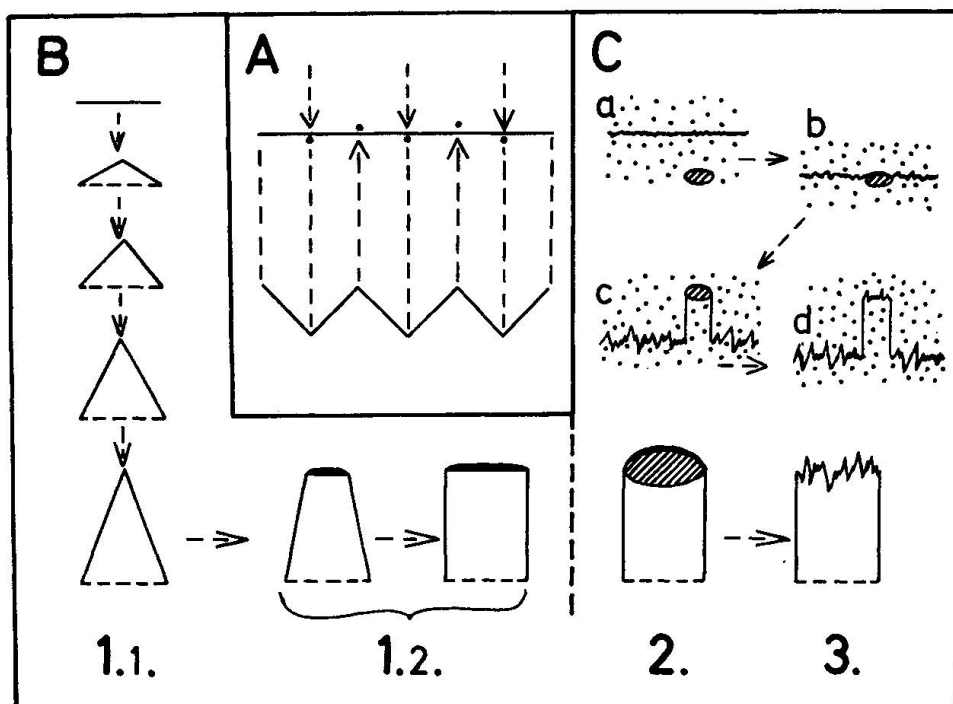


Fig. 3. A = Entstehung einer differenzierten Kontaktfläche zwischen Partnern gleicher relativer Druck-Löslichkeit; B = Entwicklung eines kegelförmigen Stylolithen 1. Art, 1. Ordnung (1.1.) und eines kegelstumpf- und säulenförmigen Stylolithen 1. Art, 2. Ordnung (1.2.) bei Ansammlung von viel Lösungsrückstand und Auflösung der Kegelspitze; C = Entstehung eines säulenförmigen Stylolithen 2. Art mit Kopf und absolut parallelen Seitenflächen (2., a-c) sowie eines Stylolithen 3. Art mit differenzierter Stirnfläche bei Auflösung des Kopfes (3., d).

Die Entwicklung eines kegelförmigen Stylolithen während fortdauernder Druck-Lösungstätigkeit, eines Stylolithen 1. Art, 1. Ordnung, zeigt die Reihe 1.1. der Fig. 3 B. Die Basis des Stylolithen bleibt konstant, die Höhe nimmt zu, die Seiten (Mantelfläche im Raum) streben eine Parallelstellung an. Der Winkel zwischen der Stylolithenachse und dem Kegelmantel wird kleiner. Lösungsrückstand kann auf den Seitenflächen angesammelt werden. Bei Anreicherung

von viel Lösungsrückstand wird die Kegelspitze aufgelöst. Es entstehen Kegelstümpfe, deren Seiten im Schnitt beinahe eine Parallelstellung einnehmen können. Kegelstümpfe und säulenförmige Stylolithen mit einer glatten Kappe aus Lösungsrückstand vor den Stirnflächen sind Stylolithen 1. Art, 2. Ordnung (Fig. 3 B, 1.2.). Bei den Stylolithen 1. Art wird sowohl vor und unter den Stirnflächen als auch vor und unter den Seitenflächen gelöst. Der einseitige auf den Stirnflächen lastende Druck ist durch die oben besprochene Formel von CORRENS und STEINBORN (1939: 126) gegeben; multipliziert man die rechte Seite dieser Formel mit $\sin \alpha$, wobei α der Winkel zwischen Stylolithenachse und Mantel des Kegels oder des Kegelstumpfes bedeutet, so erhält man den einseitigen Druck, der parallel der Stylolithenachse auf die Seitenflächen wirkt; er ist bei Parallelstellung von Seitenflächen und Stylolithenachse gleich Null.¹⁾ Überkippte Seiten- bzw. Mantelflächen, d.h. zum Sockel verjüngte Stylolithen sind nach der Druck-Lösungstheorie nicht möglich; die Partner, deren hervorragende Relikte die Stylolithen darstellen, könnten in diesem Fall im festen Zustand nicht ineinandergedrungen sein und könnten durch achsenparallelen Zug auch nicht auseinandergezogen werden.

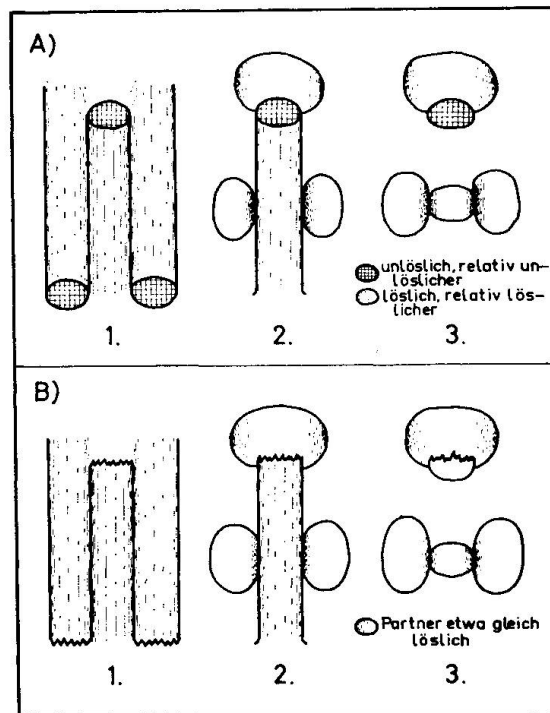
Wird eine gegenüber dem umgebenden Muttergestein druckunlöslichere Komponente, z.B. ein Fossil oder ein Quarzkorn durch die fortschreitende Druck-Lösungstätigkeit längs einer Druck-Lösungsfläche an diese Fläche verlagert, so gibt es zwei Möglichkeiten: 1. Lösungsmittel dringt allseitig zwischen die relativ unlösliche Komponente und das Muttergestein ein — die Komponente wird Lösungsrückstand; 2. Lösungsmittel dringt nicht allseitig ein — die Komponente wird Kopf eines säulenförmigen Stylolithen 2. Art mit absolut parallelen Seitenflächen (Fig. 3 C, a—c, 2.). Die Abfolge vom Muttergestein aus lautet: Sockel, Rumpf, Kopf, glatte Stirnfläche, Lösungsrückstand, Partnerfläche. Die Seitenflächen sind oft gestreift (Miniaturharnische). Ist der Kopf nur relativ unlöslicher als das Muttergestein, so grenzen nach seiner Auflösung entlang der Stirnfläche Partner gleicher relativer Druck-Löslichkeit aneinander. Falls der Lösungsrückstand nicht zu dick geworden ist, kann sich eine differenzierte (suturierte, stylolithisierte) Stirnfläche herausbilden, die einem Stylolithen 3. Art angehört (Fig. 3 C, d, 3.).

Den Zusammenhang zwischen „Eindrücken“ und Stylolithen zeigt die Fig. 4. Glatte „Eindrücke“ zwischen Partnern unterschiedlicher relativer Druck-Löslichkeit sind die Abdrücke von Stylolithen 2. Art, von denen nur der Kopf entwickelt ist und differenzierte (suturierte, stylolithisierte) „Eindrucksflächen“ zwischen Partnern gleicher relativer Druck-Löslichkeit können als die Abdrücke der Stirnflächen von Stylolithen 3. Art aufgefasst werden.

Die Fig. 5 bringt eine Klassifikation von Druck-Lösungserscheinungen, wie sie sich aus den bisher angestellten Überlegungen ergibt.

¹⁾ Detaillierte Angaben und Literaturstellen bei VON ENGELHARDT (1960: 24).

Fig. 4. Glatte „Eindrücke“ zwischen Partnern ungleicher relativer Druck-Löslichkeit sind als die Abdrücke der Stirnflächen von Stylolithen 2. Art aufzufassen, von denen nur der Kopf entwickelt ist; B = Stirnflächen von Stylolithen 3. Art entsprechen den Abdrücken von differenzierten „Eindruckflächen“ zwischen Partnern gleicher relativer Druck-Löslichkeit.



Klassifikation von Druck-Lösungserscheinungen

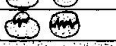
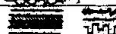
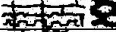
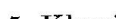
Punktförmig und linear, vor- dringende Druck-Lösung				Stylolithen 1. Art		1. Ordnung	Entwicklung von flachen zu steilen Kegeln		Unlöslicher Kopf	Original
						2. Ordnung	Entwicklung der Säulen aus Kegeln			
Fläche-Drucklösung	Begrenzte Flächen	Undifferenzierte, glatte			Stylolithen 2. Art		Säule von Anfang an durch den Kopf vorgegeben		Nur Kopf ausgebildet.	Abdruck
		Druck-Lösungsflächen			Glatte „Eindrücke“ (D-L-Kontkt.)					
		Punktförmig oder flächig differenzierte Druck-Lösungsflächen			Stylolithen 3. Art		Nur Kopf ausgebildet		Abdruck	
					Differenzierte „Eindrücke“					auf Geröllen auf, zwisch. Sandkörnern
	Unbegrenzte Flächen	Undifferenz., glatte Druck-Lösungsfl.			Lösungsfugen, Bankungsfugen, „Partings“		Original und Abdruck gleichwertig		Übergänge	
		Einfach punktförmig oder flächig differenzierte Druck-Lösungsflächen			Stylolithenflächen 1. Art, 1. Ordnung – Suturenflächen					
					Stylolithenflächen 1. Art, 2. Ordnung					
					Stylolithenflächen 2. Art					
					Zusammenhängende, glatte „Eindruckflächen“ in Kongl.; glatte „Eindrücke“ in einer Transgressions- oder Druck-Lösungsfläche (von Geröllen, Fossilien, Konkretion)					
					Zusammenh. glatte „Eindruckflächen“ in Sandsteinen – Suturenflächen					
					Stylolithenflächen 3. Art					
					Zusammenhängende, differenzierte „Eindruckflächen“ in Konglomeraten, Differenzierte „Eindrücke“ in einer Transgressions- (od. Druck-L.)-Fläche					
					Zusammenhängende, diff. „Eindruckflächen“ in Sandsteinen – Suturenflächen					
Räumliche Lösung durch die Kombination von Druck-Lösungsflächen				Flächenparalleles Gefüge						
				Vergittertes Gefüge						
				Diffuses Gefüge						

Fig. 5. Klassifikation von Druck-Lösungserscheinungen.

C. Die Schnittführung

Wie bei der Beurteilung der meisten geologischen Phänomene, so ist auch bei den Druck-Lösungserscheinungen räumliches Denken unbedingt Voraussetzung. Während die begrenzten Druck-Lösungsflächen der „Eindrücke“ häufig in der Aufsicht anzutreffen sind (Fig. 6), ist dies bei den ausgedehnten Druck-Lösungsflächen nicht der Fall. Ausgedehnte Druck-Lösungsflächen wurden meistens im Schnitt (Dünnschliff, Fläche eines Handstückes, Steinbruchwand) betrachtet. Von der zweidimensionalen Betrachtungsweise wurde

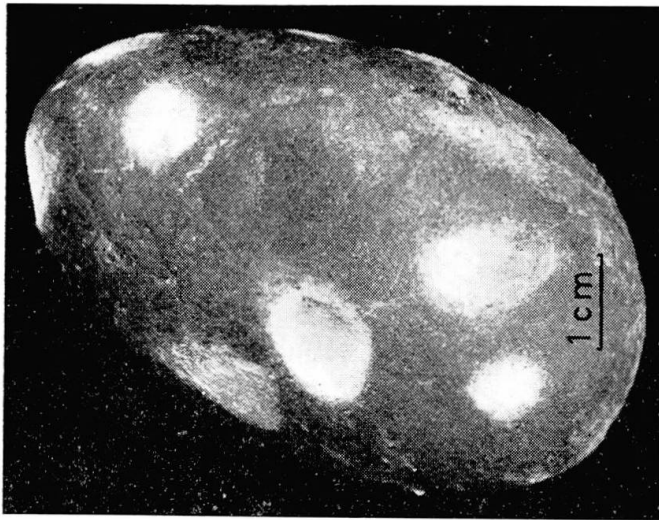
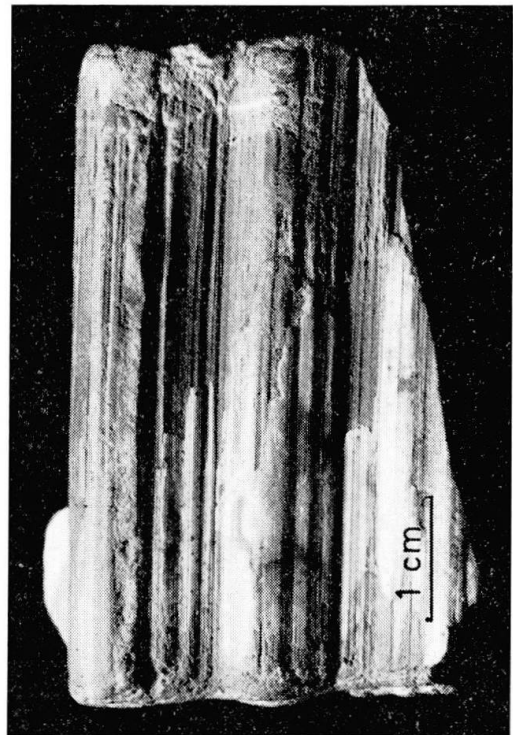


Fig. 6. Quarzit-Geröll mit „Eindrücken“. Der rote Hämatitüberzug ist nicht etwa als Lösungsrückstand in den „Eindrücken“ erhalten geblieben, sondern wurde aufgelöst (Buntsandstein - Basis - Konglomerat, W km 9,5 der Strasse Checa-Orea, Sierra de Albarracin, (Teruel, Spanien).

Fig. 7. Kalk-Stylolith 1. Art, 2. Ordnung mit eingebuchtetem Querschnitt bzw. gestreiften Seitenflächen. Die teils erhalten gebliebene Lamelle aus kristallinem Calcit auf den Seitenflächen ist eine epigenetische Bildung, die in die Zeit der Heraushebung und Verödung der Stylolithenflächen fällt (Muschelkalk, Saaletal bei Jena, Sammlung E. H. ERDMANNSDÖRFER, Nr. 427, Mineralogisches Institut, Heidelberg).



auf die räumliche Form und Genese der Stylolithen und Stylolithenflächen geschlossen. Räumliche Abbildungen von Stylolithen (Fig. 7) oder Aufsichten auf Stylolithenflächen (u.a. SHAUB, 1939: 59, Fig. 7; WEISS, 1954: Fig. 1; SPAETH, 1966: Fig. 3—4) sind selten. Sind die Stylolithen einer Druck-Lösungsfläche lang, so werden sie beim Spalten des Gesteins längs der Fläche gekappt. Die Spaltfläche zeigt die unregelmässigen, oft eingebuchteten Querschnitte der Stylolithen (Fig. 8, 9), die sich seitlich mit den Gegenstylolithen der Partnerfläche verzahnen (Fig. 8, 10), so dass sie senkrecht zur Achse oft nicht auseinandergezogen werden können.

Stylolithen einer Fläche oder einer Generation stehen mit ihren Achsen untereinander parallel; die Achsen sind parallel der Hauptrichtung des ungleichförmigen Druckes ausgerichtet. Eine zugehörige Stylolithenfläche muss nicht unbedingt eben, sondern kann auch abschnittsweise gekrümmt sein; sie kann in beliebigem Winkel zum ungleichförmigen Hauptdruck liegen. Stylolithen stehen nicht nur senkrecht auf der Druck-Lösungsfläche, sondern können in beliebigem Winkel dazu orientiert sein (BLAKE and ROY, 1949: 283, Fig. 1; RIGBY, 1953; DUNNINGTON, 1954: 45) (Fig. 11). G. H. WAGNER (1964: 533,

Fig. 8. Durch Druck-Lösungsfläche geleitete Spaltfläche eines Bohrkernes. Nur die schwarzen Flächenausschnitte zeigen die Druck-Lösungsfläche (Lösungsrückstand); die weissen Flächen zeigen Querschnitte von abgebrochenen Stylolithen und Gegenstylolithen („Massive Limestone“, Oberkreide, Souedie, Syrien; etwa 1740 m Teufe — Bohrkern der DEA, Hamburg).

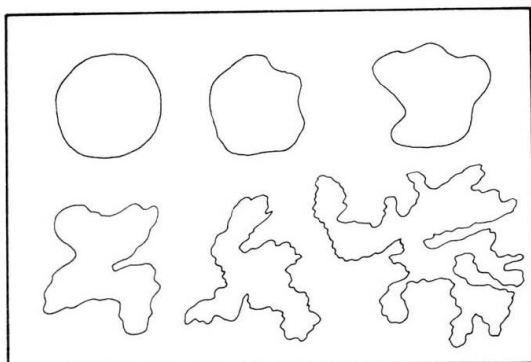
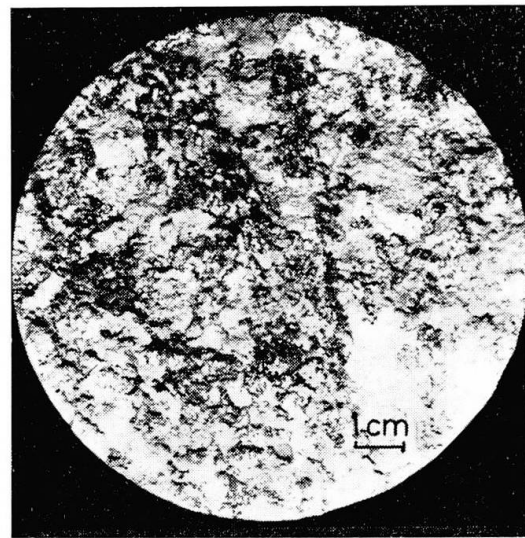


Fig. 9. Querschnitte von Stylolithen.

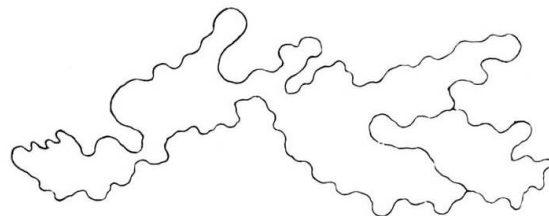


Fig. 10. Ineinandergreifende Querschnitte von Stylolithen nach BONNYCASTLE (1831: Fig. 2).

Fig. 6) stellte die Reihe „voll ausgebildete Stylolithen (Stylolithen in engerem Sinn), Schrägstylolithen, Nadelharnisch, Harnisch“ auf. Die Erscheinung des Nadelharnisches wird im angelsächsischen Schrifttum „*Slickolites*“ genannt (BRETZ, 1940, 1950; WELLER, 1960: 123, 124, Fig. 46; BUSHINSKIY, 1961: 32, 34, 45; NITECKI, 1962; MANTEN, 1966: 269; DUNNINGTON, 1967). Slickolites sind auch als Seitenflächen von Stylolithen (MICHOT, 1927: B 284, Fig. 5) und am Rand von „Eindrücken“ (SCHAAD, 1908: 48, Fig. 14) möglich. Ein Stylolithensaum, der senkrechte Stylolithenachsen zeigt, kann im Raum eine Druck-Lösungsfläche mit Schrägstylolithen darstellen (Fig. 12a). Im Schnitt parallel zueinander liegende Druck-Lösungsflächen können im Raum kon- bzw. divergieren (Fig. 12b).

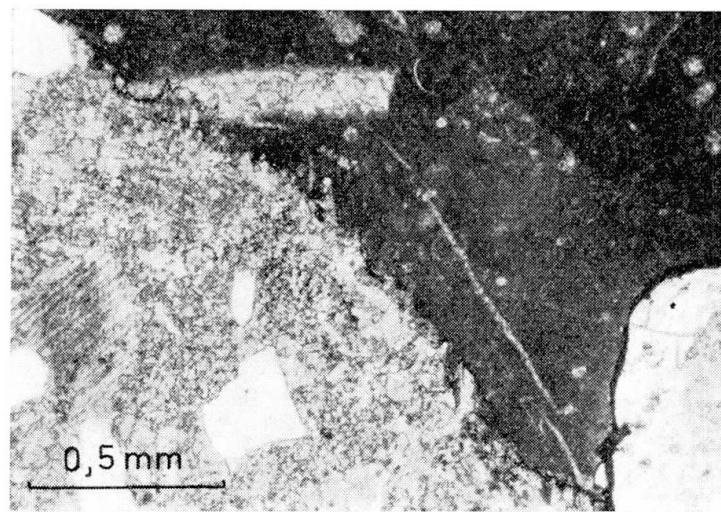


Fig. 11. Differenzierter (stylolithischer) Druck-Lösungskontakt zwischen einem Geröll aus feinkörnigem, fossilführendem Kalk (gefärbt) und Calcit-Zement. Die Stylolithen stehen mit den Achsen schräg zur Druck-Lösungsfläche (Schrägstylolithen) und parallel dem ungleichförmigen Druck (Nagelfluh, Tertiär, Stampien, Untere Meeresmolasse, Risettenloch bei Finsterwald im Entlebuch, Schweiz).

Die Fig. 13 A zeigt auf der Vorderseite des Quaders eine Stylolithenfläche, die parallel der Stylolithenachse geschnitten wurde. Die Seitenfläche des Quaders zeigt einen Schnitt parallel der Stylolithenachsen und senkrecht zum Streichen der Druck-Lösungsfläche; nur dieser Schnitt ergibt den wahren Winkel zwischen Achsen und Fläche. Die Deckfläche des Quaders zeigt die ineinandergreifenden unverzerrten Querschnitte von Stylolithen und Gegenstylolithen sowie vorne isolierte Querschnitte der von unten nach oben ragenden Stylolithen, hinten der von oben nach unten zeigenden Gegenstylolithen.

Dem Quader mit der richtigen Schnittlage kann ein Quader mit beliebiger Orientierung der Schnittflächen zu den Stylolithenachsen der Druck-Lösungsfläche gegenübergestellt werden (Fig. 13 B). Es zeichnen sich Gebilde ab, die als

- a) keulenförmig angeschwollene Stylolithen, Stylolithen mit konkaven Seitenwänden, „*keystone offsets, keystone structures, wedges, wedge-shaped stylolites, folded stylolites, loop structures, haphazard stylolites*“, gekrümmte Stylolithen (Fig. 14—18),
- b) Inseln, Fenster, „*interlocking loop structures*“, ringsum geschlossene Bildungen, doppelte Kappen, Tochter- und Mutterstylolithen (Fig. 19—21)

beschrieben wurden. Die unter a) aufgeführten Strukturen zeigen Stylolithen (im Schnitt) mit konkaven Seitenwänden, einem Sockel, der schmaler ist als der obere Teil der Säule, oder unregelmässig gebogene faltenähnliche und über-

Fig. 12. a) Die Vorderansicht des Würfels zeigt parallel zu den Achsen geschnittene Stylolithen. Die Schnittführung der Seitenansicht läuft sowohl parallel der Stylolithenachsen als auch senkrecht zum Streichen der Druck-Lösungsfläche; nur dieser Schnitt ergibt den richtigen Winkel zwischen Stylolithenachsen und Druck-Lösungsfläche; b) parallel verlaufende Stylolithensäume müssen im Raum nicht parallel verlaufende Druck-Lösungsflächen darstellen.

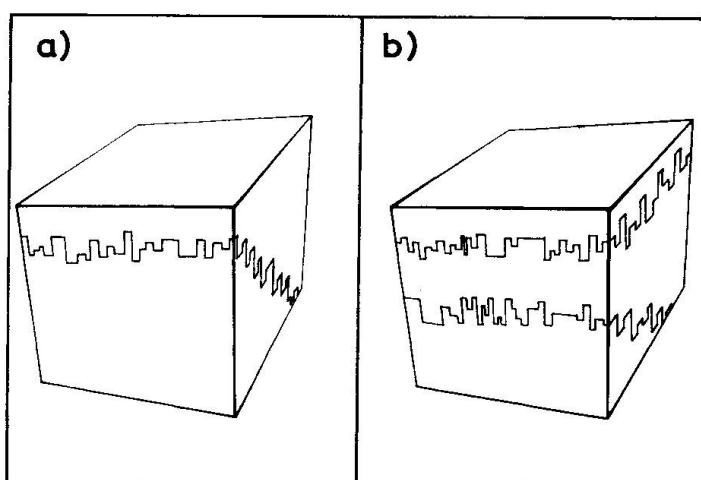
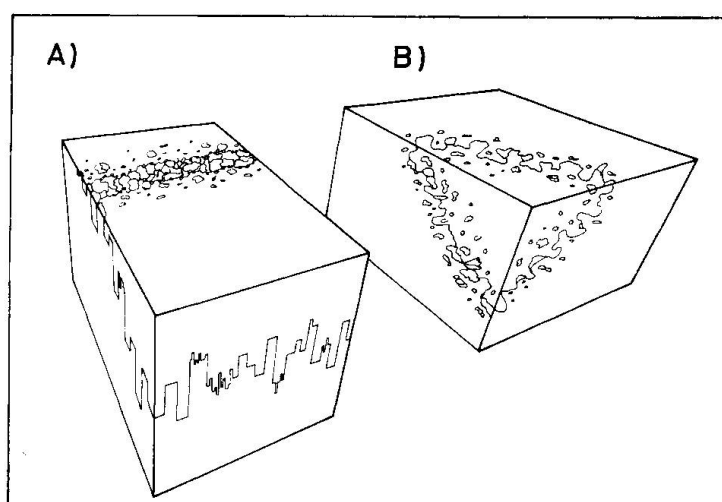


Fig. 13. A = Vorder- und Seitenansicht wie Fig. 12a; die Deckfläche zeigt die ineinandergreifenden Querschnitte von Stylolithen und Gegenstylolithen sowie vorne isolierte Querschnitte nach oben zeigender Stylolithen, hinten solche nach unten weisender Gegenstylolithen; B = beliebig zur Druck-Lösungsfläche geführte Schnitte; durch die Kombination von Längs- und Querschnitten entstehen überkippte, gekrümmte, zum Sockel verjüngte Stylolithen sowie sog. Fenster und Inseln.



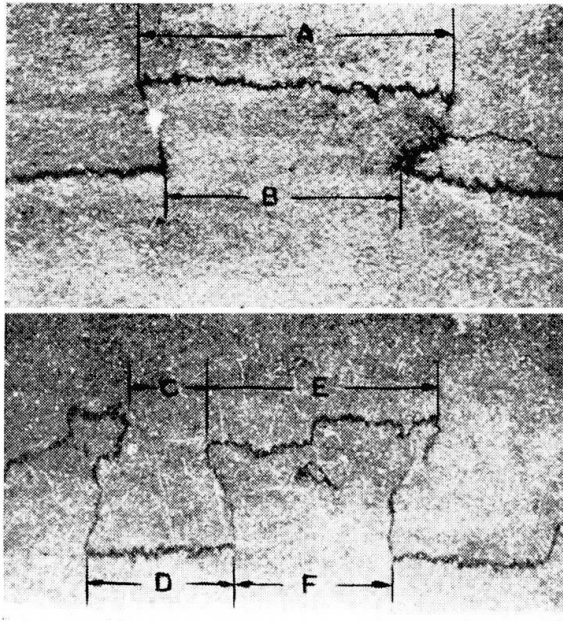


Fig. 14. „Wedge-shape“ oder „keystone-offsets“ nach SHAUB (1949: 32, Fig. 1).

Fig. 15. „Loop-structure“ nach SHAUB (1949: 33, Fig. 2).

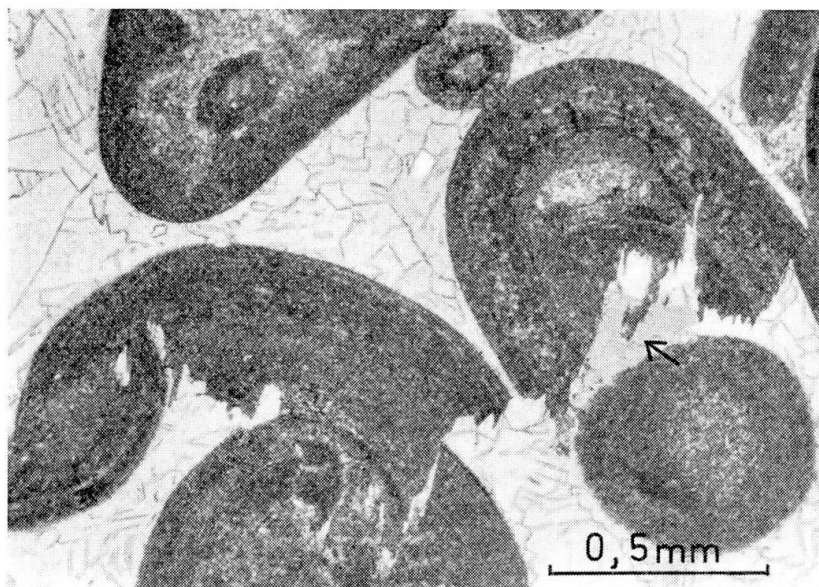
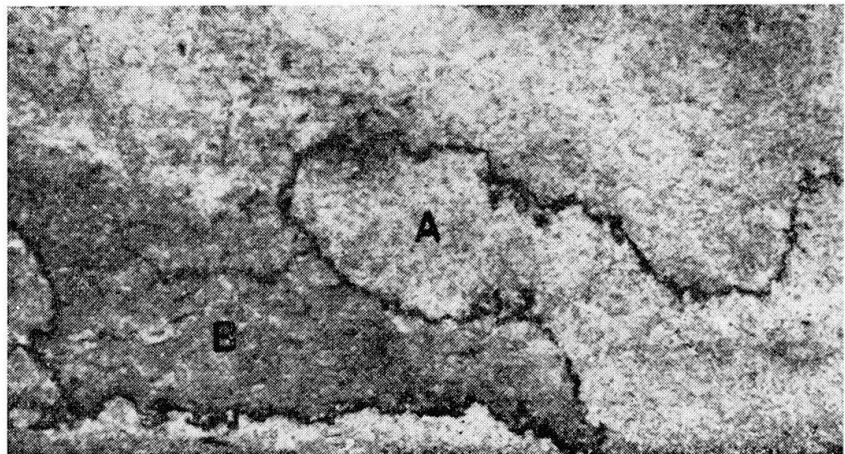


Fig. 16. Eine Stylolithenfläche 1. Art, 1. Ordnung in einem Kalkoolith durchsetzt Ooide und Calcizement; die Schnitfführung erfolgte nicht ganz genau parallel der Stylolithenachsen, was an eingebuchteten Strukturen (Pfeil) sichtbar ist (Jura, Kimmeridge, S Torres de Albarracin, Teruel, Spanien).

Fig. 17. Gekrümmter und keulenförmiger Stylolith durch nicht achsenparallele Schnittführung; N x („*Massive Limestone*“, Oberkreide, Souedie, Syrien; 1888 m Teufe — Bohrkern der DEA, Hamburg).

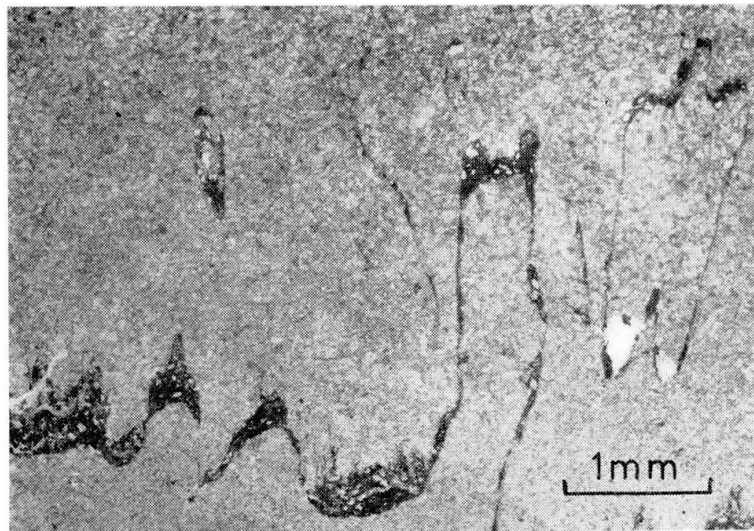
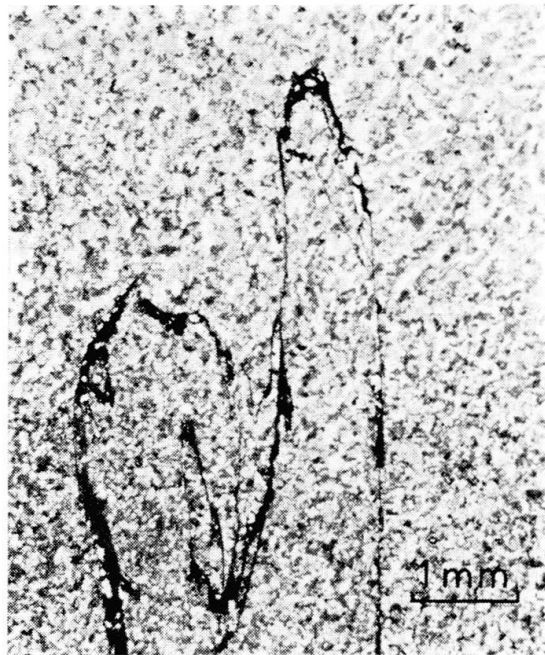


Fig. 18. Gekrümmter Stylolith sowie sog. Fenster und Inseln durch nicht achsenparallele Schnittführung; Fenster und Inseln sind kombinierte Längs- und Querschnitte von Stylolithen; N x („*Massive Limestone*“, Oberkreide, Souedie, Syrien; 1888 m Teufe — Bohrkern der DEA, Hamburg).

kippte Gebilde. Entstehung dieser Formen im plastischen, noch unverfestigten Sediment wird suggeriert.

Interessant ist eine Arbeit von SHAUB (1949: 26—36, Fig. 1—3) (Fig. 14 bis 15). Sie ist ein gutes Beispiel für genetische Schlussfolgerungen aus zweidimensionaler Darstellung. SHAUB photographierte Marmorplatten mit Zeichnungen von Druck-Lösungserscheinungen in den USA

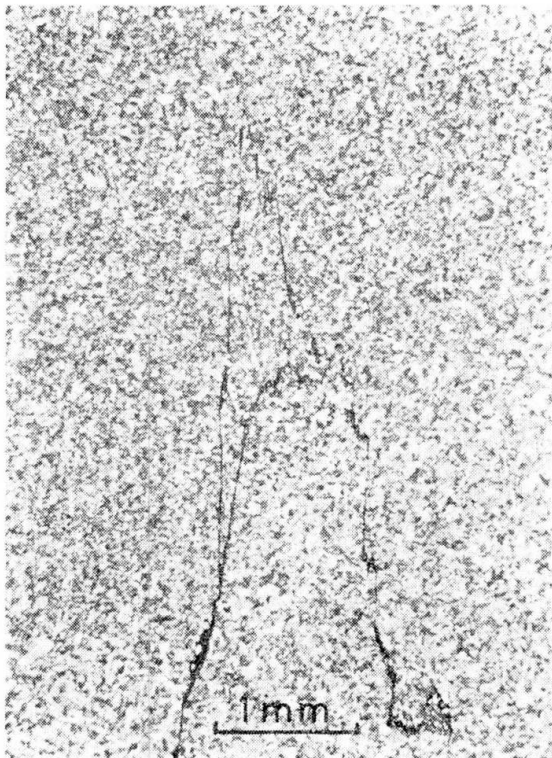


Fig. 19. Tochter- und Mutterstylolith durch nicht achsenparallele Schnitfführung; ein kombinierter Längs- und Querschnitt durch je einen Stylolith und einen Gegenstylolith liegt vor; N x („Massive Limestone“, Oberkreide, Souedie, Syrien; 1888 m Teufe — Bohrkern der DEA, Hamburg).

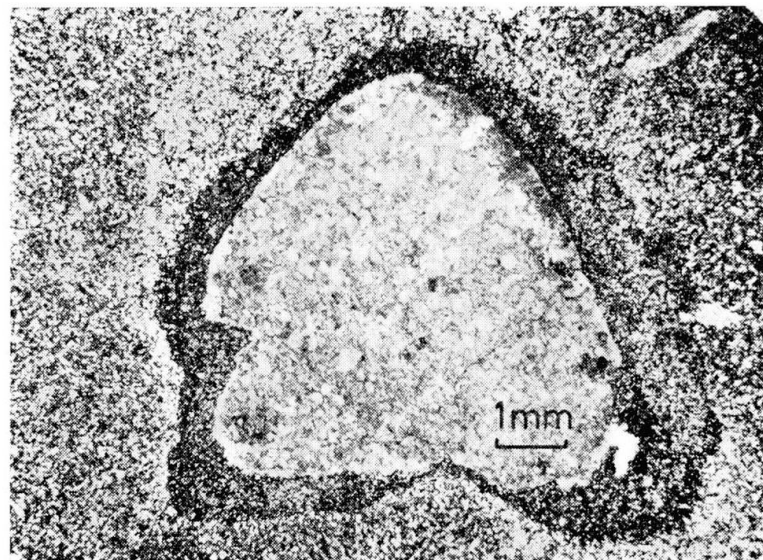


Fig. 20. Querschnitt oder Fenster eines „Eindrucks“. Die Dicke des Lösungsrückstandes ist durch die Schnitfführung stark übertrieben; N x (polygene Nagelfluh, Oligozän, Untere Meeresmolasse, Rossbergsturz, Abbruchstelle, NW der Flur Gribisch, Schweiz).

- a) auf dem Fussboden des Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, Mass.,
- b) auf den Stufen des Carr-Buildings in Springfield, Mass.,
- c) an der Wand eines Raumes im Hotel Cleveland, Cleveland, Ohio.

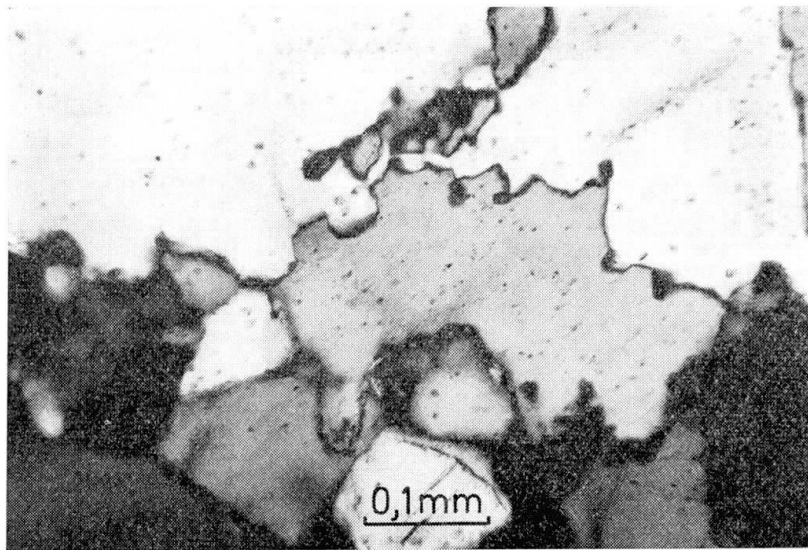


Fig. 21. Differenzierte Druck-Lösungskontakte in Sandstein, die nicht parallel der Styrolithenachsen geschnitten wurden; zum Sockel verjüngte Styrolithen sowie Fenster und Inseln (verzerrte, isolierte Querschnitte von Styrolithen) sind sichtbar; N x (altpaläozoischer Sandstein, El Gattusa, Libyen, etwa 1455 m Teufe — Schliff der DEA, Hamburg).

Auf Grund dieser Zufallsschnitte durch den Tennessee Marble, die sog. „*keystone- und loop structures*“ zeigten, schien ihm die Theorie der differenzierten Setzung zur Erklärung der Genese von Styrolithen- und Suturenflächen am geeignetsten.

Schon WAGNER (1913: 115) betonte, dass nur wenige Grad von der achsen-

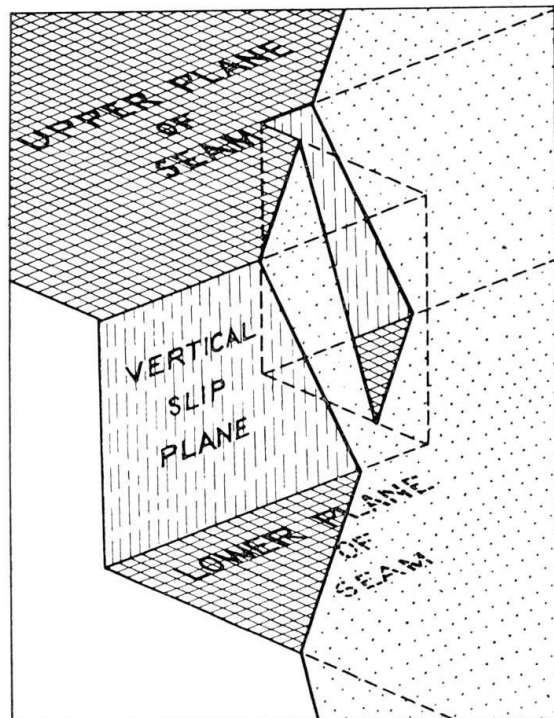


Fig. 22. Deutung der „*keystone-offsets*“ durch DUNNINGTON (1954: 30, Fig. 1).

parallelen Schnitfführung abweichende Schnitte „durch Kombination von Längs- und Querschnitt schwer verständliche Bilder mit mäandrischen Lobenlinien“ zeigen. BLAKE and ROY (1949: 785) und HEALD (1955: 105) äusserten sich ähnlich. SHAUBS „*keystone offsets*“ (Fig. 14) erfuhren durch DUNNINGTON (1954: 30, Fig. 1) eine Deutung (Fig. 22), wie sie wohl möglich, aber wahrscheinlich selten anzutreffen ist. Gekrümmte Stylolithen und zum Sockel verjüngte Stylolithen entstehen bei einer Schnitfführung, die von der achsenparallelen Richtung abweicht (Fig. 23 A). Doppelte Kappen und Tochterstylolithen stellen Schnitte durch benachbarte Stylolithen (Stylolith und Gegenstylolith) dar.

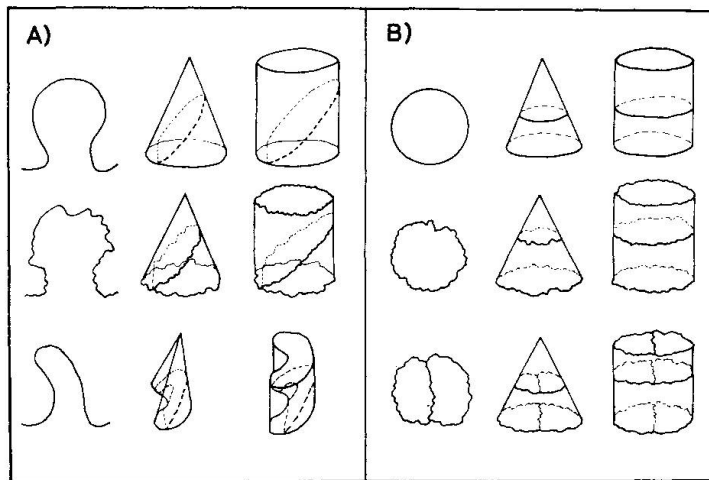


Fig. 23. Nicht achsenparallele Schnitte durch Stylolithen; A = beliebiger Schnittwinkel — Entstehung gekrümmter und zum Sockel verjüngter, keulenförmiger Stylolithen; B = Schnitfführung senkrecht zu Stylolithenachsen — Entstehung von Fenstern und Inseln (Querschnitte).

Die unter b) aufgeführten Inseln, Fenster und ringsum geschlossenen Bildungen stellen verzerrte oder unverzerrte Querschnitte von Stylolithen, die in grösserem Winkel zur Stylolithenachse geschnitten wurden, dar (Fig. 23 B). Nach HEALD (1955: 112) können Querschnitte von Stylolithen in Sandsteinen leicht als Einschlüsse oder Verdrängungen gedeutet werden.

Im Gegensatz zu den Stylolithen kann sich die Kappe aus Lösungsrückstand tatsächlich seitlich so verschieben, dass einwärts springende Winkel entstehen. In dem eingebuchteten Raum kann sich eine kristalline Lamelle ausscheiden, deren Aussenfläche parallel der Stylolithenachse und dem ungleichförmigen Druck liegt (Fig. 24).

Sind horizontale und vertikale Stylolithenflächen miteinander vergittert, so kann ein Schnitt zwar achsenparallel zu den Stylolithen des einen, aber nicht unbedingt zu denen des anderen Systems liegen.

Abgesehen von der Schnitfführung senkrecht zum Streichen der Stylolithenfläche bei Schrägstylolithen und Slickolites kann auch eine andere Schnittlage, die allerdings immer achsenparallel sein muss, notwendig werden. Die Fig. 25 zeigt den Stylolithen eines Gerölles im Schnitt, der in den kalkspatverheilten Bruch eines anderen Gerölles hineinragt. Der reine Kalkspat war drucklöslicher

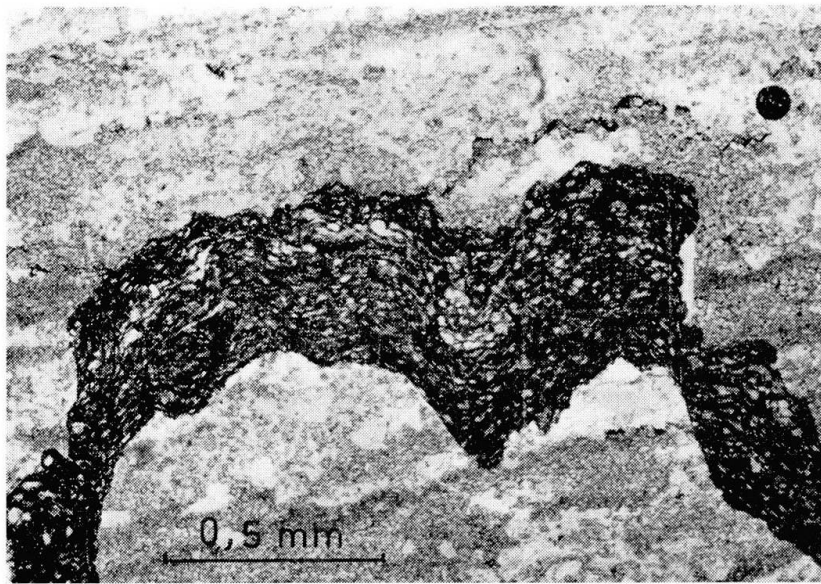


Fig. 24. Lösungsrückstand (Quarz, Tonmineralien, Relikte von Gips) einer Stylolithenfläche in einem Ausgangsgestein aus Dolomit, Gips und Anhydrit. Der Lösungsrückstand ist rechts nach innen eingebuchtet (kein gekrümmter Stylolith); in dem Unterdruckraum bildete sich eine Lamelle aus Gips, deren Aussenseite parallel der Haupttrichtung des einseitigen Druckes und der Stylolithenachse liegt (Perm, Zechstein, Werra-Anhydrit, Holthusen, Leer, Gemeinde Mitlimp-Mark; 4211 m Teufe — Bohrkern der DEA, Hamburg).



Fig. 25. Stylolith eines sandigen Kalkgerölles in calcitverheiltem Bruch eines Gerölles aus kalkigem Dolomit. Das sandige Kalkgeröll wird längs des seitlichen Druck-Lösungskontaktes glatt „eingedrückt“. Der Lösungsrückstand besteht vorwiegend aus Quarzkörnern des sandigen Kalkes (Nagelfluh, Tertiär, Miozän, Obere Meeresmolasse, Strasse St. Gallen-Rehetobel, E Neudorf, Schweiz).

als das Geröll, dem der Stylolith angehört. Im Raum ist dieser Stylolith sehr wahrscheinlich keilförmig in die Länge gezogen. MORAWIETZ (1958: Fig. 5) und TRURNIT (1967: Fig. 62c, 63, 64) beobachteten ähnliche Fälle.

Bei vertikalen Druck-Lösungsflächen kann es von Bedeutung sein, ob die Schnitfführung schichtparallel oder senkrecht zur Schichtung verläuft. Wegen der schichtigen Inhomogenität und den daraus resultierenden senkrecht zur Achse in die Länge gezogenen Stylolithen wird ein schichtparalleler Schnitt breitere, ein schichtnormal geführter Schnitt weniger breite Stylolithen von ein und derselben Druck-Lösungsfläche zeigen. Differenzierte Druck-Lösungskontakte zwischen Quarzkörnern mit „*strain-bands*“ (Böhmsche Streifung) in einem der Partner mögen in der Aufsicht ebenfalls keilförmige Stylolithen zeigen, die auch als Streifung auf einem Miniaturharnisch gedeutet werden kann (Fig. 26).

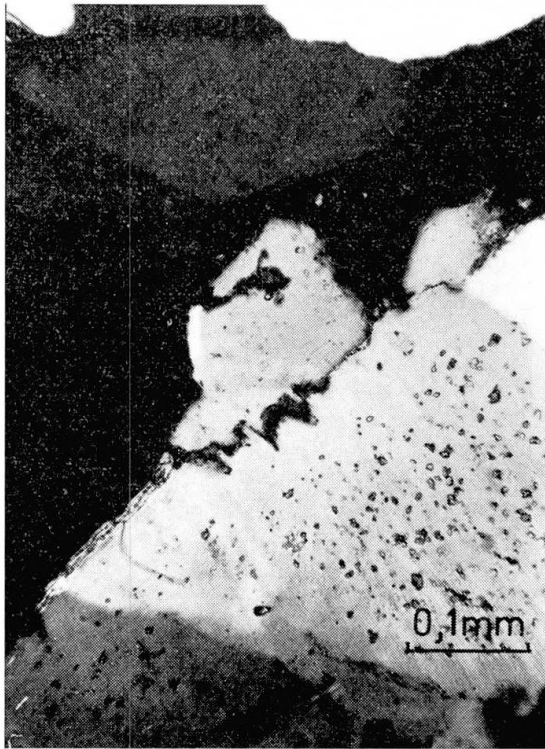


Fig. 26. Differenzierter Druck-Lösungskontakt zwischen Quarzkörnern. Der grössere Partner zeigt „*strain-bands*“ (Böhmsche Streifung), nach denen die Stylolithen orientiert sind; im Raum mögen die Stylolithen senkrecht zu ihren Achsen in die Länge gezogen sein; N x (altpaläozoischer Sandstein, El Gattusa, Libyen; etwa 1050 m Teufe — Schliff der DEA, Hamburg).

Die Schnitfführung parallel der Achsen von Stylolithen ist auch bei der Berechnung der Menge druckgelösten Gesteins nötig. Neben anderen Methoden (TRURNIT, 1967) kann die Menge gelösten Gesteins über die Dicke des Lösungsrückstandes und den Vergleich bestimmter unlöslicher Mineralien im Lösungsrückstand mit denselben im Ausgangsgestein erhalten werden. Ein nicht achsenparalleler Schnitt ergibt einen zu dicken Lösungsrückstand und eine zu grosse Menge gelösten Gesteins. Auch bei achsenparalleler Schnitfführung kann der Stylolith nur randlich getroffen werden und eine Verfälschung der Ergebnisse eintreten; der Fall gilt auch für die Bestimmung der relativen oder absoluten Höhe eines Stylolithen.

D. Schlussbetrachtung

Die Beurteilung der Phänomene, die hier wie fast überall in der Literatur als Druck-Lösungserscheinungen angesprochen werden, verlangt räumliches Vorstellungsvermögen. Zweidimensionale Betrachtungsweise ohne das Hinzudenken der dritten Dimension hat vielfach zu genetischer Misinterpretation von Stylolithenflächen geführt. Wegen der gegenseitigen Durchdringung der geologischen Einzelercheinungen beeinflusst eine Aussage über die relative Entstehungszeit eines Phänomens das Geschichtsbild des geologischen Gesamt-Raumes. Eine Abgrenzung der Bildung von Stylolithen in Raum und Zeit ist deswegen notwendig. Druck-Lösungserscheinungen entstehen nur unterhalb des Grundwasserspiegels in gesättigter Porenlösung zwischen verfestigten Sedimentbestandteilen. Anfangs werden nur Korn-zu-Korn-Kontakte angegriffen. Nach der Zementation des Porenraumes verbinden sich die begrenzten Druck-Lösungskontakte zu ausgedehnten Druck-Lösungsflächen, wobei die Gesteinbänke die Partner darstellen. Mit dem Altern eines Sedimentes und Sedimentgesteines ist eine Grössenzunahme der Partner und der Ausdehnung der Druck-Lösungsflächen zu verzeichnen.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. G. C. AMSTUTZ (Heidelberg) sei für Rat, Förderung und Interesse am Fortgang der Arbeit, der Deutschen Erdöl AG (Prof. Dr. HECHT, Dr. ZIMMERLE) für die Bereitstellung von Schliffen und Bohrkernen gedankt.

E. Angeführte Schriften

- AVIAS, J. (1956): Sur des Phénomènes de Corrosion et de Concrétionnement polarisés de Galets de Formations Alluviales et de Calcaires en Plaquettes de l'Est de la France. Bull. Soc. géol. France, 6, sér., 6, 275—288.
- BECKER, G. F. and A. L. DAY (1905): The Linear Force of Growing Crystals. Proc. Wash. Acad. Sci., 7, 283—288.
- (1916): Bemerkungen über die lineare Kraft wachsender Kristalle. Cbl. Min., 337 bis 346, 364—373.
- BLAKE, D. B. and C. J. ROY (1949): Unusual Stylolites. Amer. J. Sci., 247, 779—790.
- BREHLER, B. (1951): Über das Verhalten gepresster Kristalle in ihrer Lösung. N. Jb. Min., Mh., A, 110—131.
- BRETZ, J. H. (1940): Solution Cavities in the Joliet Limestone of Northeastern Illinois. J. Geol., 48, 337—384.
- (1950): Origin of the Filled Sink Structures and Circle Deposits of Missouri. Geol. Soc. Amer. Bull., 61, 789—834.
- BRUHNS, W. und W. MECKLENBURG (1913): Über die sogenannte „Kristallisationskraft“. Jber. Niedersächs. Geol. Ver., 6, 92—115.
- (1917): Über die sogenannte Kristallisationskraft. Cbl. Min., 123—127.
- BUSHINSKIY, G. I. (1961): Stylolites. Izvestiya Akademii Nauk. SSSR, Ser. Geol. (Serija geologiceskaja, Moskva) (engl. Übersetzung 1962).
- CAROZZI, A. V. (1960): Microscopic Sedimentary Petrography. 485 S., Wiley & Sons, New York, London.

- CAYEUX, L. (1935): Les Roches Sédimentaires de France (Roches Carbonatées). *I*, 447 S., Masson, Paris.
- CORRENS, C. W. (1949a): Growth and Dissolution of Crystals under Linear Pressure. Discuss. Farad. Soc., *5*, 267—271.
- (1949b): Einführung in die Mineralogie (Kristallographie und Petrographie). 414 S., Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- CORRENS, C. W. und W. STEINBORN (1939): Experimente zur Messung und Erklärung der sogenannten Kristallisationskraft. Z. Krist., A, *101*, 1/2, 117—133.
- DUNNINGTON, H. V. (1954): Stylolite Development Post-dates Rock Induration. J. Sed. Petrol., *24*, 27—49.
- (1967): Aspects of Diagenesis and Shape Change in Stylolitic Limestone Reservoirs. Proc. VII. World Petrol. Congr. Mexico, 2, Panel Discuss. Nr. 3, 339—352.
- ENGELHARDT, W. VON (1960): Der Porenraum der Sedimente. 207 S., Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- FUCHS, T. (1894): Über die Natur und Entstehung der Stylolithen. Sitzber. kais. Akad. Wiss. Wien, math.-nath. Kl., *103*, 1, 673—688.
- GAITHER, A. (1953): A Study of Porosity and Grain Relationships in Experimental Sands. J. Sed. Petrol., *23*, 3, 180—195.
- GILES, A. W. (1932): Textural Features of the Ordovician Sandstones of Arkansas. J. Geol., *40*, 97—118.
- GLOVER, J. E. (1963): Studies in the Diagenesis of some Western Australian Sedimentary Rocks. J. Roy. Soc. Western Australia, *46*, 2, 33—56.
- GORDON, C. H. (1918): On the Nature and Origin of the Stylolitic Structure in Tennessee Marble. J. Geol., *26*, 561—568.
- HALL, J. (1843): Natural History of New York. Geology of New York. Comprising the Survey of the Fourth Geological District. 683 S., Carroll & Cook, Albany.
- HEALD, M. T. (1955): Stylolites in Sandstones. J. Geol., *63*, 2, 101—114.
- (1956): Cementation of Simpson and St. Peter Sandstones in Parts of Oklahoma Arkansas and Missouri. J. Geol., *64*, 16—30.
- HUTTON, J. (1785): Theory of the Earth. *I* (zitiert bei A. ROTHPLETZ, 1890: Über Gerölle mit Eindrücken. N. Jb. Min., 92—94).
- (1959): Theory of the Earth. *I*, 620 S., Neuauflage, Weldon & Wesley, Codicote/Herts.
- KEGEL, W. (1921): Über Gerölle mit Eindrücken. Cbl. Min., 83—94.
- KESSLER, P. (1919): Über Gerölle mit Eindrücken. Cbl. Min., 300—307.
- (1921): Zu A. Kumms Entstehung der Eindrücke in Geröllen. Geol. Rdsch., *12*, 57—60.
- KLÖDEN, K. F. (1828): Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntniss der Mark Brandenburg. 1. Stück, 108 S., Dieterici, Berlin.
- (1834): Die Versteinerungen der Mark Brandenburg, insonderheit diejenigen, welche sich in den Rollsteinen und Blöcken der südbaltischen Ebene finden. 373 S., Lüderitz, Berlin.
- KUENEN, P. H. (1942/43): Pitted Pebbles. Leidsche. geol. Meded., *13*, 189—201.
- KUMM, A. (1919): Die Entstehung der Eindrücke in Geröllen. Geol. Rdsch., *10*, 183—233.
- (1925): Über die Entstehungszeit der Eindrücke und ihre geologische Bedeutung unter besonderer Berücksichtigung oolithischer Gesteine. Geol. Rdsch., *16*, 178—189, 257—284.
- LAMAR, J. E. (1928): Geology and Economic Resources of the St. Peter Sandstone of Illinois. Illinois Geol. Surv. Bull., *53*.
- LOWRY, W. D. (1956): Factors in Loss of Porosity by Quartzose Sandstones of Virginia. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., *40*, 3, 489—500.

- MANTEN, A. A. (1966): Note on the Formation of Stylolites. *Geologie en Mijnbouw*, 45. Jahrg., 269—274.
- MICHOT, P. (1927): Sur les stylolithes du calcaire carbonifère belge. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 50, 281—284.
- MORAWIETZ, F. H. (1958): Die Anlösungserscheinungen in der Juranagelfluh und ihre Bedeutung für die Diagenese. Ungedr. Diss., Tübingen, 158 S.
- MYLIUS, C. (1751): Physikalische Belustigungen. 6. Nachricht von den Kalkbergen bey Riedersdorf. 403—417, Voss, Berlin.
- NITECKI, M. H. (1962): Observations on Slickolites. *J. Sed. Petrol.*, 32, 435—439.
- PETTIJOHN, F. J. (1957): *Sedimentary Rocks*. 2. Aufl., 718 S., Harper, New York.
- QUENSTEDT, F. A. (1837): Die Stylolithen sind anorganische Absonderungen. *Wiegmann's Archiv f. Naturg.*, 3, 1, 137—142.
- REIS, O. M. (1901): Der mittlere und untere Muschelkalk im Bereich der Steinsalzbohrungen zwischen Burgbernheim und Schweinfurt. *Geognost. Jahresh. kgl. Bayer. Oberbergamtes München*, 14, 23—127.
- (1902): Über Stylolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Anthrakolith zum Theil). *Geognost. Jahresh. kgl. Bayer. Oberbergamtes München*, 15, 157—279.
- RIECKE, E. (1894): Über das Gleichgewicht zwischen einem festen, homogen deformirten Körper und einer flüssigen Phase, insbesondere über die Depression des Schmelzpunktes durch einseitige Spannung. *Nachr. kgl. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl.*, 4, 278—284.
- (1912): Zur Erniedrigung des Schmelzpunktes durch einseitigen Zug oder Druck. *Cbl. Min.*, 97—104.
- RIGBY, J. K. (1953): Some Transverse Stylolites. *J. Sed. Petrol.*, 23, 4, 265—271.
- ROTHPLETZ, A. (1886): *Geologisch-Paläontologische Monographie der Vilser Alpen, mit besonderer Berücksichtigung der Brachiopoden-Systematik*. *Palaeontographica*, 33, 1—180.
- (1896): Auszüge. *N. Jb. Min.*, I, 276—280.
- (1900): Über eigenthümliche Deformationen jurassischer Ammoniten durch Drucksuturen und deren Beziehungen zu den Stylolithen. *Sitzber. kgl. Bayer. Akad. Wiss., math.-phys. Cl.*, 30, 1, 3—32.
- SCHAAD, E. (1908): Die Juranagelfluh. *Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F.*, 22, 51 S.
- SCHIDLowski, M. und P. TRURNIT (1966): Drucklösungserscheinungen an Geröllpyriten aus den Witwatersrand-Konglomeraten. Ein Beitrag zur Frage des diagenetischen Verhaltens von Sulfiden. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 46, 2, 337—351.
- SHAUB, B. M. (1939): The Origin of Stylolites. *J. Sed. Petrol.*, 9, 2, 47—61.
- (1947): Coal Partings in Stylolite Seams. *J. Sed. Petrol.*, 17, 3, 114—118.
- (1949): Do Stylolites Develop before or after the Hardening of the Enclosing Rock? *J. Sed. Petrol.*, 19, 1, 26—36.
- (1950): Microstylolites in Pre-Cambrian Quartzite: A Discussion. *J. Geol.*, 58, 650—652.
- (1953): Stylolites and Oil Migration. *J. Sed. Petrol.*, 23, 4, 260—264.
- (1955): Origin of Stylolites: A Discussion. *J. Sed. Petrol.*, 25, 1, 60—66.
- (1958): Some Apparently Misunderstood Aspects Concerning Stylolites. *J. Sed. Petrol.*, 28, 3, 376—377.
- SHROCK, R. R. (1948): *Sequence in Layered Rocks*. 507 S., McGraw-Hill, New York, Toronto, London.
- SLOSS, L. L. and D. E. FERAY (1948): Microstylolites in Sandstone. *J. Sed. Petrol.*, 18, 1, 3—13.

- SPAETH, G. (1966): Drucksuturen und Mikrostylolithen in quarzitischen Gesteinen. *Geol. Mitt.*, 6 (Breddin-Festschr.), 259—282.
- SORBY, H. C. (1863a): Über Kalkstein-Geschiebe mit Eindrücken. *N. Jb. Min.*, 801—807.
- (1863b): On the Direct Correlation of Mechanical and Chemical Forces. *Proc. Roy. Soc. London*, 12, 538—550.
- (1879): The Anniversary Address of the President. *Quart. J. Geol. Soc. London, Proc.*, 35, 39—95 (56—95).
- (1908): On the Application of Quantitative Methods to the Study of the Structure and History of Rocks. *Quart. J. Geol. Soc.*, 64, 2, No. 254, 171—233.
- STOCKDALE, P. B. (1922): Stylolites: Their Nature and Origin. *Indiana Univ. Studies*, 9, 55, 97 S.
- (1923): Solutive Genesis of Stylolitic Structures. *Pan-Am. Geol.*, 39, 353—364.
- (1926): The Stratigraphic Significance of Solution in Rocks. *J. Geol.*, 34, 399—414.
- (1930): Intraformational Solution of the Floyds Knob Limestone. *Indiana Acad. Sci., Proc.*, 39, 213—220.
- (1936): Rare Stylolites. *Am. J. Sci.*, 5. ser., 32 (232), 129—133.
- (1939): Stylolites (Abstract). *Bull. Geol. Soc. Am.*, 50, S. 1989.
- (1941): Stylolites, Primary or Secondary? *Ohio J. Sci.*, 41, 415—416.
- (1943): Stylolites, Primary or Secondary? *J. Sed. Petrol.*, 13, 1, 3—12.
- (1945): Stylolites with Films of Coal. *J. Geol.*, 53, 133—136.
- SUESS, E. (1888): *Das Antlitz der Erde*. 2, 703 S., Freytag, Leipzig.
- TAYLOR, J. M. (1950): Pore-Space Reduction in Sandstones. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 34, 4, 701—716.
- THOMSON, J. (1862a): Theoretical Consideration on the Effect of Pressure on Lowering the Freezing Point of Water. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 16, 575—580.
- (1862b): On Crystallization and Liquefaction as Influenced by Stresses, Tending to Change of Form in the Crystals. *London, Edinburgh, Dublin Phil. Mag. J. Sci.*, 4. ser., 24, 395—401.
- (1862c): On Crystallization and Liquefaction as Influenced by Stresses Tending to Change of Form in the Crystals. *Proc. Roy. Soc. London*, 11, 473—481.
- TRURNIT, P. (1967): *Morphologie und Entstehung von Druck-Lösungserscheinungen während der Diagenese*. 498 S., ungedr. Dissertation, Heidelberg.
- TWENHOFEL, W. H. (1926): *Treatise on Sedimentation*. 661 S., Williams, Wilkins & Co., Baltimore, Maryland.
- VANUXEM, L. (1842): *Geology of New York. Comprising the Survey of the Third Geological District*. 306 S., White & Wisscher, Albany.
- WAGNER, G. (1913): Stylolithen und Drucksuturen. *Geol. Pal. Abh.*, N. F., 11, 2, 1—30.
- WAGNER, G. H. (1964): Kleintektonische Untersuchungen im Gebiet des Nördlinger Rieses. *Geol. Jb.*, 81, 519—600.
- WALDSCHMIDT, W. A. (1941): Cementing Materials in Sandstones and their Probable Influence on Migration and Accumulation of Oil and Gas. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 25, 10, 1839—1879.
- WEISS, M. P. (1954): Corrosion Zones in Carbonate Rocks. *Ohio J. Sci.*, 54, 289—293.
- WELLER, J. M. (1960): *Stratigraphic Principles and Practice*. 725 S. Harper, New York.
- WERNER, J. T. (1802): Geognostische Wahrnehmungen über die Entstehung des Lahnthales und die Berge bey Wetzlar. *Ann. Societät ges. Min. Jena*, 1, 103—110.
- WEYL, P. K. (1959): Pressure Solution and the Force of Crystallization. A Phenomenological Theory. *J. Geophys. Research*, 64, 200:—2025.

Manuskript eingegangen am 15. August 1967.