

Drucklösungserscheinungen an Geröllpyriten aus den Witwatersrand-Konglomeraten : ein Beitrag zur Frage des diagenetischen Verhaltens von Sulfiden

Autor(en): **Schidlowski, Manfred / Trurnit, Peter**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **46 (1966)**

Heft 2

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36128>

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.

Drucklösungserscheinungen an Geröllpyriten aus den Witwatersrand-Konglomeraten. Ein Beitrag zur Frage des diagenetischen Verhaltens von Sulfiden

Von *Manfred Schidlowski* und *Peter Trurnit* (Heidelberg)*)

Mit Tafeln I—III

Abstract

A phenomenon very common in conglomerates and usually referred to as "pitted", "indented", or "impressed" pebbles is reported from detrital grains of pyrite, arsenopyrite, zircon, chromite, and rutile occurring within the Witwatersrand conglomerates. Similar observations have been made in specimens from genetically related South African (Dominion Reef, Black Reef) and American deposits (Blind River District, Serra de Jacobina); the last-mentioned occurrences, however, tend to show the respective features less frequently and less distinctively. Apparently, the indentations are brought about by pressure solution according to the THOMSON-SORBY-RIECKE-principle. The facts thus recorded lend decisive support to genetic concepts maintaining a detrital origin for the sulfide fraction of the conglomerates.

Zusammenfassung

Ein bei Konglomeraten als „Eindrücke in Geröllen“ bekanntes Phänomen wird von detritischen Pyrit-, Arsenkies-, Zirkon-, Chromit- und Rutilkörnchen der Witwatersrand-Konglomerate abgebildet und beschrieben. Genetisch verwandte Lagerstätten zeigen die Erscheinung ebenfalls, allerdings nicht so deutlich. Die Entstehung der „Eindrücke“ wird durch Drucklösung erklärt. Die Anlöschungsmulden in den beschriebenen Mineralien liefern somit neue wesentliche Anhaltspunkte für eine detritogene Herkunft der Sulfidfraktion der Konglomerate.

A. EINLEITUNG

Das Problem der sogenannten Geröllpyrite („*buckshot pyrites*“) hat bei allen Versuchen einer genetischen Deutung der Witwatersrand-Ver-

*) Gegenwärtige Adresse der Autoren: Dr. M. Schidlowski, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, Berliner Strasse 28, D-34 Göttingen.

Dipl.-Geol. Peter Trurnit, Mineralog.-Petrogr. Institut der Universität, Hauptstrasse 47—51, D-69 Heidelberg.

erzung eine bedeutende Rolle gespielt. Während ältere Bearbeiter der Lagerstätte (u. a. HORWOOD, 1917; GRATON, 1930) in den „buckshots“ Verdrängungen von primären Quarzgeröllen sahen, hat sich besonders bei den Untersuchungen in den letzten Jahren sehr viel neues Beobachtungsmaterial angesammelt, das eine derartige Deutung in den meisten Fällen ausschliesst und eine detritische Herkunft der Sulfidfraktion der Konglomerate sicher erscheinen lässt. Der ganze Fragenkomplex ist zusammen mit dem Uraninit-Problem Gegenstand der kürzlichen Witwatersrand-Kontroverse gewesen (RAMDOHR, 1955, 1958; LIEBENBERG, 1955; DAVIDSON, 1957).

Die erwähnten Geröllpyrite sind mit etwa 1—2,5%¹⁾ an der Zusammensetzung der gewöhnlichen Witwatersrand-Konglomerate beteiligt und bilden bei einer durchschnittlichen Grösse zwischen 0,5 und 1 mm einen schon makroskopisch auffallenden Bestandteil des Gesteins. In der Regel über die gesamte Breite der Konglomeratbänke verstreut, finden sie sich aber vorzugsweise in einzelnen Lagen besonders angereichert, so meist unmittelbar an den Liegendkontakten sowie in den verschiedenen „falschen Liegenden“ innerhalb der betreffenden Horizonte. In diesen Zonen kommt es oft zur Bildung von ausgesprochenen Haufwerken von Pyritgeröllen mit engsten Korn-zu-Korn-Kontakten, in denen nicht selten typische An- bzw. Drucklösungserscheinungen auftreten, wie sie bei grob- und feinklastischen Gesteinen häufig beobachtet und der Diagenese und beginnenden Metamorphose zugeschrieben worden sind.

Wir legen im folgenden die Ergebnisse einiger Beobachtungen vor, die wir bei einer erzmikroskopischen Bearbeitung von Konglomeraten des Oranje-Freistaat-Goldfeldes machen konnten; die Arbeiten werden — insbesondere im Hinblick auf die statistische Behandlung des Problems — von einem der Verfasser (P. T.) fortgesetzt. An dieser Stelle danken wir Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. P. RAMDOHR für seine vielfältige Beratung und Herrn Prof. Dr. G. C. AMSTUTZ für die Anregung zu dieser Untersuchung.

B. BEOBACHTUNGEN

Typische Fälle von Anlösungserscheinungen zwischen Pyritgeröllen zeigen die Abbildungen auf Tafel I und Tafel II (Abb. 1)²⁾. Am Kontakt

¹⁾ Der Gesamtpyritgehalt der Konglomerate (einschliesslich des umgelagerten Anteils) wird gewöhnlich mit 3% angegeben.

²⁾ Es muss in diesem Zusammenhang betont werden, dass solche Anlösungen zwischen Pyriten keinesfalls auf ein Material von mikroskopischer Grössenordnung (wie es die beigelegten Tafeln zeigen) beschränkt sind. Anlässlich eines Besuches

entsteht dabei meist ein sogenannter „Eindruck“; die Lösungsfläche bildet im Schnitt eine gezähnte Linie oder „Drucksutur“. In den meisten beobachteten Fällen wird der porösere Pyrit an der Kontaktstelle gegen einen „klarerer“ Pyrit angelöst (Tafel I, Abb. 2; Tafel II, Abb. 1). Bestehen keine auffälligen Materialunterschiede zwischen den Pyritgeröllern, treten also zwei „klare“ oder zwei poröse Pyrite miteinander in Kontakt, so erhält in der Regel dasjenige Geröll den „Eindruck“, das den grösseren Krümmungsradius am Kontakt besitzt (HÖFER, 1879, S. 346; FRÜH, 1888, S. 139—140). Meist kerbt sich demnach das kleinere in das grössere Geröll ein. Ausnahmen sind jedoch nicht selten, wie etwa der Kontakt zwischen den beiden Pyritgeröllern auf Tafel II, Abb. 1, zeigt. In diesem Falle ist es weiterhin offensichtlich, dass das obere Geröll bei der Druckbeanspruchung stark kataklastisch zerbrochen wurde. Insbesondere ist der linke Teil vollkommen von der Hauptmasse abgesplittert. Ein ähnliches Bild vermittelt Tafel I, Abb. 1. Auch hier erscheinen mehrere Systeme von kataklastischen Rissen (speziell im rechten Teil des angelösten Gerölls), deren Beziehung zur Druckbeanspruchung eindeutig ist. Drucklösungsphänomene und mechanische Vorgänge können also bis zu einem gewissen Grade gemeinsam an der Bildung der „Eindrücke“ beteiligt sein.

Diese Erscheinungen lassen sich aber nicht nur zwischen Pyritgeröllern beobachten, sondern treten in ähnlicher Form auch an Kontakten zwischen Pyrit, Chromit, Arsenkies, Rutil und Zirkon auf. Tafel II, Abb. 2, zeigt zwei stark zerbrochene Arsenkiesgerölle, die am Kontakt zu Pyritgeröllern angelöst wurden. Dass der Pyrit bei der Anlösung einen beträchtlichen Druck auf diese Körnchen ausgeübt haben muss, beweisen die radialstrahligen Sprünge, die von den Anlösungsmulden der Arsenkiesgerölle ausgehen. Innerhalb dieser Anlösungsmulden hat sich ausserdem direkt an der Grenzlinie Pyrit-Arsenkies ein winziger Film von authigenem Magnetkies gebildet, der jedoch photographisch kaum zu erfassen ist. Auch in den kataklastischen Rissen der Arsenkieskörperchen ist es teilweise zur Neubildung von Magnetkies gekommen. Es ist offensichtlich, dass Magnetkies hier ein Umlagerungsprodukt der primären Sulfide ist. Bei einer statistischen Auswertung hat sich weiterhin ergeben, dass im Falle von Pyrit-Arsenkies-Kontakten stets der Arsenkies angelöst wird. Ebenso setzt sich bei gelegentlich zu beobachtenden Pyrit-Rutil-Kontakten fast immer Pyrit gegen Rutil durch.

in der Geologischen Abteilung der Free State Geduld-Mine im Oranje-Freistaat konnte einer der Verfasser in der dortigen Sammlung Anlösungserscheinungen an cm-grossen Pyritgeröllern beobachten.

Auf Tafel II, Abb. 3, ist ein Drucklösungskontakt zwischen Zirkon und Pyrit abgebildet. Vielfache Beobachtung solcher Kontakte ergab, dass in diesem Falle immer Pyrit angelöst wird. Dabei spielte es keine Rolle ob das Pyritkorn „klar“ oder porös, der Krümmungsradius kleiner oder grösser war als der des Partners. Genauso verhielten sich Kontakte zwischen Pyrit und Chromit (Tafel III, Abb. 1 und 2). Den „Eindruck“ erhielt fast immer der Pyrit. Als seltener Fall ist auf Tafel II, Abb. 3, ein Kontakt abgebildet, an dem möglicherweise gegenseitige Anlösung (Sutur!) von Pyrit und Chromit stattgefunden hat. Drucklösungskontakte zwischen Zirkon und Chromit wurden ebenfalls mehrfach beobachtet. Bis auf eine Ausnahme verursachte hierbei Chromit den „Eindruck“ im Zirkon, bzw. wurde Zirkon angelöst.

Nach diesen Beobachtungen lässt sich für die vorliegende Paragenese eine Reihenfolge abnehmender relativer Drucklöslichkeit aufstellen. Sie lautet: Rutil, Arsenkies, Pyrit, Zirkon, Chromit. Innerhalb des Pyritanteils zeigt erwartungsgemäss die poröse Modifikation im Vergleich zu den „klaren“ Pyriten eine wesentlich geringere Stabilität.

Die wiederholt behauptete Abhängigkeit der Drucklöslichkeit vom Krümmungsradius der Gerölle (u. a. HÖFER, 1879; FRÜH, 1888), beruht auf einer geometrisch-optischen Täuschung³⁾. Je grösser die Differenz der Krümmungsradien (und somit oft auch der absoluten Geröllgrössen) zweier Partner am Kontakt, um so augenfälliger wird nämlich bei beiderseitiger Anlösung bzw. der Anlösung des Partners mit dem grösseren Krümmungsradius der Lösungskontakt. Bei dem grösseren Partner wird meist eine auffällige Kerbe aus einer schwächer gekrümmten Fläche herausgelöst, wobei die maximale Grösse dieses „Eindrucks“ durch den Durchmesser des Partners mit dem kleineren Krümmungsradius (meist also des kleineren Partners) gegeben ist. Der Materialschwund des kleinen Partners dagegen fällt kaum auf, da seine äussere Rundung nicht auffällig gestört wird, sondern nur eine leichte Abplattung erleidet. Bei gleicher Grösse der Kontaktpartner, gleichem Krümmungsradius und gleicher Zusammensetzung muss bei beidseitiger Anlösung eine ebene Kontaktfläche entstehen.

³⁾ Bei Drucklösungserscheinungen muss natürlich streng unterschieden werden zwischen der Löslichkeit des Materials an sich und den geometrisch bzw. optisch auffälligen Veränderungen am angelösten Körper, durch die sich diese Lösung in der Regel erst bemerkbar macht; beide Phänomene brauchen nicht unbedingt konform zu gehen. Im Rahmen der vorliegenden Ausführungen wird von „Lösung“ allgemein nur dann gesprochen, wenn die geometrische Konfiguration der beteiligten Körper eindeutig anzeigt, dass ein sichtbares Volumen verschwunden ist.

Erste Voraussetzung für die Entstehung eines „Eindrucks“ ist also die gute Rundung der beteiligten Partner bzw. die Eindeutigkeit der ursprünglichen Korngrenzen. Zwischen kompliziert eckigen Bruchstücken mag Material durch Lösung entfernt worden sein; Lösungsgrenzen und Bruchgrenzen sind aber oft nicht auseinanderzuhalten. Weiterhin entsteht ein „Eindruck“ nur bei unterschiedlichen Krümmungsradien der Partner am Kontakt. Je grösser dieser Unterschied, um so deutlicher ist die entstehende Anlöschungsmulde. Das Geröll mit dem kleineren Krümmungsradius hinterlässt aber nur dann einen „Eindruck“, wenn es entweder gleich oder schwerer löslich ist als der grössere Partner. Ist das am Kontakt stärker gekrümmte Geröll dagegen leichter löslich, so wird es nur abgeplattet. In Ausnahmefällen kann ein Geröll mit grossem Krümmungsradius in einem stark löslichen Nachbarn mit kleinem Krümmungsradius einen flachen „Eindruck“ erzeugen.

Ordnet man vereinfachend den grösseren Krümmungsradius am Kontakt den grösseren Geröllen und den kleineren Krümmungsradius am Kontakt den kleineren Geröllen zu (was in der Mehrzahl der Fälle zutrifft), so wird die Abplattung zwischen Partnern mit gleichem Krümmungsradius um so undeutlicher, je grösser sie sind. Wie leicht einzusehen, ist für die Entstehung einer sichtbaren Einkerbung bei grossen Geröllen mehr Kraft pro Fläche, d. h. also ein grösserer Druck, notwendig als bei kleineren. Die dankbarsten Untersuchungsobjekte sind deswegen Fraktionen im mikroskopischen Bereich. Im grobklastischen Bereich beobachtet man Anlöschungserscheinungen am besten in schlecht sortierten Fraktionen, in denen Komponenten mit unterschiedlichen Krümmungsradien einander berühren.

Abgesehen vom „Eindruck“ führen Drucklösungserscheinungen oft zur Ausbildung einer charakteristischen „Drucksutur“, d. h. eines gezähnten Kontaktes, zwischen den beteiligten Geröllen. Diese „Drucksutur“ tritt nur bei beiderseitiger Anlösung der Kontaktpartner auf. Meist handelt es sich dabei um Gerölle ähnlicher relativer Drucklöslichkeit; bei geringer Löslichkeit des einen Partners ist die Sutur nur in abgeschwächter Form vorhanden. Die Kontakte zwischen den Pyritgeröllen auf Tafel I und II zeigen alle mehr oder minder deutlich solche Suturierung. Bei einseitiger Anlösung — meist zwischen Geröllen verschiedener Mineralien — ist der Lösungskontakt im Schnitt eine ungezähnte Linie. Nur ein „Eindruck“ könnte bei Fehlen der „Drucksutur“ noch auf die Drucklösung aufmerksam machen.

Zusammenfassend ergibt sich: Am auffälligsten ist Drucklösung zwischen Geröllen gleichen Materials, d. h. ungefähr gleicher Drucklöslich-

keit (Entstehung einer Suture) und ungleichen Krümmungsradius der Partner am Kontakt (Entstehung des „Eindrucks“). Bei Material gleicher Drucklöslichkeit und von gleichem Krümmungsradius ist nur noch die Suture, bei ungleichem Material und ungleichem Krümmungsradius nur noch der „Eindruck“ auffällig, falls der Partner mit dem kleineren Krümmungsradius schwerer oder gleich löslich ist. Kaum noch auffällig sind Lösungserscheinungen zwischen Geröllen von verschiedenem Material, wenn nur die kleine Komponente angelöst wird. Praktisch unmerklich bleibt Durcklösung zwischen grösseren Geröllen von annähernd gleichem Krümmungsradius und ungleicher Löslichkeit, da hier kaum ein „Eindruck“ (wenig Kraft pro Fläche!) und auch keine Suture entsteht. Das gleiche gilt für Kontakte zwischen unregelmässig-eckigen Bruchstücken.

Neben den „*buckshot pyrites*“ der Witwatersrand-Konglomerate zeigen die Geröllpyrite des älteren Dominion Reef und der jüngeren Black Reef-Serie genau dieselben Drucklösungsphänomene. Genetisch mit den genannten südafrikanischen Lagerstätten verwandt sind die Vorkommen der Serra de Jacobina (Bahia, Brasilien) und des Blind River-Gebietes von Ontario, Kanada (RAMDOHR, 1958). Ihr Mineralbestand ist eintöniger. Die Pyritgerölle sind hier meist schlechter abgerollt, oft stark kataklastisch zerbrochen, zeigen häufig tiefe Korrosionsbuchten und sind besonders im Blind River-Gebiet oft von Neubildungen überwachsen. Drucklösungserscheinungen sind deswegen viel schwerer zu erkennen. In den untersuchten Anschliffen, die freundlicherweise von den Herren Prof. RAMDOHR und Prof. AMSTUTZ zur Verfügung gestellt wurden, waren Korn-zu-Korn-Kontakte auch nicht besonders häufig. Bisher beobachtete Drucklösungserscheinungen traten ausschliesslich zwischen Pyriten auf.

C. HISTORISCHER EXKURS

Das Phänomen der „Eindrücke“ in Geröllen (*pitted, indented* oder *impressed pebbles; cailloux impressionnés*) ist schon sehr lange bekannt. Bereits HUTTON (1785, S. 253; 1959, S. 99—101) beschrieb „Eindrücke“ an Kalkgeröllen aus Spanien. In der Folgezeit wurden sie aus fast allen Formationen bis hinab ins Präkambrium bekannt (DE GEER, 1886). Kalkgerölle aus der alpinen und Juranagelfluh sowie Quarzit- und Quarzgerölle aus dem Buntsandstein führen die Liste der Beschreibungen an. Drucklösungserscheinungen, an denen Erze beteiligt sind, wurden jedoch nur von wenigen Autoren erwähnt. So beschrieben VON COTTA (1851) und WÜRTTENBERGER (1865) Böhnerze aus dem Hilskonglomerat (Salzgitter), die sich in Fossilien „eindrücken“. VON GÜMBEL (1886, S. 445—446) beobachtete im Enznauer Kalksandstein (Nummulitenschichten des Kressenberges) und an der Grenze vom Lias zum Dachsteinkalk der

Alpen, wie Roteisenerzkörner ineinander und in benachbarte Fossilien „tief eingesenkt“ sind.

Eine Reihe heute nicht mehr tragbarer rein mechanischer und rein chemischer Theorien wurde für die Entstehung der „Eindrücke“ herangezogen. Nach theoretischen Vorarbeiten durch THOMSON (1862) erklärte sie SORBY (1863) als erster durch Drucklösung in gesättigter Lösung unterhalb des Grundwasserspiegels. Der Vorgang ist als RIECKESches Prinzip bekannt (RIECKE, 1894, 1912). SORBY's Erklärung gilt bis heute ohne wesentliche Einschränkung.

KUMM (1919, 1925) und KESSLER (1919) versuchten, diese „Eindrücke“ oder „Anlösungsmulden“ (im Sinne von MORAWIETZ, 1958) als Altersstadien von sogenannten „Anlösungsgruben“ (MORAWIETZ, 1958) zu erklären. Bei den letzteren handelt es sich um ringförmige Gruben mit Zentralkegel, die in jungen Ablagerungen an der Unterseite von Geröllen durch ungesättigte Sickerwässer herausgelöst werden; das ganze soll sich somit oberhalb des Grundwasserspiegels abgespielt haben. KEGEL (1921) und besonders KUENEN (1942/43) konnten jedoch zeigen, dass diese Deutung nicht möglich ist. Zum gleichen Ergebnis kam auch MORAWIETZ (1958), während AVIAS (1956) versuchte, zwischen beiden Auffassungen zu vermitteln.

MORAWIETZ (1958) stellte eine Reihenfolge abnehmender relativer Drucklöslichkeit zwischen 15 verschiedenen Kalkarten auf. Unter Druck weniger löslich als diese Kalkarten sind eisenschüssiger, sandhaltiger Kalk, Eisenoolithe mit kalkigem Bindemittel, kalkig gebundener Quarzsandstein, Quarzkörner und Verkieselungen. Hierher gehören auch die Beobachtungen von HEALD (1955, S. 109) zum diagenetischen Verhalten von kambri-schen bis kretazischen Kalksandsteinen. Seine Reihe abnehmender relativer Drucklöslichkeit unter Stress lautet: 1. Kalzit, 2. Quarz, 3. Feldspat, 4. Glimmer und Tonmineralien, 5. Titanit und Turmalin, 6. Zirkon und Pyrit. Der Drucklösung sind besonders diejenigen Korngrenzen ausgesetzt, die senkrecht zum Überlagerungs- bzw. Gebirgsdruck stehen. Nach VON ENGELHARDT (1960, S. 28) soll Hämatit mit Quarz und Feldspat unter Druck etwa gleich löslich sein. Dies wird durch Beobachtungen von einem der Verfasser (P. T.) an Quarzitkonglomeraten aus dem spanischen Buntsandstein bestätigt. An den Druckstellen ist ausser Quarz bzw. Quarzit auch der primäre Hämatitüberzug fortgelöst und nicht etwa als Lösungsrückstand in den „Eindrücken“ erhalten, wie dies mit dem Tongehalt unreiner Kalke der Fall ist. Die Beobachtungen der vorliegenden Arbeit ergänzen die Reihe abnehmender relativer Drucklöslichkeit von HEALD (1955) und MORAWIETZ (1958).

Den „Eindrücken“ genetisch verwandt sind viele Kornverzahnungen im mikroskopischen Bereich (*sutured contacts*, *microstylolites*) sowie Erscheinungen, die als Stylolithen und Drucksuturen bekannt sind (REIS, 1902; WAGNER, 1913; STOCKDALE, 1922; SHAUB, 1939, 1955).

D. ERGEBNISSE

Aus den Witwatersrand-Konglomeraten werden Anlösungserscheinungen („Eindrücke“) an detritischem Pyrit, Arsenkies, Zirkon, Chromit und Rutil beschrieben. Sie lassen sich durch Drucklösung nach dem THOMSON-SORBY-RIECKESchen Prinzip erklären. Im Dominion Reef und Black Reef sind die Erscheinungen ebenso deutlich und häufig. Die genetisch mit den südafrikanischen Vorkommen verwandten Lagerstätten der Serra de Jacobina (Bahia, Brasilien) und des Blind River-Gebietes von Ontario, Kanada, zeigen die Anlösungserscheinungen an Pyriten wegen schlechter Rundung, starker Korrosion, Kataklyse und Umlagerungserscheinungen weniger deutlich. Die Beobachtung von „Eindrücken“, einem bekannten Phänomen in Konglomeraten, bestätigt die detritogene Herkunft der „*buckshot pyrites*“ und einiger anderer detritischer Mineralien der Lagerstätten Dominion Reef, Witwatersrand und Black Reef.

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.
- COTTA, B. v. (1851): Mitteilung an Prof. v. Leonhard. — N. Jb. Min. etc., 817—819.
- DAVIDSON, C. F. (1957): On the occurrence of uranium in ancient conglomerates. — Econ. Geol. 52, 668—693.
- ENGELHARDT, W. v. (1960): Der Porenraum der Sedimente. — Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 207 S.
- FRÜH, J. J. (1888): Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. — Neue Denkschr. allg. Schweiz. Ges. ges. Naturw. 30, 1—203, Zürich.
- GEER, G. DE (1886): Über ein Conglomerat im Urgebirge bei Westanå in Schonen. — Z. dtsch. geol. Ges. 38, 269—294.
- GRATON, L. C. (1930): Hydrothermal origin of the Rand gold deposits. — Econ. Geol. 25, Suppl. to No. 3, 185 S.
- GÜMBEL, C. W. v. (1886): Über die Natur und Bildungsweise des Glaukonits. — Sitzungsber. kgl. Bayr. Akad. Wiss. München, 417—449.
- HEALD, M. T. (1955): Stylolites in sandstones. — J. Geol. 63, 2, 101—114.
- HÖFER, H. (1879): Die hohlen Gerölle und Geschiebeeindrücke des Sattnitz-Konglomerates bei Klagenfurt. — Tscherma's Min. Petr. Mitt., N. F. 2, 325—349.
- HORWOOD, C. B. (1917): The gold deposits of the Rand. — Charles Griffin, London, 400 S.

- HUTTON, J. (1785): Theory of the Earth. — 1 (zitiert bei A. Rothpletz, 1890: Über Gerölle mit Eindrücken. — N. Jb. Min. etc., 92—94.)
- (1959): Theory of the Earth. — 1, 620 S., Neuaufl. Weldon & Wesley, Codicote/Herts.
- KEGEL, W. (1921): Über Gerölle mit Eindrücken. — Cbl. Min. etc., 83—94.
- KESSLER, P. (1919): Über Gerölle mit Eindrücken. — Cbl. Min. etc., 300—307.
- 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.
- LIEBENBERG, W. R. (1955): The occurrence and origin of gold and radioactive minerals in the Witwatersrand System, the Dominion Reef, the Ventersdorp Contact Reef, and the Black Reef. — Trans. Geol. Soc. S. Afr. 58, 101—227.
- MORAWIETZ, F. H. (1958): Die Anlösungserscheinungen in der Juranagelfluh und ihre Bedeutung für die Diagenese. — Ungedr. Diss., Tübingen, 158 S.
- RAMDOHR, P. (1955): Neue Beobachtungen an Erzen des Witwatersrandes in Südafrika und ihre genetische Bedeutung. — Abh. dtsh. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Chem. Geol. Biol., Jg. 1954, Nr. 5, 43 S.
- (1958): Die Uran- und Goldlagerstätten Witwatersrand, Blind River District, Dominion Reef, Serra de Jacobina: erzmikroskopische Untersuchungen und ein geologischer Vergleich. — Abh. dtsh. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Chem. Geol. Biol., Jg. 1958, Nr. 3, 35 S.
- REIS, O. M. (1902): Über Stylolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Anthrakolithzum Theil). — Geognost. Jh. kgl. Bayr. Oberbergamt München, 15, 157—279.
- RIECKE, E. (1894): Über das Gleichgewicht zwischen einem festen, homogen deformierten 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. etc., 97—104.
- SHAUB, B. M. (1939): The origin of stylolites. — Journ. Sed. Petrol. 9, 2, 47—61.
- (1955): Origin of stylolites: a discussion. — J. Sed. Petrol. 25, 1, 60—66.
- SORBY, H. C. (1863): Über Kalkstein-Geschiebe mit Eindrücken. — N. Jb. Min. etc., 801—807.
- STOCKDALE, P. B. (1922): Stylolites: their nature and origin. — Indiana Univ. Studies 9, 55, 1—97; Univ. Press, Bloomington/Ind.
- THOMSON, J. (1862): On crystallisation and liquefaction as influenced by stress tending to change of form in the crystal. — Proc. Royal Soc. London 11, 473—481.
- WAGNER, G. (1913): Stylolithen und Drucksuturen. — Geol. Pal. Abh., N. F., 11, 2, 1—30.
- WÜRTTENBERGER, G. (1865): Über Eindrücke an den Bohnerzen von Salzgitter und an den in denselben vorkommenden Petrefakten. — N. Jb. Min. etc., 822—824.

Manuskript eingegangen am 3. Januar 1966.

TAFELERKLÄRUNGEN

Tafel I

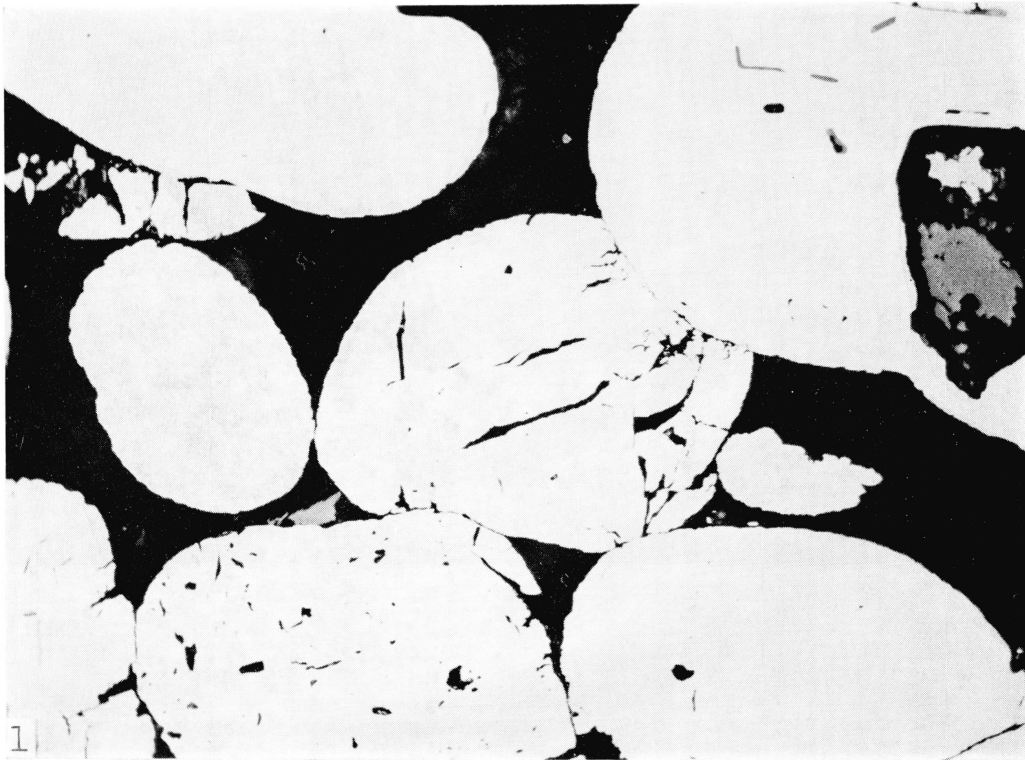
- Abb. 1 Drucklösungserscheinungen an einem Pyritgeröll, das zwischen zwei Nachbargeröllen (ebenfalls Pyrit) eingezwängt ist. Der angelöste Pyrit zersplittert unter der Druckbeanspruchung (insbesondere rechts!). — Basal Reef, Loraine Gold Mines, Oranje-Freistaat-Goldfeld. 270 $\times$, Öl.

Detrital pyrite grain, jammed in between two major neighbours, showing distinct indications of pressure solution. It is likewise evident that the grain has been crushed under the stress imposed (particularly on the right side). — Basal Reef, Loraine Gold Mines, Orange Free State goldfield. 270 $\times$, oil immersion.

- Abb. 2 Drucklösung an Pyritgeröll analog Abb. 1. Man beachte die suturierten Kontakte. — Basal Reef, Loraine Gold Mines, Oranje-Freistaat-Goldfeld. 270 $\times$, Öl.

Pyrite grain undergoing pressure solution as in Fig. 1. Note sutured contacts. — Basal Reef, Loraine Gold Mines, Orange Free State goldfield. 270 $\times$, oil immersion.

TAFEL I



Tafel II

- Abb. 1 Zwei Pyritgerölle sind am Kontakt gelöst, wobei das kleinere (mit Andeutung einer parallelen Strukturierung) mehr Material verliert. Auffällig ist weiterhin das Aufsplintern des Pyritkörpers unter der Druckbeanspruchung. — Elsburg A3-Reef, Loraine Gold Mines, Oranje-Freistaat-Goldfeld. $270\times$, Öl.

Detrital pyrite grains with sutured outlines at the contact. The smaller grain is apparently more affected; it has also been crushed in the area of greatest pressure. — Elsburg A3-Reef, Loraine Gold Mines, Orange Free State goldfield. $270\times$, oil immersion.

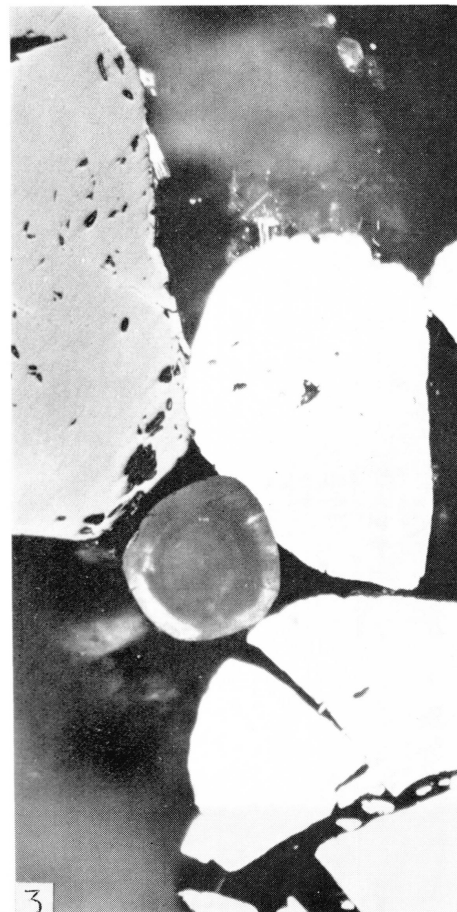
- Abb. 2 Zwei Arsenkiesgerölle (links) mit suturierten Kontakten zu zwei Pyritgeröllen (rechts) und Kataklyse. Am Kontakt teilweise Bildung eines winzigen FeS-Films, desgl. FeS-Neubildung auf kataklastischen Sprüngen im Arsenkies. — Elsburg B-Reef, Loraine Gold Mines, Oranje-Freistaat-Goldfeld. $270\times$, Öl.

Two grains of detrital arsenopyrite (left side) being "impressed" and fractured by two pyrite grains. At the contact formation of a minute film of authigenic pyrrhotite, the latter also occupying fissures within the arsenopyrite. — Elsburg B-Reef, Loraine Gold Mines, Orange Free State goldfield. $270\times$, oil immersion.

- Abb. 3 Pyrit-, „buckshot“ angelöst an Kontakt zu rundlichem Zirkon; unmittelbar darüber Kontakt mit Anlösung zwischen Pyrit und Chromit (Sutur!). — Pyritquarzit innerhalb der Elsburg B-Serie, Loraine Gold Mines, Oranje-Freistaat-Goldfeld. $270\times$, Öl.

"Buckshot" pyrite being "impressed" by small roundish zircon grain; immediately above a sutured contact between pyrite and chromite indicating dissolution of the two bodies along common border line. — Pyritic quartzite of Elsburg B series, Loraine Gold Mines, Orange Free State goldfield. $270\times$, oil immersion.

TAFEL II



Tafel III

- Abb. 1 Pyritgeröll, typisch „*muffin-shaped*“ (d. h. auf einer Seite abgeflacht in der Art einer Pfeffernuss), wird an Kontakt zu detritischem Chromitkorn (grau) angelöst. Der Chromit zeigt beginnende Zersetzungserscheinungen. — Pyritquarzit innerhalb der Elsburg B-Serie, Loraine Gold Mines, Oranje-Freistaat-Goldfeld. $270\times$, Öl.

Detrital pyrite grain, typically “*muffin-shaped*”, being “*indented*” by chromite (grey); the latter is in the state of incipient decomposition. — Pyritic quartzite of Elsburg B series, Loraine Gold Mines, Orange Free State goldfield. $270\times$, oil immersion.

- Abb. 2 Ähnlicher Fall wie Abb. 1; das Pyritgeröll besteht hier aus porösem Material, das sich besonders leicht weglösen lässt. An dem Eindruck sind mechanische Vorgänge stark beteiligt. — Basal Reef, President Brand Mine, Oranje-Freistaat-Goldfeld. $270\times$, Öl.

Similar case as Fig. 1; the pyrite grain appears to be extremely porous, thereby facilitating the process of dissolution. Mechanical processes have a share in the formation of the impression. — Basal Reef, President Brand Mine, Orange Free State goldfield. $270\times$, oil immersion.

TAFEL III

