

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

Band: 51 (1971)

Heft: 1

Artikel: Illit-Kristallinität, Mineralfazien und Inkohlungsgrad

Autor: Frey, Martin / Niggli, Ernst

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-39820>

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: 16.01.2026

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

Illit-Kristallinität, Mineralfazien und Inkohlungsgrad

Von *Martin Frey* und *Ernst Niggli* (Bern)*)

Mit 2 Tabellen im Text

Abstract. Coal-rank data from the Swiss Alps are compared with Alpine metamorphic grade of surrounding sediments (table 1). Based on these data and the work of KISCH (1969) a correlation between illite-crystallinity, lowest grade mineral facies and coal-rank is proposed (table 2).

Einleitung

Ausgehend von den Arbeiten von COOMBS et al. (1959) und COOMBS (1960, 1961) wird der Bereich Diagenese-Metamorphose bei niedrigen bis mittleren Drucken heute überwiegend wie folgt gegliedert: Diagenese, Zeolithfazies, Prehnit-Pumpellyit-Fazies, Grünschieferfazies. Allerdings wird die Abgrenzung Diagenese-Zeolithfazies noch verschieden gehandhabt; während COOMBS (1968) und TURNER (1968) Paragenesen mit Analcim und Heulandit schon zur Zeolithfazies rechnen, schliessen wir uns hier WINKLER (1967) an, welcher die Zeolithfazies erst mit dem erstmaligen Auftreten von Laumontit beginnen lässt. Diese Gliederung mit Hilfe von Mineralfazien hat den Nachteil, dass sie vorwiegend auf Vulkanite anwendbar ist; die mengenmässig viel häufigeren ehemaligen Tone und Mergel können damit kaum erfasst werden, weil ihnen geeignetes Ausgangsmaterial fehlt.

Dafür hat sich die Illit-Kristallinität in pelitischen Gesteinen als Anzeiger für eine beginnende Metamorphose bewährt (KUBLER, 1967, 1968; DUNOYER DE SEGONZAC, 1969; FREY, 1969, 1970). Mit fortschreitender Diagenese bzw. beginnender Metamorphose unterscheidet man mit Hilfe der Illit-Kristallinität zwischen unmetamorphen Tonen und Tonsteinen, anchimetamorphen Tonschiefern und epimetamorphen Phylliten. Die Illit-Kristallinität in der Anchizone variiert von 7,5 (Obergrenze) bis zu 4,0 (Untergrenze) (DUNOYER DE SEGONZAC et al., 1968).

Unabhängig von diesen Entwicklungen hat sich in der Kohlenpetrographie

*) Mineralogisch-petrographisches Institut, Sahlistr. 6, 3012 Bern.

eine eigene Gliederung eingebürgert mit Hilfe des sog. Inkohlungsgrades. Der Inkohlungsgrad wird vor allem bestimmt auf Grund des Gehaltes an Kohlenstoff oder Flüchtigen Bestandteilen an wasser- und aschfreien Kohlen (= waf). Die im deutschen Sprachgebrauch verwendete Inkohlungs-Skala nach TEICHMÜLLER und TEICHMÜLLER (1967) ist aus Tab. 2 ersichtlich.

Im folgenden werden der Literatur entnommene Inkohlungsgrad-Daten aus den Schweizer Alpen verglichen mit Mineralparagenesen und Werten der Illit-Kristallinität in den begleitenden alpidisch-metamorphen Sedimenten. Daraus ergibt sich der Versuch, Mineralfazien, Illit-Kristallinität und Inkohlungsgrad miteinander zu korrelieren.

Inkohlungsgrad und Mineralfazies

In Tab. 1 sind Analysen von Kohlenflözproben aus den Schweizer Alpen zusammengestellt. Die z. T. beträchtlichen Schwankungen im Gehalt an Kohlenstoff und vor allem an Flüchtigen Bestandteilen im gleichen Aufschlussgebiet könnten möglicherweise unter dem Einfluss tektonischer Vorgänge entstanden sein. Trotzdem ist ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Inkohlungsgrad und dem erreichten alpidischen Metamorphosegrad zu erkennen.

Nach KISCH (1969) treten Paragenesen der Zeolithfazies in kohleführenden Gebieten erstmals in Gesteinen auf, wo der Inkohlungsgrad von 30–40 % flüchtigen Bestandteilen variiert, d. h. von der Grenze Flammkohle/Gasflammkohle bis ins Gaskohlen-Stadium. (KISCH gebraucht die Zeolithfazies im Sinne von COOMBS – siehe Einleitung –, was aber hier berücksichtigt wurde.) Die Angaben aus den Schweizer Alpen (Tab. 1) passen relativ gut in dieses Bild.

KISCH (1969, S. 420) erwähnt keine Beispiele, bei welchem Inkohlungsgrad die Zeolithfazies durch die Prehnit-Pumpellyit-Fazies abgelöst wird. Er schätzt den entsprechenden Inkohlungsgrad mindestens auf das Stadium der Esskohle. Aus Tab. 1 geht hervor, dass die Prehnit-Pumpellyit-Fazies im Taveyan-nazsandstein einem Inkohlungsgrad der Ess- und Magerkohle entspricht. Diese Beobachtung stimmt überein mit Untersuchungen von KOSSOVSKAYA et al. (1957, zitiert in KISCH, 1969), welche die Prehnit-Pumpellyit-Fazies mit einem Inkohlungsgrad der Magerkohle und Anthrazit parallelisieren.

Inkohlungsgrad und Illit-Kristallinität

KUBLER (1967, 1968) hat den Beginn der Anchizone nicht willkürlich festgelegt, sondern ihr Beginn entspricht der beobachteten Existenzgrenze von Erdöl. Nach TEICHMÜLLER und TEICHMÜLLER (1966, S. 190) liegt diese Grenze im Gas- oder Fettkohlen-Stadium, nach HACQUEBARD und DONALDSON (1970, S. 1154) schon am Übergang Gasflammkohle/Gaskohle. Über die Untergrenze der Anchizone liegen noch keine Inkohlungsdaten vor.

Tabelle I. Inkohlungsgrad-Daten aus den Schweizer Alpen

Zusammenstellung auf Grund von Kohlenflöz-Analysen in WEHRLI (1919), BECK (1948) und KÜNDIG und DE QUERVAIN (1953), sowie unter Verwendung der Arbeiten von MARTINI und VUAGNAT (1965, 1970).

Geologisches Alter	Fundort	Kohlenstoff-Gehalt (waf) Gew.-%	Flüchtige Be-standteile (waf) Gew.-%	Inkohlungs-grad	Tektonische Stellung	Metamorphosegrad im Fundortgebiet
Oberkarbon	Wallis (Mittel-wert)	94	6	Anthrazit	äussere Karbonzone: Aig. Rouges- und westl. Aar-Massiv. Innere Karbonzone: Bernhard-Decke	niedriggradige Grünschieferfazies
Dogger (Mytilussechichten)	Vouvry, linkes Rhone-Ufer, 6 km ob der Rhone-Mündung	79	41	Flammkohle	Préalpes médianes	Nicht- bis anchi-metamorph (?)
	Rochers des Rayes, zw. Saanen und Châteaux-d'Oex	82	35-38	Gasflammk.	Préalpes médianes	Anchimetamorph (Stilpnomelan)
Boltigen, Klus Elmatalp Waldried	87 83 85	33 28 19	Gaskohle Gas-Fettk. Ess-Fettk.	Préalpes médianes	Anchimetamorph (Stilpnomelan)	
Eozän	Diablerets	83	15	Esskohle	Diablerets-Decke	Prehnit-Pump-Fazies (Pump., ± Prehnit, ± Laum.)
	Kandergrund	86 (75-91)*	14	Mager-Essk.	Wildhorn-Decke	Prehnit-Pump-Fazies (Pump., ± Prehnit, ± Epidot)
Niederhorn-Beatenberg		75-81	39-43	Gasflammk.	Wildhorn-Decke	Zeolithfazies (?)

* Mittelwert und Schwankungsbreite von 12 Bestimmungen

Wir wollen auf den Versuch von KISCH (1969) nicht eingehen, Inkohlungsgrad und Auftreten von Ton- und Glimmermineralien miteinander zu vergleichen, weil unserer Ansicht nach darüber noch zu wenig Klarheit herrscht. Es sei z. B. nur daran erinnert, dass im Lias der Glarner Alpen Pyrophyllit und Paragonit schon zu Beginn der Anchizone auftreten (FREY, 1970), während diese Mineralien bisher als typisch für die Grünschieferfazies angesehen wurden.

Illit-Kristallinität und Mineralfazien

Alle bis jetzt verfügbaren Daten stammen aus den Westalpen. KUBLER (1969) hat gezeigt, dass im westlichen Teil des Dissertationsgebietes von MARTINI (1968) in Hochsavoyen Illit-Kristallinitäten vorhanden sind, welche *noch nicht* in die Anchizone gehören; bekanntlich liegt der Taveyannazsandstein dort überwiegend in der Zeolithfazies vor. Dieser Befund stimmt mit eigenen Untersuchungen am Taveyannazsandstein der Wagetenkette in den nördlichsten Glarner Alpen überein: Laumontit wird von einer Illit-Kristallinität von ca. 10 begleitet.

In den südlichen Glarner Alpen treten Prehnit, Pumpellyit und Epidot im Taveyannazsandstein in Begleitung von Dachschiefern auf, welche eine Illit-Kristallinität von ca. 4,5 (um Linthal) bis 3,5 (Kistenpass-Panixerpass-Gebiet) besitzen.

Versuch einer Korrelation Illit-Kristallinität - Mineralfazien - Inkohlungsgrad

Tab. 2 zeigt auf Grund der Arbeit von KISCH (1969) sowie den hier mitgeteilten Resultaten eine Korrelation im Bereich Diagenese-Metamorphose von Peliten (Illit-Kristallinität; Anchizone), Vulkaniten (Zeolithfazies und verwandte Mineralfazien) und Kohlen (Inkohlungsgrad). Daraus ist ersichtlich, dass die unabhängig voneinander erarbeiteten Wechselbeziehungen Inkohlungsgrad-Mineralfazien, Inkohlungsgrad-Illit-Kristallinität und Illit-Kristallinität-Mineralfazien relativ gut miteinander übereinstimmen. Dass keine scharfen Grenzen miteinander parallelisiert werden können, liegt hauptsächlich daran, dass für die Inkohlung einerseits und für die Zeolith- und Tonmineralien anderseits verschiedene Metamorphose-Parameter wirksam sind: Für die Kohle vor allem die Temperatur und der Zeitfaktor, für die Zeolith- und Tonmineralien aber hauptsächlich Temperatur, Gesamtdruck, verschiedene Partialdrücke (P_{HO_2} , P_{CO_2} , P_{CH_4} usw.) und die Zusammensetzung der Porenlösung, um nur einige wichtige Faktoren zu nennen.

Wir danken Herrn Prof. Dr. T. Peters für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Diese Arbeit wurde unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Gesuchs-Nr. 5358.2).

Tabelle 2. Korrelation Illit-Kristallinität – Mineralfazien – Inkohlungsgrad

Unter Verwendung der Arbeiten von KIRSCH (1969), KOSSOVSKAYA et al. (1957, zitiert in KIRSCH, 1969), KUBLER (1969) und eigenen Untersuchungen. Die Klammern widerspiegeln den Variationsbereich des Inkohlungsgrades einzelner Grenzen der Mineralfazien und der Illit-Kristallinität, erarbeitet in verschiedenen Untersuchungsgebieten.

<i>Vulkanite</i> (Mineralfazien)	<i>Kohle</i> (Inkohlungsgrad, gemessen an den flüchtigen Bestandteilen, Gew.-%)	<i>Tone und Mergel</i> (Illit-Kristallinität)	<i>Vulkanite</i> (Mineralfazien)
Diagenese (Analcim, Heulandit usw.)	45–40 Flammkohle	Unmetamorph	Diagenese (Analcim, Heulandit usw.)
	{ 40–35 Gasflammkohle		
	{ 35–28 Gaskohle		
Zeolithfazies (Laumontit)	28–19 Fettkohle	7,5	Zeolithfazies (Laumontit)
	{ 19–14 Esskohle		
	{ 14–10 Magerkohle		
Prehnit-Pumpellyit-Fazies	{ 10–4 Anthrazit	Archimictamorph	Prehnit-Pumpellyit-Fazies
	{ < 4 Meta-Anthrazit		
Grünschieferfazies	4,0	Epimetamorph	Grünschieferfazies

Literatur

- BECK, R. (1948): Die Kohlevorkommen des Kandertales im Berner Oberland. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 28.
- COOMBS, D. S. (1960): Lower grade mineral facies in New Zealand. Int. geol. Congr. Copenhagen, Rept. 21st. Sess. Norden 13, p. 339–351.
- (1961): Some recent work on the lower grades of metamorphism. Austral. J. Sci. 24/5, p. 203–215.
- (1968): Lower Grade Mineral Facies. Trans. Amer. Geophys. Union 49/1, p. 344 (Abstr.).
- COOMBS, D. S., ELLIS, A. J., FYFE, W. S. and TAYLOR, A. M. (1959): The zeolite facies. With comments on the interpretation of hydrothermal synthesis. Geochim. Cosmochim. Acta 17, p. 53–107.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G. (1969): Les minéraux argileux dans la diagenèse. Passage au métamorphisme. Thèse Univ. Strasbourg.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G., FERRERO, J. et KUBLER, B. (1968): Sur la cristallinité de l'illite dans la diagenèse et l'anchimétamorphisme. Sedimentology 10, p. 137–143.
- FREY, M. (1969): Die Metamorphose des Keupers vom Tafeljura bis zum Lukmanier-Gebiet (Veränderungen tonig-mergeliger Gesteine vom Bereich der Diagenese bis zur Stauolith-Zone). Beitr. geol. Karte Schweiz, NF. 137.
- (1970): The step from diagenesis to metamorphism in pelitic rocks during Alpine orogenesis. Sedimentology 15, p. 261–279.
- HACQUEBARD, P. A. and DONALDSON, J. R. (1970): Coal metamorphism and hydrocarbon potential in the Upper Paleozoic of the Atlantic Provinces, Canada. Canadian J. Earth Sci. 7, p. 1139–1163.
- KISCH, H. J. (1969): Coal-Rank and Burial-Metamorphic Mineral Facies. Advances in Organic Geochemistry 1968, p. 407–425. Pergamon Press, Oxford.
- KUBLER, B. (1967): La cristallinité de l'illite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. „Etages tectoniques“, Colloque à Neuchâtel, p. 105–122.
- (1968): Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. Bull. Centre. Rech. Pau-SNPA 2, p. 385–397.
- (1969): Cristallinity of illite. Detection of metamorphism in some frontal parts of the Alps. Ref. DMG-Tagung 1969 Bern, p. 29–30.
- KÜNDIG, E. und DE QUERVAIN, F. (1953): Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz (2. Aufl.). Kümmerly & Frey, Bern.
- MARTINI, J. (1968): Etude pétrographique des Grès de Taveyanne entre Arve et Giffre (Haute-Savoie, France). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 48/2, p. 539–654.
- MARTINI, J. et VUAGNAT, M. (1965): Présence du facies à zéolites dans la formation des „grès“ de Taveyanne (Alpes franco-suisses). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 41, p. 281–293.
- (1970): Metamorphose niedrigst temperierten Grades in den Westalpen. Fortschr. Mineral. 47, p. 52–64.
- TEICHMÜLLER, M. und TEICHMÜLLER, R. (1966): Inkohlungsuntersuchungen im Dienst der angewandten Geologie. Freiberger Forschungsh. C 210, p. 155–195.
- (1967): Diagenesis of Coal (Coalification); in G. LARSEN and G. V. CHILINGAR: Diagenesis in sediments. Dev. Sedimentol. 8, p. 391–415.
- TURNER, F. J. (1968): Metamorphic Petrology. McGraw-Hill, New York.
- WEHRLI, L. (1919): Die postkarbonischen Kohlen der Schweizeralpen. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 7.
- WINKLER, H. G. F. (1967): Die Genese der metamorphen Gesteine (2. Aufl.). Springer, Berlin.

Manuskript eingegangen am 16. März 1971.