

Metamorphose ist nicht gleich Metamorphose

Verschiedene Metamorphosetypen

Ein Vortrag von Katrin Wellnitz

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Allgemeines über Gesteinsmetamorphose	1
Einflussfaktoren	
Temperatur	2
Druck	3
Fluide	3
Chemismus der Gesteine	3
Arten der Metamorphose	4
Regionalmetamorphose	4
Versenkungsmetamorphose	5
Thermo-Dynamometamorphose	5
Dynamometamorphose	6
Lokalmetamorphose	6
Kontaktmetamorphose	6
Hydrothermalmetamorphose	7
Impaktmetamorphose	7
Literaturangabe	8

Allgemeines über Gesteinsmetamorphose

Metamorphose ist die Änderung des Gefüges, Mineralbestandes und des Chemismus eines Gesteins. Wenn sich der Chemismus des Gesteins verändert, so heißt die Umwandlung Metasomatose.

Metamorphose ist in der Realität nie isochemisch, da Stoffe in Form von Fluiden abgeführt werde. Man spricht dann auch noch von Metamorphose.

Metamorphose tritt auf Grund von veränderten Umgebungsbedingungen auf. Wenn Gesteine in größere Tiefen versenkt werden, so steigen der Druck und die Temperaturen. Minerale sind ab bestimmten Druck-Temperatur-Bedingungen nicht mehr stabil und so kommt es zu einer Umkristallisation. Es kann aber auch sein, dass sich der Mineralbestand nicht verändert, die Kristalle stattdessen wachsen. Bei der Umwandlung von Kalkstein zu Marmor bleibt der Mineralbestand, aber die Kristalle rekristallisieren.

Bei der Metamorphose bleibt das Gestein immer im festen Zustand.

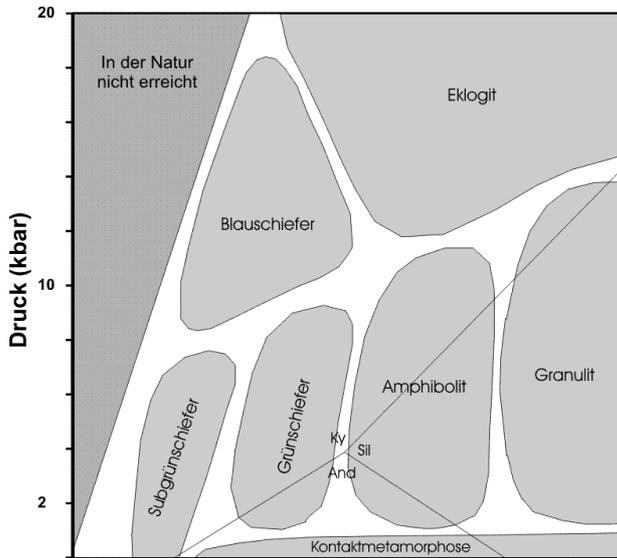


Abb.1 Einteilung der Metamorphite nach Druck und Temperatur (aus Jacobshagen/Arndt/Götze/Mertmann/Wallfass(2000))

Der Übergang von Diagenese zu Metamorphose und von Metamorphose zu Magmatismus ist fließend. Die Übergangstemperatur von Diagenese zu Metamorphose liegt bei 150 bis 200°C und die von Metamorphose zu Magmatismus zwischen 700 und 1100°C. Die Grenztemperaturen sind druckabhängig.

Je höher der Druck und die Temperatur bei der Entstehung des Metamorphiten war, desto „höher metamorph“ ist das

Gestein. Die Unterteilung von Metamorphiten wird mithilfe von bestimmten Mineralparagenesen festgelegt. Bei bestimmten Drücken und Temperaturen gibt es Minerale, die nur dann nebeneinander existieren können. Auch die Zeit spielt bei der Metamorphose eine Rolle. Bis ein metamorpher Prozess abgeschlossen ist, muss das Gestein etwa eine Millionen Jahre in den verändernden Bedingungen liegen.

Wenn ein Metamorphit wieder aus der Tiefe an die Oberfläche gebracht wird, so kann es sein,

dass er sich wieder metamorph verändert. Diese retrograde Metamorphose ist aber normalerweise nicht so hochgradig wie die prograde Metamorphose, bei der das Gestein abgesenkt wurde.

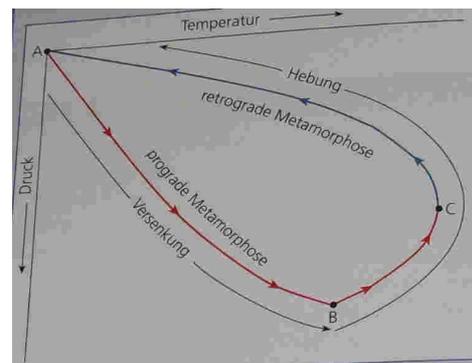


Abb.2 Pfad einer Metamorphose(aus Press&Siever (2003))

Einflussfaktoren

Temperatur

Durch eine hohe Temperatur wird die Festigkeit des Gesteins herabgesetzt, was eine Deformation begünstigt.

Chemische Bindungen können aufgebrochen werden. In Mineralien ordnen sich Atome um, der Mineralbestand ändert sich

Die Kristallstrukturen verändern sich, wenn die vorherige Struktur in den neu herrschenden Temperatur- und Druckbedingungen instabil ist.

Eine erhöhte Temperatur begünstigt das Wachstum der Minerale.

Wenn der Mineralbestand beibehalten wird, so spricht man von einer isophasen Umkristallisation. Ändert sich der Mineralbestand hingegen, so handelt es sich um eine allophase Umkristallisation.

Druck

Man unterscheidet beim Druck auf welche Weise er wirkt. Es gibt den lithostatischen Druck, der von allen Seiten auf das Gestein wirkt. Er wirkt genau wie der Druck, der an der Erdoberfläche oder unter Wasser herrscht.

Lithostatischer Druck entsteht durch das überlagernde Gestein. Durch hohe Temperaturen und hohen lithostatischen Druck kommt es zur Rekrystallisation der Minerale. Bei statischer Metamorphose herrscht nur lithostatischer Druck, wogegen bei kinetischer/ Dislokationsmetamorphose sowohl lithostatischer als auch anisotroper Druck auf das Gestein einwirken.

Anisotroper Druck wird auch gerichteter Druck oder Spannung genannt. Dieser anisotrope Druck wirkt von zwei Seiten auf das Gestein. Es kommt dadurch zur Faltung und Deformation des Gesteins.

Bei der Metamorphose regeln sich plattige und stängelige Minerale senkrecht zur Druckrichtung ein.

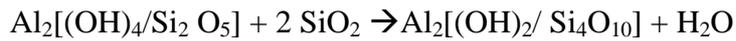
Fluide

Fluide, vor allem Wasser, spielen eine wichtige Rolle bei metamorphen Vorgängen. In den kleinen Poren des metamorphen Gesteins befindet sich oft Wasser in dem Gase, Ionen und Moleküle gelöst sind. Diese gelösten Stoffe werden zu Mineralen geführt, wo sie sich in den Kristallstrukturen einlagern. Auch löst Wasser Bestandteile aus den Mineralen. Es kommt also zu einer Änderung des Mineralbestandes.

Das Wasser in den Metamorphiten stammt nicht von der Oberfläche. Dieses Wasser wurde bei der Diagenese bereits aus dem Gestein gepresst.

Wasser in Metamorphiten entsteht bei Entwässerungsreaktionen. In einigen Mineralien ist Wasser chemisch gebunden.

So wird aus Kaolinit und Quarz Pyrophyllit und Wasser.



Chemismus der Gesteine

Der Chemismus des umlagernden und des metamorphen Gesteins spielt vor allem im Vorgang der Metasomatose eine wichtige Rolle.

Der Stabilitätsbereich der einzelnen Minerale des Gesteins bestimmt, wann sich die Mineralien umkristallisieren.

Metamorphosearten

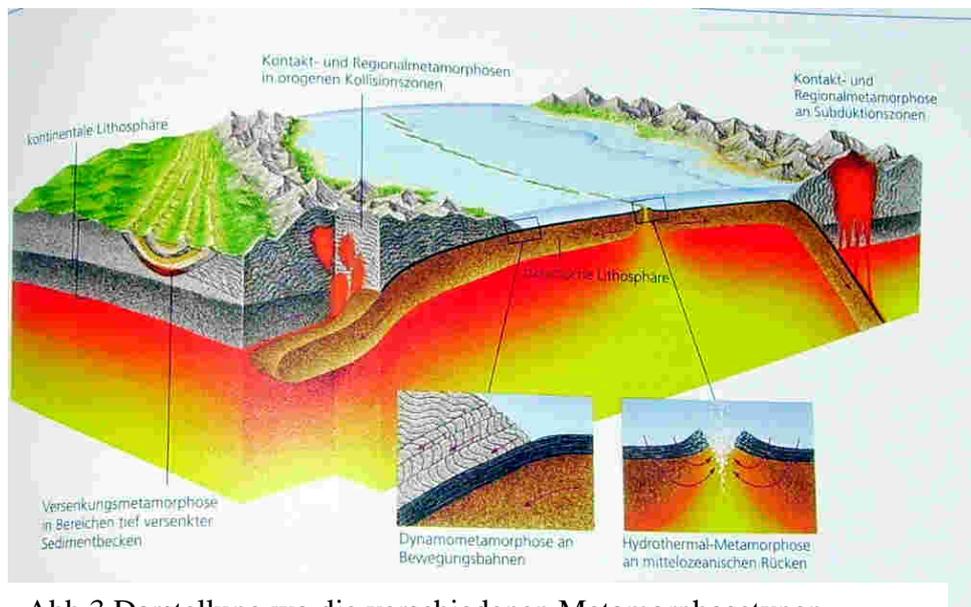


Abb.3 Darstellung wo die verschiedenen Metamorphosetypen auftreten. (aus Press&Siever 2003)

Es gibt verschiedene Metamorphosetypen. Man unterscheidet wie weit sich die Metamorphose ausweitet und die Ursache für die Metamorphose.

Regionalmetamorphose

Ein auf ein weites Gebiet ausgebreitete Metamorphose heißt Regionalmetamorphose. Die Unterteilung was Regionalmetamorphose ist und was nicht, ist nicht einheitlich.

Ich habe alle großräumigen Metamorphosetypen, die ohne eine Änderung der chemischen Zusammensetzung des Gesteins ablaufen, zur Regionalmetamorphose gezählt. Bei der Regionalmetamorphose wird Gestein, größtenteils Sedimente, durch tektonische Prozesse in mehrere Kilometer Tiefe transportiert. Die Metamorphose ist hauptsächlich von der Temperatur und dem Druck abhängig.

Versenkungsmetamorphose

Hier werden Sedimente durch eine Synklinalbildung in die Tiefe gebracht und noch von weiteren Sedimenten überlagert. Der Druck steigt relativ schnell an, die Temperatur aber nicht, da man sich nicht an einer Plattengrenze befindet, wo durch das Aufsteigen von Magma und wegen der Subduktion Wärme entsteht.

Bei der Versenkungsmetamorphose steigt die Temperatur pro Kilometer um etwa 10°C . Das heißt, dass das Gestein in eine relativ große Tiefe gebracht werden muss, damit es sich metamorph verändert.

Zusätzlich zu der durch das überlagernde Gestein entstehende Temperatur kommt zusätzliche Wärme noch aus dem Zerfall radioaktiver Stoffe und durch Unebenheiten im heißen Mantel, der an einigen Stellen weit in die Region der Lithosphäre reicht.

Bei der Versenkungsmetamorphose entstehen gering metamorphe Gesteine.

Thermo-Dynamometamorphose

Diese Art von Metamorphose tritt an konvergierenden Platten, an aktiven Orogenzone bei Gebirgsbildungen, auf. Anders als bei der Versenkungsmetamorphose herrscht hier auch ein anisotroper Druck. Dieser ist kleiner als der lithostatische Druck, ist aber groß genug um das Gestein zu verfallen und zu deformieren. Der Temperaturanstieg pro Kilometer kann an Orogenzonea auf Grund von Aufstieg von Magma bis 100°C betragen.

Es entstehen oft Gesteine mit einer Foliation oder einer Lineation. Wenn ein Gestein eine Foliation hat, so haben sich vor allem plattige Minerale in einer Richtung eingeregelt. Das Gestein weist parallele Ebenen auf, an denen entlang sich das Gestein gut spalten lässt.

Schiefer haben eine gut ausgeprägte Foliation.

Lineation ist die Einregelung größtenteils stängeliger Minerale in eine Richtung. Die Richtung der Foliation und der Lineation hängt nicht von der Ablagerungsebenen des Sedimentes ab, sondern von der Richtung des anisotropen Drucks. Die Foliations- und Lineationsebene steht senkrecht zur Druckrichtung.

Bei der Thermo-

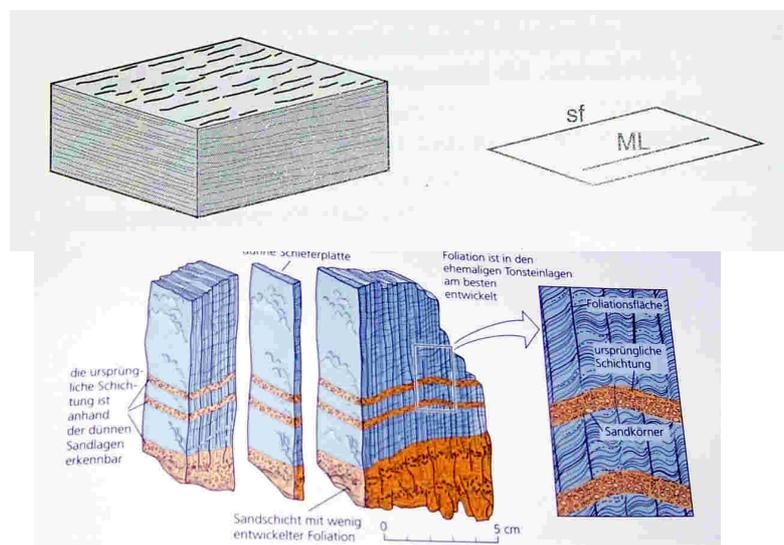


Abb.5 Richtung der Schieferung und der ursprüngliche Schichtung

Dynamometamorphose handelt es sich um eine kinetische Metamorphose.

Dynamometamorphose

Auch die Dynamometamorphose tritt an Subduktionionzonen auf. Bei diesem Metamorphosetyp herrschen sehr hohe Drücke aber oft nicht so hohe Temperaturen. Die Platten gleiten aneinander vorbei. Die Gesteine reiben stark aneinander. Es wirkt ein hoher Druck. Die subduzierende Platte ist kalt, wenn sie eine ozeanische Platte ist. Das Gestein wird zertrümmert und es entsteht ein katakastisches Gefüge.

Wenn die Temperatur im Gestein noch hoch ist, so ist das Gestein nicht mehr so spröde und es kommt zur Rekristallisation. Es entsteht ein Mylonit, ein feinkörniger Metamorphit.

Metamorphite, die durch eine Dynamometamorphose entstanden sind, findet man oft in stark gefalteten und defomierten Gebirgen.

Lokalmetamorphose

Lokale Metamorphosen erstrecken sich nur über ein relativ kleines Gebiet. Hier kommt besonders die Faktoren Temperatur und Chemismus des Gesteins eine Bedeutung zu.

Es entstehen hier generell keine Metamorphite mit Foliation oder Lineation, das es keinen anisotropen Druck gibt.

Kontaktmetamorphose

Zur Kontaktmetamorphose kommt es an Magmakammern und Magmagängen. Durch die Wärme der Magmenintrusion ist das umliegende Gestein nicht mehr im Gleichgewicht mit der Umgebung. Die Minerale rekristallisieren.

Oft steigt aus der Magmakammer Wasser durch das umliegende Gestein an die Oberfläche. In

dem Wasser sind Stoffe gelöst, die sich an die Minerale des Gesteins anlagern oder das Wasser löst Teile der Minerale und führt sie ab. Somit wird der Chemismus des Gesteins verändert. Es handelt sich also um eine Metasomatose

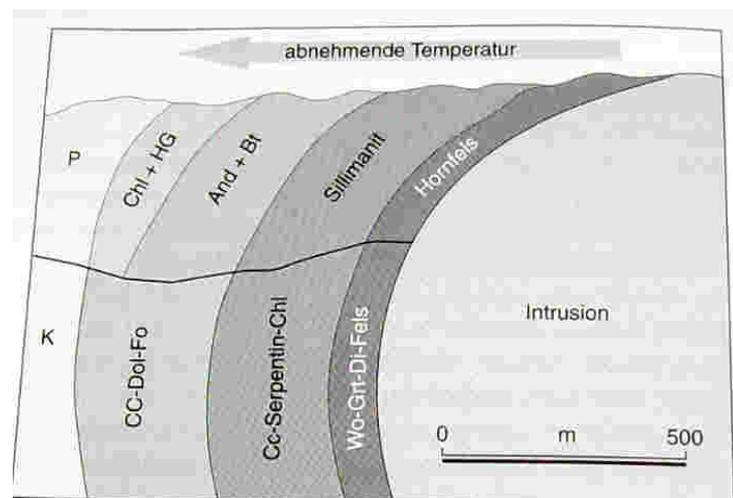


Abb.6 Eine schematische Darstellung einer Kontaktmetamorphose (aus Jacobshagen/Arndt/Götze/Mertmann/Wallfass(2000))

löst Teile der Minerale und führt sie ab. Somit wird der Chemismus des Gesteins verändert.

Der von der Metamorphose/ Metasomatose betroffene Bereich hängt von der Wärme und Größe der Intrusion ab. Der betroffene Bereich kann sich von wenigen Zentimetern zu mehreren hundert Metern um die Intrusion erstrecken.

Kontakt- und Thermodynamometamorphose treten oft im selben Gebiet auf, da bei Gebirgsbildung Schmelzen aufsteigen.

Hydrothermalmetamorphose

Hier handelt es sich eigentlich um eine Metasomatose. Zur Hydrothermalmetamorphose kommt es an mittelozeanischen Rücken.

Wasser sickert durch die Risse im Basalt in die Tiefe. An der Magmakammer wird das Wasser soweit erhitzt, dass es wieder nach oben steigt. Beim Aufstieg löst das Wasser, genau wie bei der Kontaktmetasomatose, Stoffe aus dem Gestein und diese werden woanders abgelagert.

Die Hydrothermalmetamorphose kommt an allen mittelozeanischen Rücken vor und deckt dementsprechend ein relativ großes Gebiet ab, was für eine Regionalmetamorphose charakteristisch ist. Ich habe sie aber dennoch zur Lokalmetamorphose gezählt, weil sich der Chemismus des Gestein verändert.

Impaktmetamorphose

Die Impakt- oder auch Schockmetamorphose genannt, tritt bei Einschlägen von Meteoriten auf.

Beim Aufschlag des Meteoriten herrscht für kurze Zeit ein sehr hoher Druck und eine sehr hohe Temperatur.

Das umliegende Gestein reagiert darauf mit Metamorphose.

Es entstehen Risse im Gestein, um die entstehenden Spannungen zu entlasten. Auch findet man Druckzwillinge. Mineralzwillinge sind zwei ineinander verwachsene Mineralkristalle.

Es können die Hochdruckmodifikationen von Quarz entstehen. Es handelt sich dabei um Stishovit und Coesit, die normalerweise nicht an der Oberfläche zu finden sind.

Wenn Teile des Gesteins aufschmelzen und schnell wieder abkühlen, entsteht sogenanntes Impakt-Glas.

Literaturangabe

Press,F/Siever,R (2003):Allgemeine Geologie-Einführung in das System Erde, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, S.200ff

Jacobshagen,V/Arndt,J/Götze,H/Mertmann,D/Wallfass,C(2000): Einführung in die geologischen Wissenschaften, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, S. 311ff

Richter, D (1992): Allgemeine Geologie, Walter de Gruyter Berlin, S. 226ff

Eskola,B(1970): Die Entstehung der Gesteine- Ein Lehrbuch der Petrogenese, Springer-Verlag Heidelberg,S.263ff