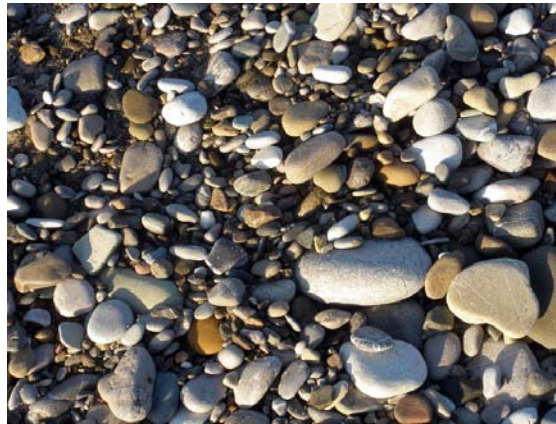


# *geo-life*

*Geologie & Tourismus*

## Einführung in die Geologie



*Mark Feldmann  
Dr.sc.nat. ETH*

*Ihr Profi für geo-kulturelle Führungen und Exkursionen  
Buchholzstrasse 58 | 8750 Glarus | 078 660 01 96 | [www.geo-life.ch](http://www.geo-life.ch)*

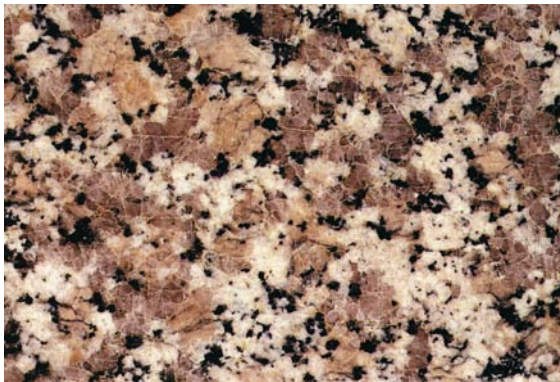
## Inhalt

- Aufbau der Erde
- Kristall, Mineral, Gestein
- Magmatische Gesteine
- Sedimente
- **Metamorphe Gesteine**
- Prozesse

# Metamorphose



Die Gesteinsmetamorphose (Gesteinsumwandlung) äussert sich durch die Veränderung im Gefüge und der Mineralzusammensetzung eines bereits vorhandenen Gesteins. Die chemische Zusammensetzung eines Gesteins bleibt erhalten. Die Umwandlung geschieht im Gestein selbst, welches dabei im festen Zustand bleibt, ohne dass eine Schmelze am Prozess beteiligt ist.



Granit



Sandstein

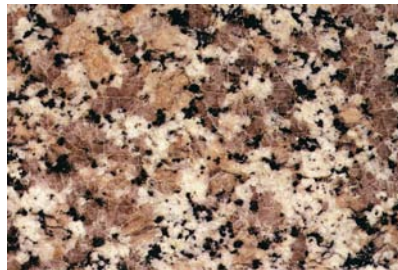


Gneis

5cm

## Gefüge

Metamorphe Gesteine werden vor allem durch ihr Gefüge charakterisiert, welches durch die Beanspruchung des Gesteins durch Druck und Temperatur entsteht. Die Gesteine brechen meistens in plattige Stücke, wobei die Dicke dieser Platten von wenigen Millimetern bis einige Zentimeter sein kann. Diese lagige oder plattige Anordnung in Gesteinen wird generell als *Schieferung* bezeichnet. Das Gefüge wird je nach Intensität der Schieferung als gneisig, schiefrig oder phyllitisch bezeichnet. Metamorphe Gesteine, die keine Druckbeeinflussung erfahren haben, zeigen ein massiges Gefüge. Das Gefüge gibt dem Gestein auch seinen Namen: **Fels** (massig), **Gneis**, **Schiefer** oder **Phyllit**.



massig, felsig



gneisig



schiefrig



phyllitisch

Allgemeine Namengebung :

Name	Gefüge	Beschreibung
Hornfels	felsig	richtungslose Anordnung feinkörniger Mineralien bei Gesteinen der Kontaktmetamorphose
Fels	massig	richtungslose Anordnung mittel- bis grobkörniger Mineralien bei Gesteinen der Regionalmetamorphose
Gneis	gneisig	grob geschiefert, spaltet im cm- bis dm-Bereich
Schiefer	schieferig	spaltet im mm-Bereich
Phyllit	phyllitisch	sehr fein geschiefert, spaltet unterhalb mm-Bereich
<p>Die mit über 5% am Gestein beteiligten Mineralien werden mit zunehmender Häufigkeit dem Namen vorangestellt            Beispiele: Staurolith-Granat-Zweiglimer-Plagioklas-Schiefer            Hornblende-Biotit-Plagioklas-Gneis            Granat-Olivin-Fels</p>		

Spezialnamen:

Amphibolit:	Hornblende - Plagioklas - Fels oder - Gneis
Eklogit:	Omphacit (Pyroxen) - Granat - Fels
Marmor:	Vorwiegend Calcit und/oder Dolomit
Quarzit:	> 90% Quarz

## Namensgebung metamorpher Gesteine

Eine genauere Namensgebung geschieht durch die Mineralien, die im Gestein enthalten sind. Sie werden dem Gefügenamen vorangestellt, wobei mit demjenigen begonnen wird, das am wenigsten vertreten ist.



Biotit-Granat-Gneis

Neben vielen Mineralien, die in magmatischen und Sedimentgesteinen auch vorkommen (z.B. Quarz, Feldspäte, Glimmer, Hornblenden, Olivin, Calcit, Dolomit), findet man in metamorphen Gesteinen eine ganze Menge Mineralien, die nur in solchen vorkommen.

Viele dieser Mineralien sind typisch für bestimmte Metamorphose-Bedingungen.

# Granate



Spessartin



Almandin



Pyrop



Grossular





Staurolith



1

Vesuvian

Pyroxengruppe



Jadeit



Diopsid

Aktinolith



Amphibolgruppe



Glaukophan



Tremolit



Hornblende



Chlorit

### Schichtsilikate



Talk

Antigorit (Blätterserpentin)  
Chrysotil (Faserserpentin) - Asbest



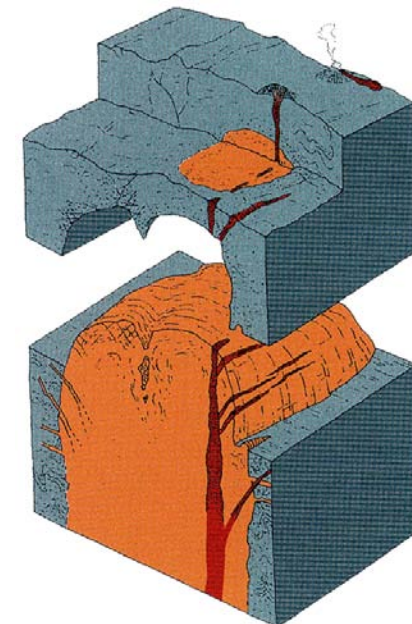
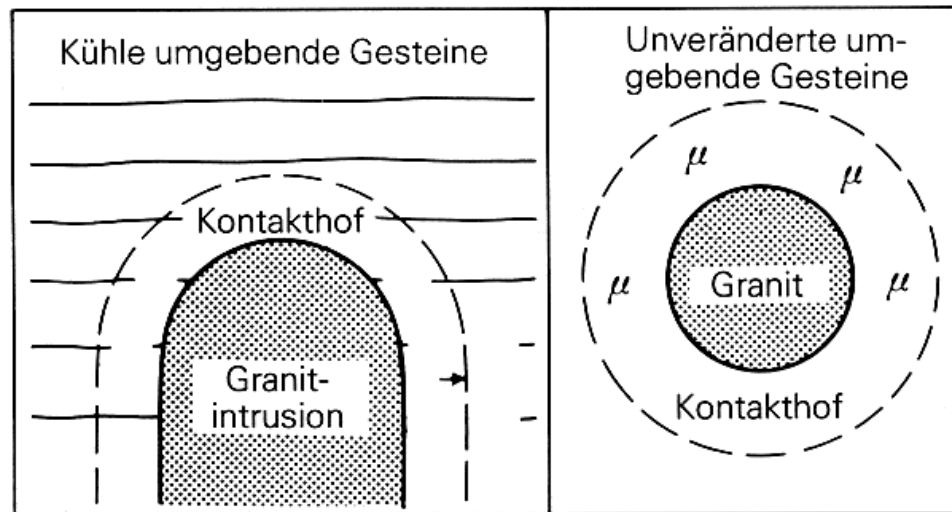
1

2

## Kontaktmetamorphose

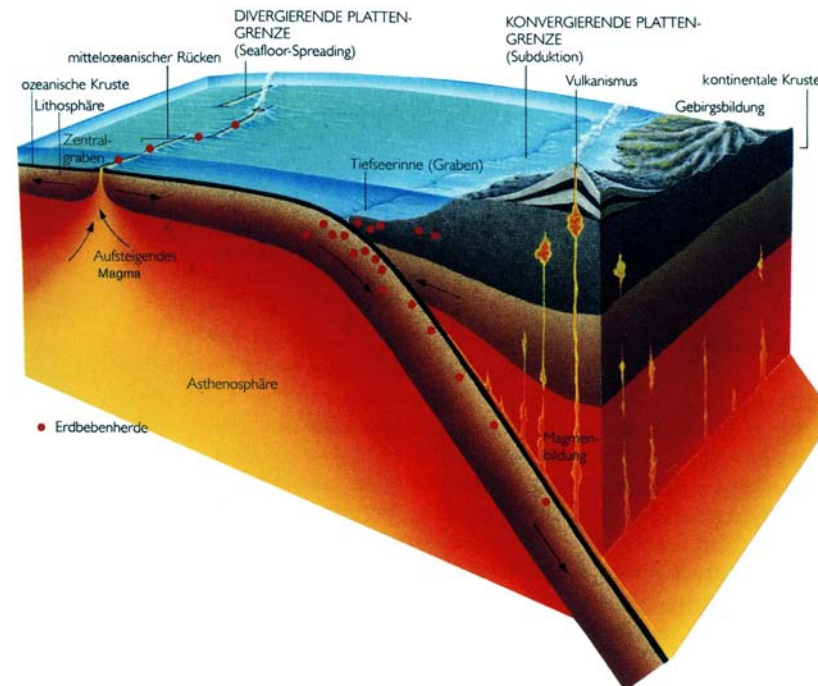
Die Gesteinsmetamorphose wird zum grossen Teil durch hohe Temperaturen beeinflusst. Wärme kann durch aufsteigende Magmen (z.B. bei der Bildung eines Granitkörpers) aus der Tiefe in oberflächennähere Bereiche gelangen. Dadurch dringt Wärme auch in das Umgebungsgestein ein und bewirkt eine mineralogische Umwandlung am Kontakt zum Magmakörper. Da die Temperatur vom Kontakt weg gegen aussen auf die normale Umgebungstemperatur abnimmt, werden bei der Umwandlung entsprechend der Distanz zum Kontakt andere Mineralien neu wachsen. So bilden sich um den magmatischen Gesteinskörper schalenförmige Zonen mit gleicher Metamorphoseintensität. Die Gesteine, die in einem Kontakthof neu gebildet werden, sind meist sehr feinkörnig und ihre Mineralien sind nicht in einer Richtung sondern ganz wirr im Gestein angeordnet. Ein solches Gefüge bezeichnet man als richtungslos oder massig. Metamorphe Gesteine, die durch eine Kontaktmetamorphose entstanden sind, bezeichnet man als **Hornfelse**.

a. Profil



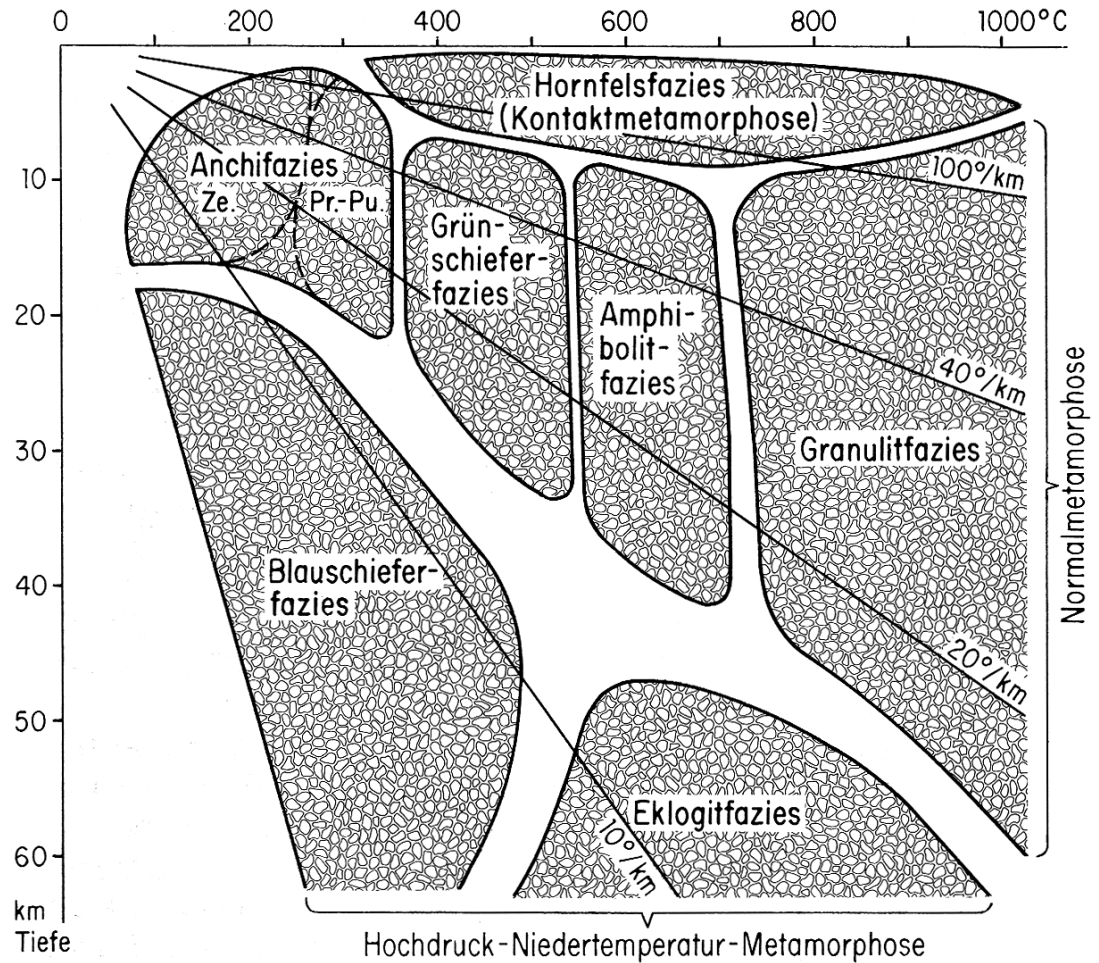
## Regionalmetamorphose

Anstatt dass die Wärme hinaufkommt, können die Gesteine auch zu ihr hinunter transportiert werden. In der Erdkruste nimmt die Temperatur von der Erdoberfläche gegen das Innere ständig zu und zwar durchschnittlich um  $1^{\circ}\text{C}$  pro 30 Meter. Dies ergibt eine Temperatur von  $33^{\circ}\text{C}$  pro Kilometer, d.h. in 10 Kilometer Tiefe ist es ca.  $300^{\circ}\text{C}$  warm. Werden die Gesteine nun in grössere Tiefen versenkt, z.B. an einer Subduktionszone (bis zu 50 km), gelangen sie unter Bedingungen erhöhter Temperaturen. Mit zunehmender Tiefe nimmt neben der Temperatur auch der Druck zu. Pro 10 Meter nimmt er um ca. 2.8 Bar zu. In 10 km Tiefe herrscht demnach ein Gesteinsdruck von etwa 2800 Bar oder 2.8 kbar (bei einer Temperatur von etwa  $300^{\circ}\text{C}$ ). Entsprechend lassen sich die ungefähren Druck-Temperaturbedingungen für jede Tiefe berechnen.



## Metamorphe Fazies

Viele Mineralien können nur unter bestimmten Druck-Temperatur-Bedingungen gebildet werden. Solche Mineralien geben dadurch einen Hinweis auf ihre Bildungsbedingungen während des Wachstums. Aufgrund von Gesteinen mit einer charakteristischen Mineralzusammensetzung lassen sich bestimmte Druck-Temperaturfelder gegeneinander abgrenzen. Gesteine, die unter solch gleichen Bedingungen gebildet werden, bezeichnet man als metamorphe Fazies.

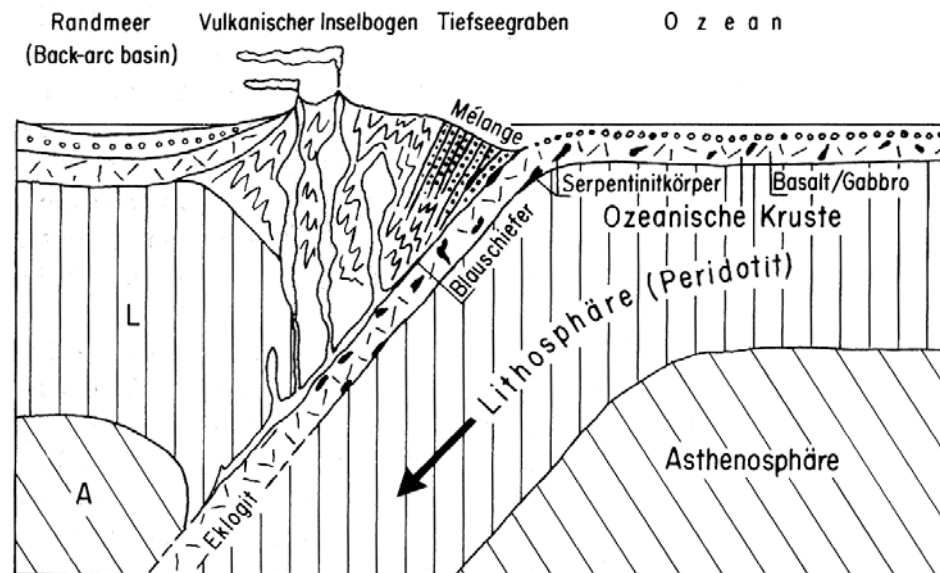
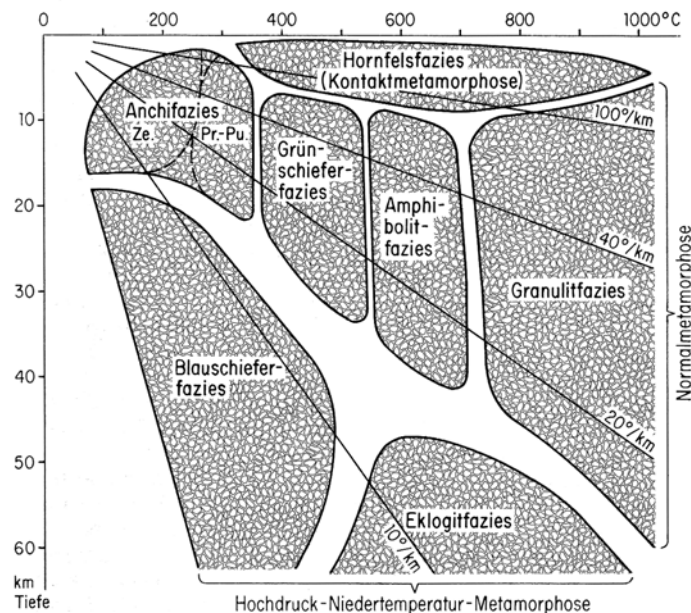




## Blauschiefer- und Eklogitfazies

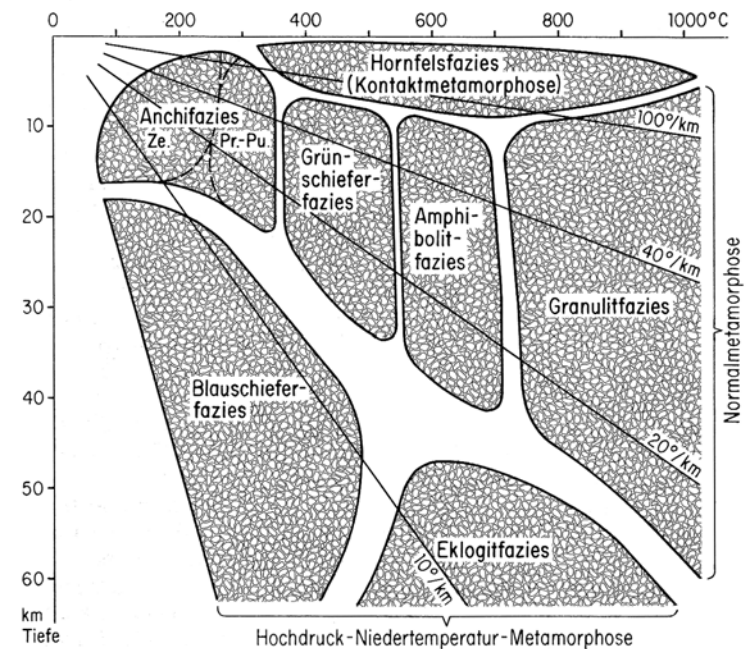
Sie sind typisch für die Hochdruckmetamorphose (Versenkung), bei der hohe Drucke und relativ tiefe Temperaturen eine Rolle spielen. Beim Versenken kalter Gesteinsmassen aus oberflächennahen Bereichen steigt der Druck entsprechend der Tiefenlage an. Die Erwärmung der Gesteine erfolgt jedoch nur mit einer gewissen Verzögerung, da die Wärme nur langsam durch das Gestein fließen kann.

Die Versenkung von Gesteinen erfolgt in Subduktionszonen, wo die Platten mit ozeanischer Kruste unter diejenigen mit kontinentaler Kruste abtauchen oder am Beginn einer Kollision zweier kontinentaler Platten, d.h. am Anfang einer Gebirgsbildung.



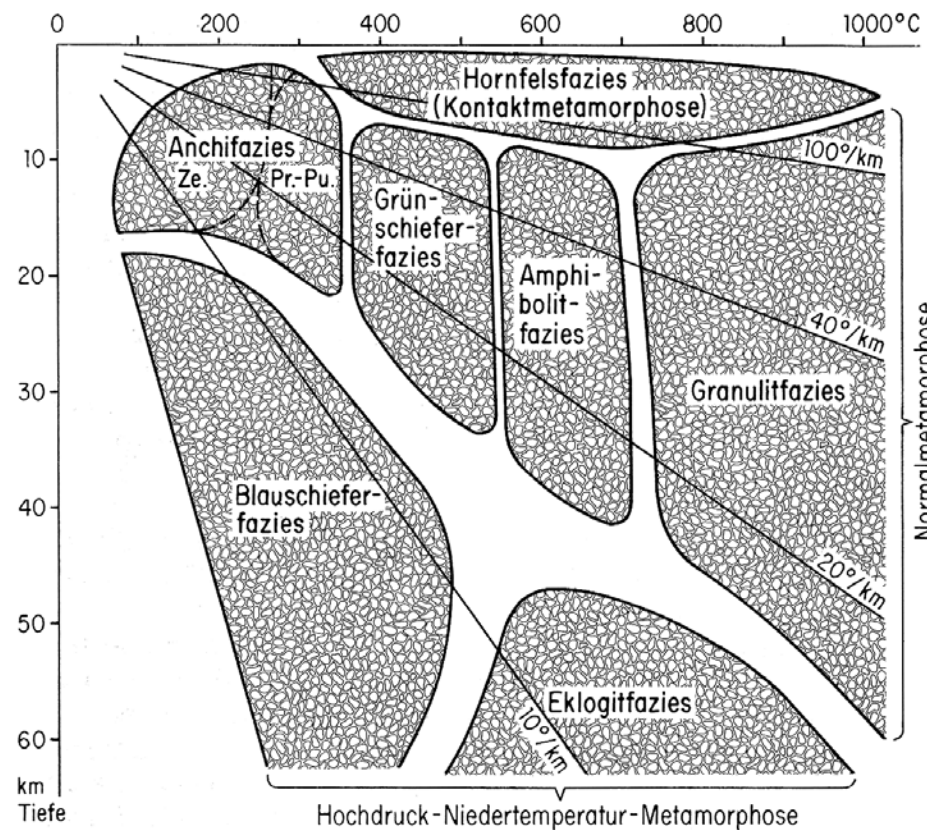
## Grünschiefer- und Amphibolitfazies

Sie finden sich in Gebieten mit mittleren Temperatur- und Druckverhältnissen, wie sie nach Beginn einer Gebirgsbildung auftreten, nachdem ein Temperatúrausgleich entsprechend der Tiefe des Materials stattgefunden hat. Bei der Grünschiefer-Fazies liegen die Temperaturen zwischen 300°C und 450°C unter Drucken von 3-5 kbar. Bei der Amphibolit-Fazies liegen sie etwas darüber. Je nach Druck kann es bei Temperaturen von etwa 600°-700°C zu einer beginnenden Aufschmelzung in granitischen Gesteinen kommen, insbesondere wenn diese noch einen gewissen Anteil Wasser enthalten. Mit steigenden Temperaturen steigt der Schmelzanteil und auch basischere Gesteine beginnen aufzuschmelzen. Dieser Vorgang wird als Migmatit-Bildung bezeichnet.

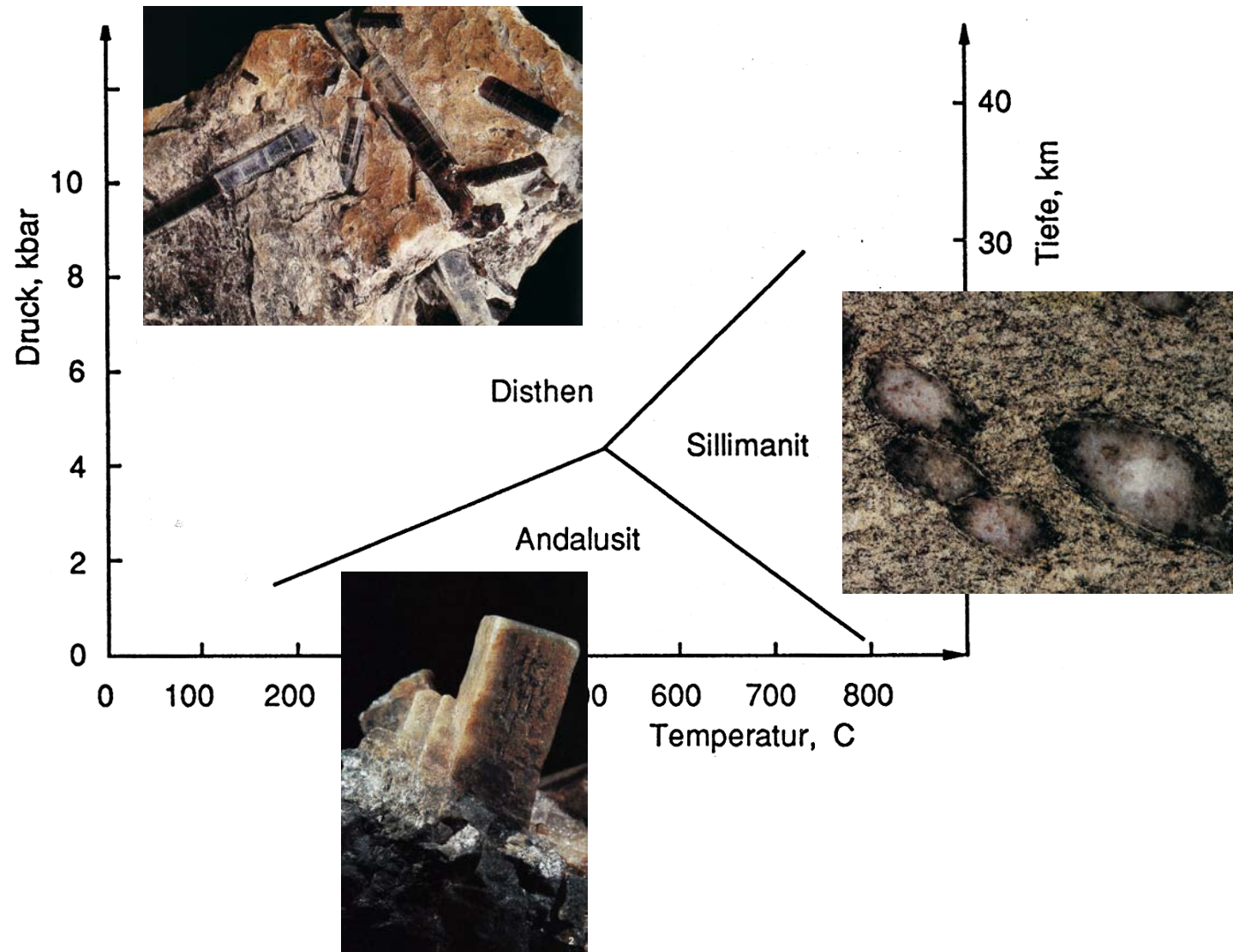


## Granulit-Fazies

Sie kommt nur in wasserarmen Gesteinen vor, die in grossen Tiefen unter hohen Drucken und Temperaturen umgewandelt worden sind (wasserhaltige Gesteine würden unter diesen Bedingungen aufschmelzen). Sie ist typisch für Gesteine aus der unteren Kruste.



# Polymorphie der Aluminiumsilikate ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ )



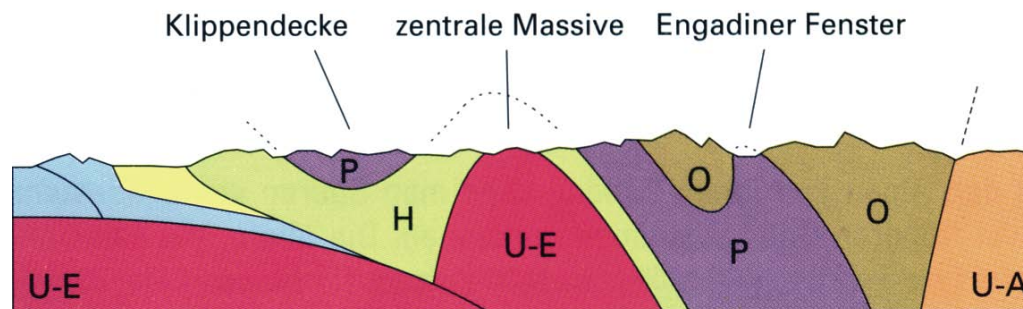
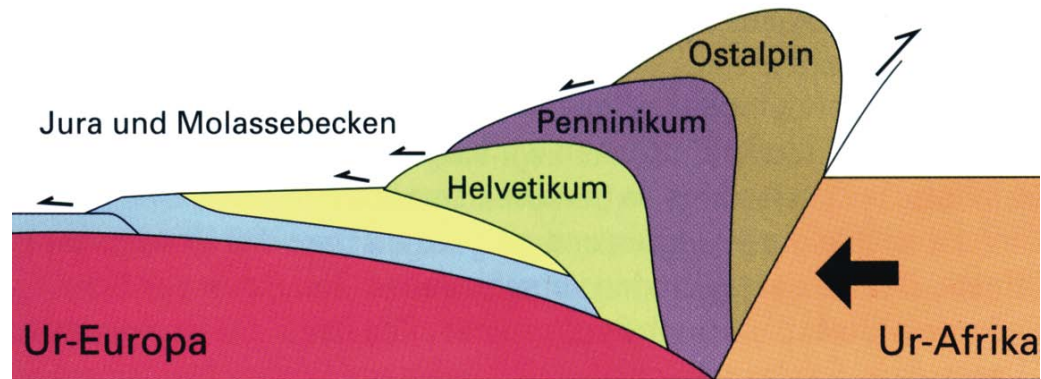
## Herkunft der metamorphen Gesteine

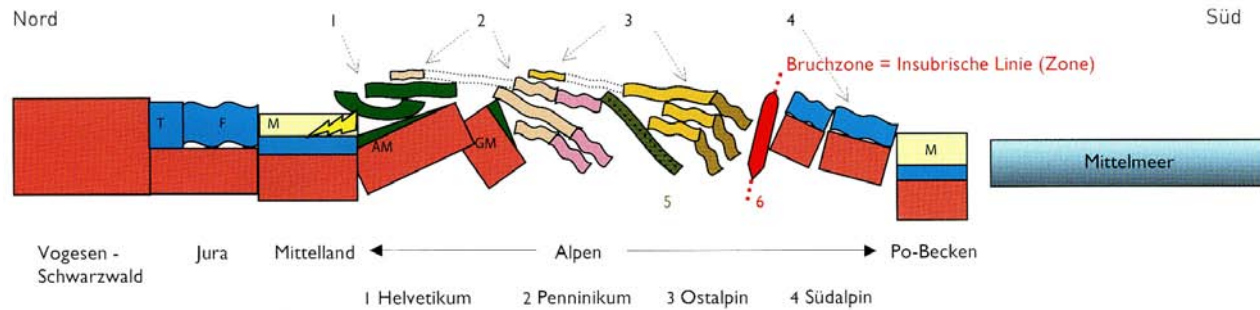
Jedes Gestein, das unter hohe Druck-Temperaturbedingungen gelangt, wird metamorphosiert, unabhängig davon, ob es ursprünglich ein magmatisches, sedimentäres oder metamorphes war. Häufig kann aber der ursprüngliche Gesteinstyp erkannt werden, da der Gesamtchemismus eines Gesteins bei der Umwandlung nicht verändert wird und für gewisse magmatische und Sedimentgesteine charakteristisch ist.

DIE WICHTIGSTEN METAMORPHEN GESTEINE

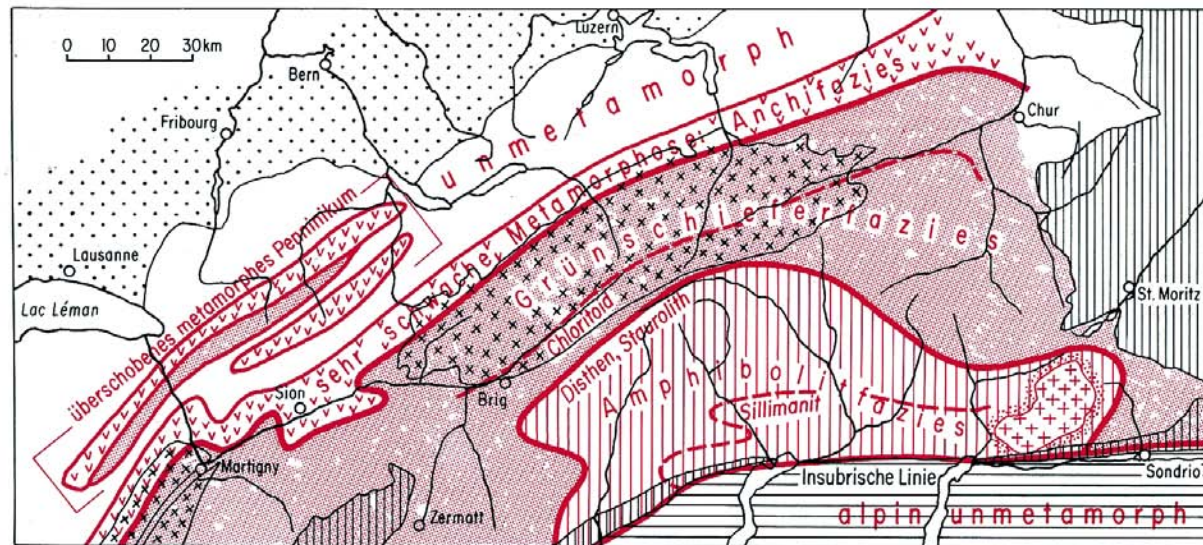
					Ursprüngliche Sedimentgesteine		
					Kalke/Dolomite	Sandsteine	Tonsteine
Intensität der Metamorphose	schwach	Albit-Sericit-Chlorit-schiefer	Grünschiefer Albit-Chlorit-Epidot-Aktinolith-schiefer	Talk-Serpentin-schiefer	Calcit-Dolomitit-Talk-Calcit-Phlogopit-Marmore	Sericit-Chlorit-Quarzite	Tonschiefer Albit-Sericit-Chlorit-schiefer
	mittel	Zweiglimmer-schiefer und gneise	Amphibolite	Talkschiefer Serpentinite Tremolit-serpentinite	Calcit-Dolomit-Tremolit-Calcit-Diopsid-Calcit-Phlogopit-Marmore	Muskwit-Biotit-Quarzite	Zweiglimmer-Staurolith-Disthen-Granat-schiefer und -gneise
	stark	Biotit-Kalifeldspat-(Pyroxen-) gneise	Amphibolite Granat-Amphibolite Eklogite	Olivinfels Spinell-Olivin-Fels	Calcit-Dolomit-Olivin-Calcit-Kalifeldspat-Marmore	Kalifeldspat-Biotit-Quarzite	Kalifeldspat-Sillimanit-Disthen-Granat-Gneise
		Granite	Gabbros/Basalte	Peridotite	Ursprüngliche Eruptivgesteine		

# Metamorphose durch Kontinentalkollision






5 subduzierte Ozeanische Kruste    6 Intrusion längs Bruchzone





 Molasse

 Südalpin

 Bergellergranit mit Kontaktmetamorphose

 Helvetikum und Penninikum

 Aar- und Zentralmassive

 Chloritoid Grenzen des Auftretens wichtiger Minerale (s. Text)

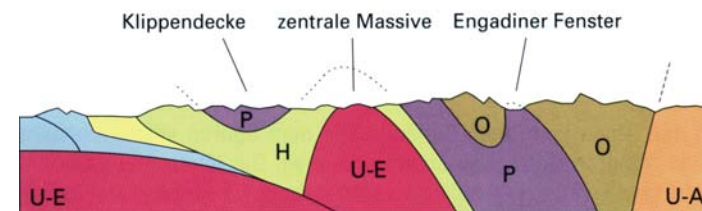
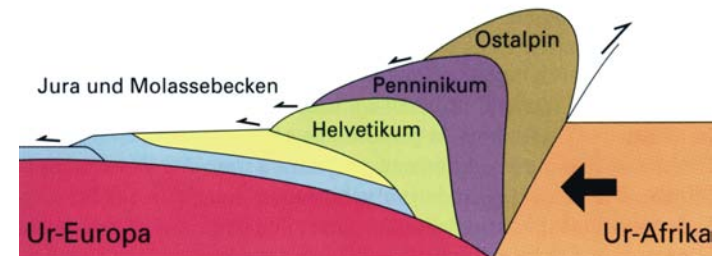
 Ostalpin

## Besonderheiten

Eine besondere Gruppe von metamorphen Gesteinen sind diejenige mit einem ausgesprochenen Deformationsgefüge. Während ihrer Entstehung werden diese Gesteine extrem stark verformt, was sich in einer besonders starken Kornverkleinerung zeigt. Solche Gesteine finden sich z.B. in Bruchzonen oder in Überschiebungshorizonten, wo eine mächtige Gesteinsmasse als sogenannte Decke über eine andere geschoben wurde. Je nach Temperatur, d.h. je nach Tiefenlage entstehen unterschiedliche Verformungen.



Glarner Überschiebung Lochsite, Sool (GL)





### **Kakirite**

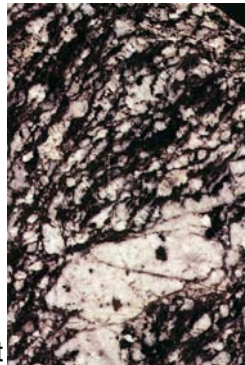
In oberflächennahen Niveaus wo die Temperatur gering ist, entstehen extrem spröde Verformungen. Die Körner werden zerbrochen und das Gestein verliert seinen zusammenhalt. Es bildet sich ein feines Mehl aus zerriebenem Gestein oder ein Lockermaterial aus Gesteinsbruchstücken. Solche Gesteine bezeichnet man als **Kakirite**.

### **Kataklasite**

Weniger oberflächennah bis in Tiefen von ca. 10 km und einer Temperatur von ca. 300°C ist die Verformung immer noch spröde. Die Mineralkörner brechen auseinander, behalten aber ihren inneren Zusammenhalt (Kohäsion). Es entstehen feinkörnige Festgesteine, sogenannte **Kataklasite**.

### **Mylonite**

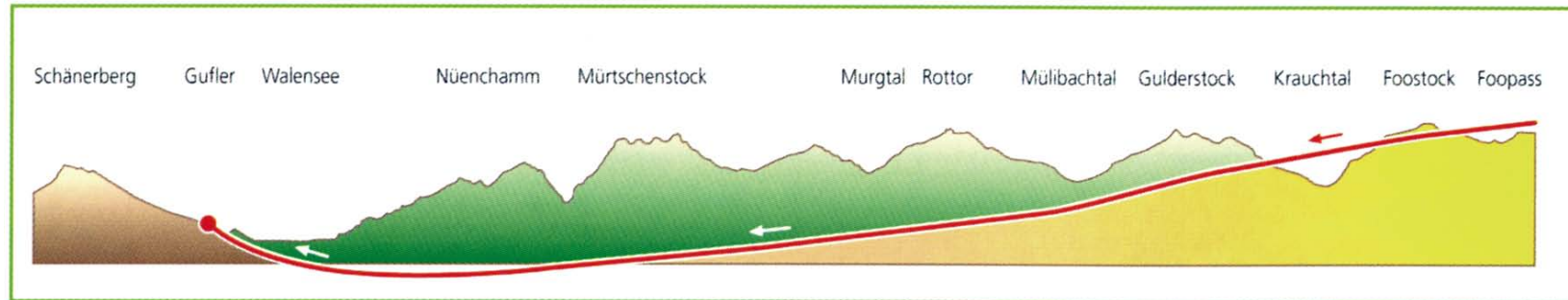
Bei Temperaturen über 300°C verhalten sich Quarz und Calcit nicht mehr spröde, sondern plastisch (duktil). Die Körner zerbrechen nicht mehr. Die Kornverkleinerung wird dadurch bewirkt, dass bestehende Körner in kleinere Körner umkristallisiert werden oder rekristallisieren. Häufig werden grössere Körner extrem ausgewalzt. Zum Teil lassen sich noch Mineralien wie Feldspat und Glimmer als nicht verformte Grosskörner in der feinkörnigen Grundmasse finden. Solche Gesteine nennt man **Mylonite** (Auswalgungsgesteine).



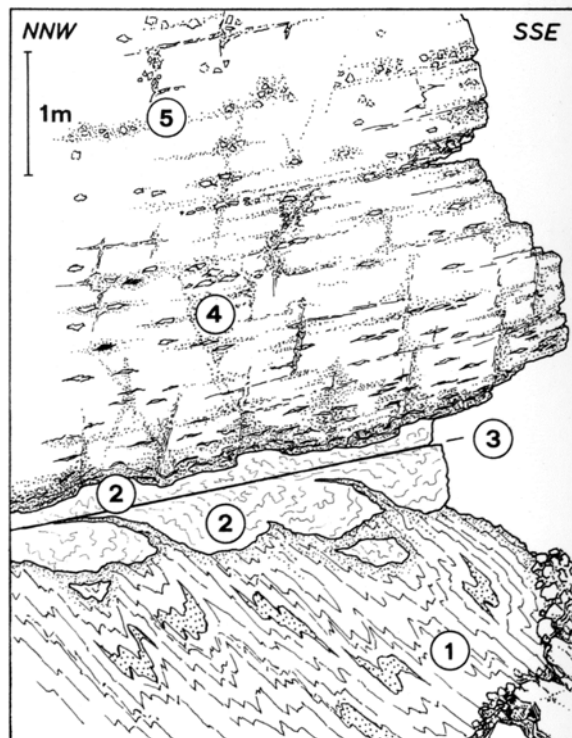
Kataklasit



Mylonit



Überschiebungslinie der Glarner Überschiebung



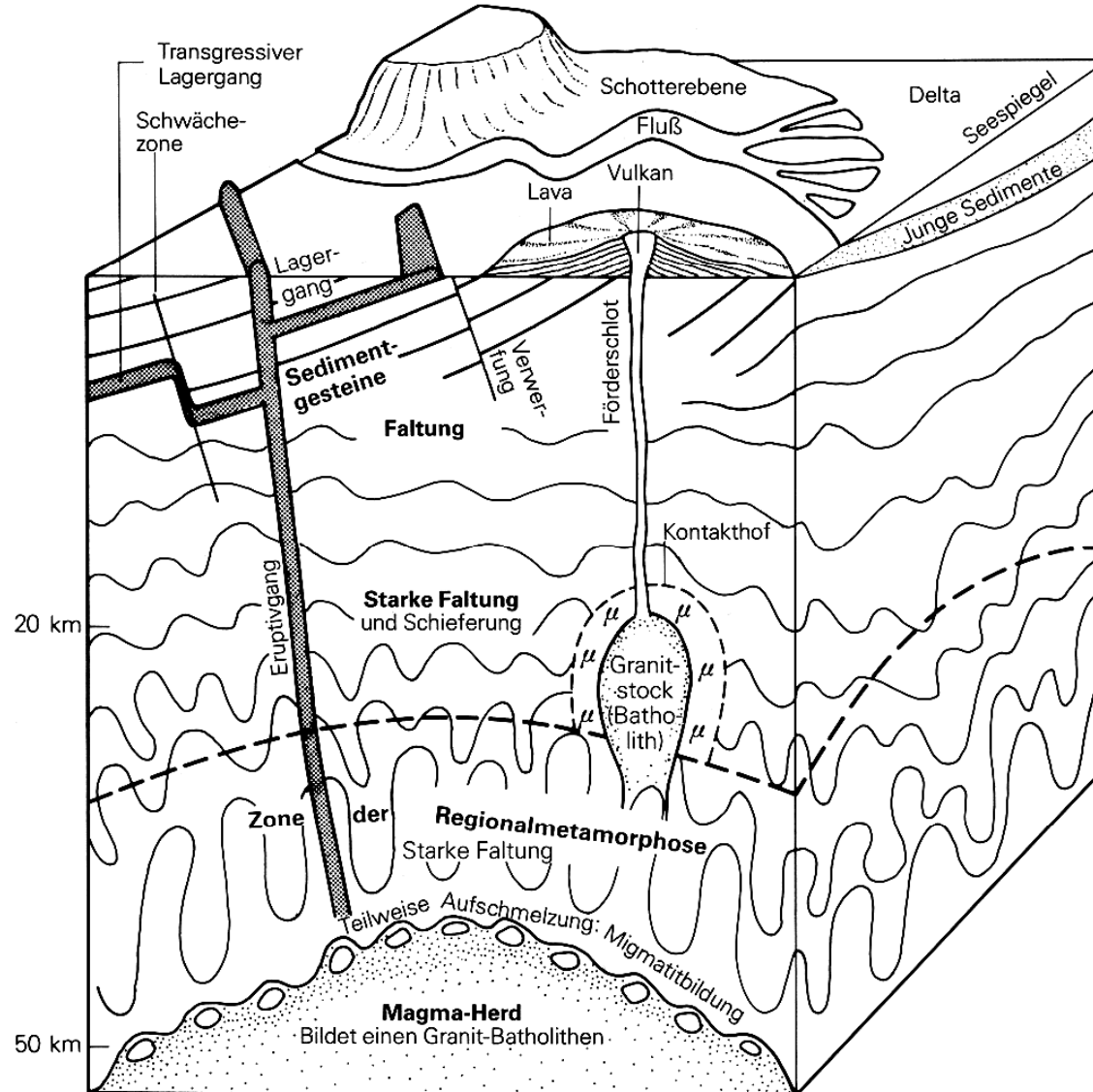
Schematische Darstellung  
der **Glarner Überschiebung**  
an der Lochsite (Sool):

- 1) Flysch
- 2) Lochseitenmylonit
- 3) Überschiebungslinie
- 4) „Grüner“ Verrucano
- 5) Roter Verrucano

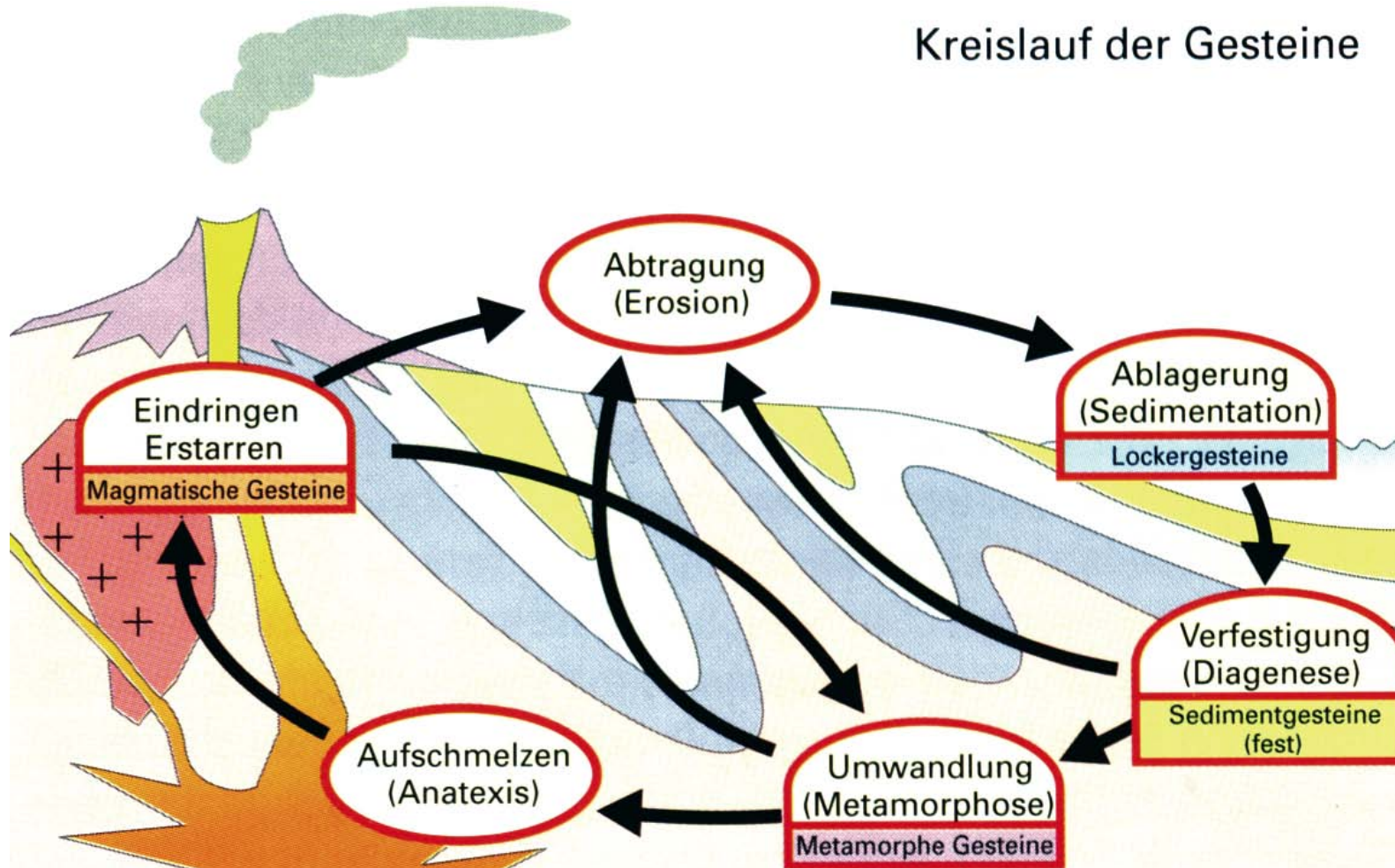


Martinsloch, Elm

# Gesteinsbildungsprozesse - Zusammenfassung



## Kreislauf der Gesteine



## Gesteine erkennen

### Magmatische Gesteine

#### **Intrusivgesteine** (Plutonite)

- vollständig kristallin
- Kristalle nicht schön ausgebildet (nicht idiomorph)
- Textur massig, richtungslos

#### **Eruptivgesteine** (Vulkanite)

- amorph,  
ev. mit einzelnen Kristallen

### Metamorphe Gesteine

immer vollständig kristallin

Strukturen / Texturen

- massig (selten)
- linear, gestreckt, stengelig
- lagig, gebändert
- geschiefert
- gefältelt

metamorphe Mineralien

### Sedimentgesteine

nicht kristallin

Zement (Matrix), Körner (Komponenten)

Ablagerungsstrukturen  
(z.B. Kreuzschichtung)

Fossilrückstände