

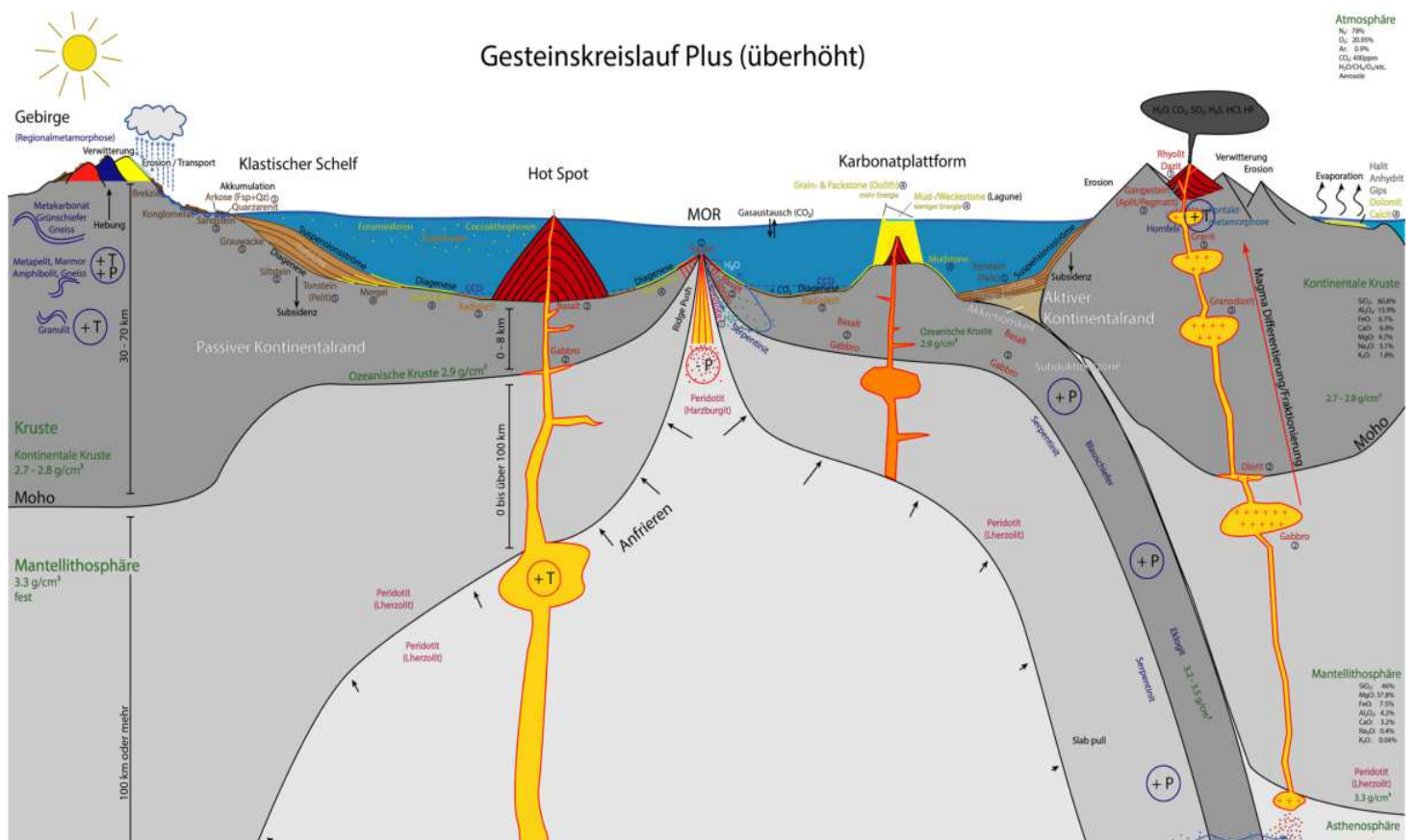
# Wie Gesteine entstehen

Geologiezirkel, Biberach 3.7.2023

Diese Frage hat die Menschheit lange bewegt, aber man war nur auf Mythen und religiöse Aussagen angewiesen, um sie zu beantworten. Erst im 18. Jhdt. kamen Erklärungsversuche, die auf wissenschaftlichen Aussagen beruhten dazu. Die Plutonisten erklärten die Herkunft aller Gesteine mit dem Wirken des Feuers im Inneren der Erde und hatten dabei die großen Veränderungen durch den Vulkanismus im Auge. Sie erklärten: Alle Gesteine sind ein Produkt des Feuers im Inneren der Erde. Die Neptunisten dagegen erklärten alle Gesteinsbildung durch das Wirken des Wassers. Heute wissen wir natürlich, dass sowohl die Sedimentation im und durch das Wasser als auch der Magmatismus für die Gesteinsentstehung entscheidend sind.

Durch die Kenntnis der Plattentektonik ist man den Fragen der Entstehung und dem Vergehen der Gesteine sehr viel näher gekommen. Wir sprechen heute von einem immer währenden Kreislauf der Gesteine. An den mittelozeanischen Rücken wird beständig Magma aus dem Erdmantel an die Oberfläche gebracht. Von dort spreitet sich der Ozeanboden und wird an aktiven Kontinentalrändern wiederum subduziert. Dieser Vorgang wird durch das hohe spezifische Gewicht des Ozeanbodens mit angetrieben. Dabei wird die ozeanische Kruste mit den darauf lagernden Sedimenten aufgeschmolzen und es entsteht der für einen aktiven Kontinentalrand typische Vulkanismus. Durch die dadurch bedingten tektonischen Kräfte und den isostatischen Ausgleich erheben sich Orogene, die durch die Erosion die Vortiefen solcher Subduktionszonen mit Sedimenten füllen, die darauf wieder mit subduziert werden. Auch an den passiven

Kontinentalrändern entstehen an tektonischen Schwächezonen Vulkane und Gebirge, die für die Sedimentation von Gesteinen in tiefer gelegenen Bereichen an Land, wie auch in vorgelagerten Meeresbecken sorgen. Diese Vorgänge bewirken ein fortwährendes Entstehen und die Abtragung und Sedimentation der Gesteine. Dadurch lässt sich die Entstehung magmatischer, als auch der Sedimentgesteine erklären. Die durch den Kreislauf bewirkte ständige Veränderung der Tiefe der Gesteine erklärt auch die Existenz der metamorphen Gesteine.



Dieses Bild soll schematisch den Gesteinskreislauf illustrieren

## Gesteinsarten:

Wir unterscheiden drei Arten von Gesteinen:

**Magmatite**, die aus magmatischen Ereignissen hervorgegangen sind.

**Sedimentite**, die aus der Ablagerung von Massen unterschiedlichster Art entstanden und **Metamorphite**, gebildet aus den beiden vorgenannten, die eine wesentliche Umwandlung ihrer Zusammensetzung und Textur durch Druck und Temperatur erfahren haben.

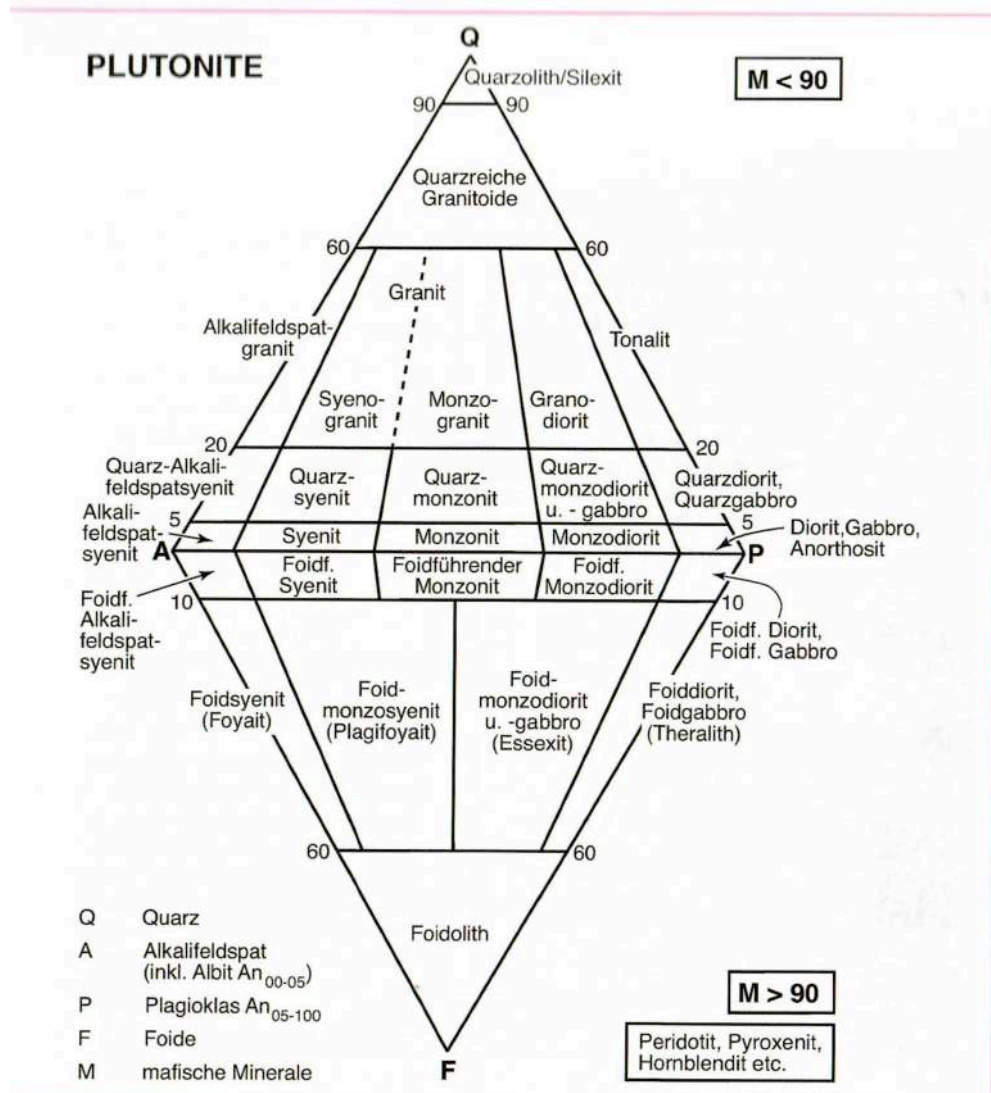
Die Metamorphite werden hier nicht behandelt, da sie Gegenstand des letzten Vortrages waren. Unter den Magmatiten unterscheiden wir die **Plutonite**, die Tiefengesteine, die nie die Erdoberfläche erreicht haben und die **Vulkanite**, die Ergussgesteine, die an die Oberfläche gelangten oder ihr zumindest sehr nahe kamen.

## Plutonite:

Es gab schon sehr lange Bemühungen auf Grund der Mineralienzusammensetzung Plutonite zu bestimmen und zu klassifizieren. Das gelang auch im Großen und Ganzen.

Magmen haben aber nach Ort der Entstehung unterschiedliche chemische Zusammensetzung. Dies führt dazu, dass der Mineralbestand des Gesteins sehr variabel ist. Ein Granit an einem Fundort war oft sehr unterschiedlich zu einem Fundstück, das an einem anderen Ort beschrieben wurde. Im 20. Jhd. wurden immer mehr Plutonite mit lokalen Bezeichnungen beschrieben und verursachten große Verwirrung in der Literatur. Ende der 60-iger Jahre fand eine Kommission aus Petrologen, Mineralogen und Geologen unter der Leitung des Schweizer Petrologen Albert Streckeisen ein sehr brauchbares Hilfsmittel zur Bestimmung dieser Gesteine. Das Streckeisen - Diagramm. Es benötigt nur 4 Parameter zur Bestimmung. Den volumetrischen Anteil an Quarz, Alkalifeldspäten, Plagioklas und Foiden, den Feldspatvertretern. Alle anderen Gemengteile wie Glimmer, Pyroxene, Amphibole usw. bleiben für die Bestimmung unberücksichtigt. Daher wird es auch QAPF-Diagramm genannt. Für jeden Plutonit findet sich im Diagramm ein entsprechendes Feld. Die wichtigsten sind der Granit, Granodiorit, Tonalit, Diorit, Gabbro, der Monzonit und der Syenit. An den Feldgrenzen bestehen natürlich Übergangsbereiche.

### Streckeisendiagramm Plutonite



In Plutoniten verläuft die Kristallisation als langsamer Prozess, bei dem sich der Chemismus der Schmelze fortlaufend ändert. Am Dach des Plutons reichern sich Quarz, dessen Schmelzpunkt durch die Anreicherung von Wasser sinkt und weitere Mineralien an, die nicht für die Kristallisation verwendet wurden. Diese quarzreiche Zone nennt man in der Bergmannsprache Greisen. Dort findet man für den Bergmann interessante Mineralien, wie Beryll, Turmalin, Kassiterit und Spodumen. Von diesen Bereichen ausgehend findet man in Gängen grobkristalline Pegmatite und feinkristalline Aplite, die ebenfalls reich an diesen Mineralien sind.

## Vulkanite

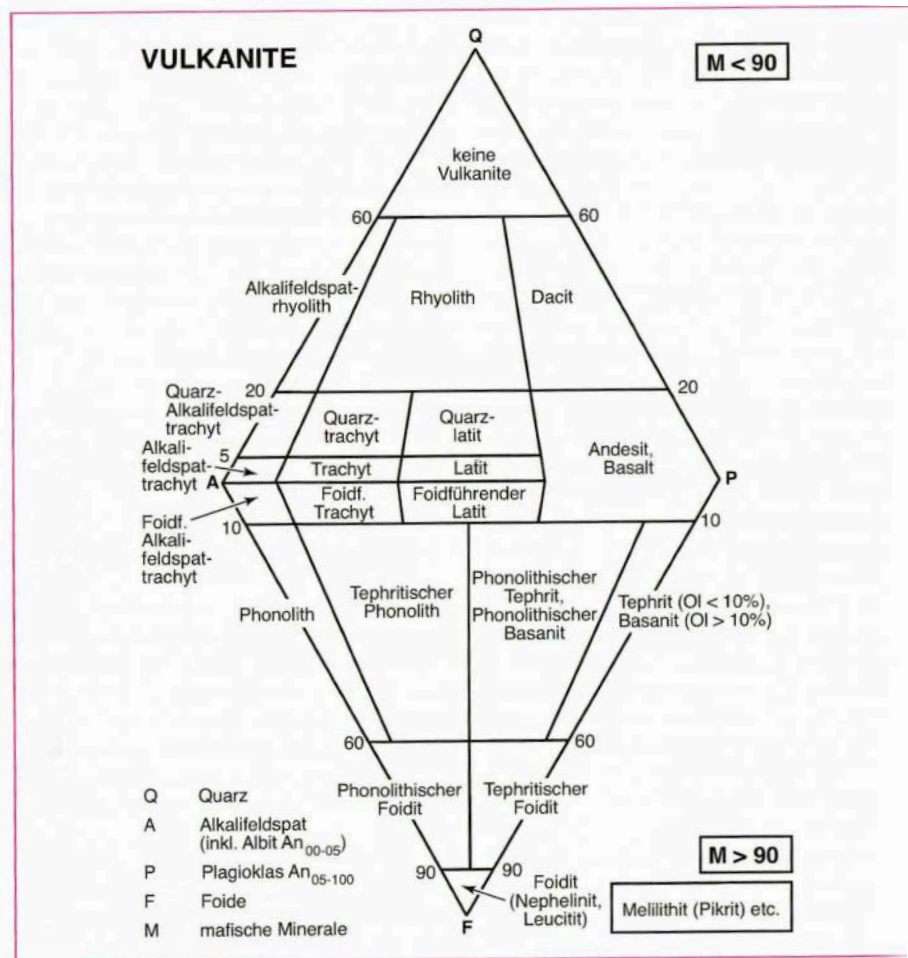
Sie entstanden aus den Ausfluss- und Auswurfmassen der Vulkane. Dazu gehören auch die Schlot- und Gangfüllungen. Die viel schnellere Abkühlung und Erstarrung erzeugt ein viel homogeneres feinkristallines Gefüge, in das oft größere Kristalle eingeschlossen sind. Auch dafür kann das Streckeisendiagramm angewendet werden. Die feine Struktur erschwert aber die Beurteilung im Felde ohne Hilfsmittel, sodass man im Labor Dünnschliffe auswerten, oder gar auf chemisch-analytische Methoden ausweichen muss. Dazu hat man das TAS- Diagramm entwickelt. Es beurteilt das Verhältnis der Summe von Na-Oxid und K-Oxid zu Kieselsäure. Damit erreicht man ebenso eine gute Klassifizierung, die dem Streckeisendiagramm entspricht.

Die wichtigsten Vulkanite sind der Rhyolith als Pendant zum Quarz, der Dazit entsprechend zum Granodiorit, Der Andesit als Entsprechung zum Diorit und Basalt, der Trachyt als Vertreter des Syenits. Dazu noch der feldspatfreie Phonolit.

## Vulkanische Sedimente

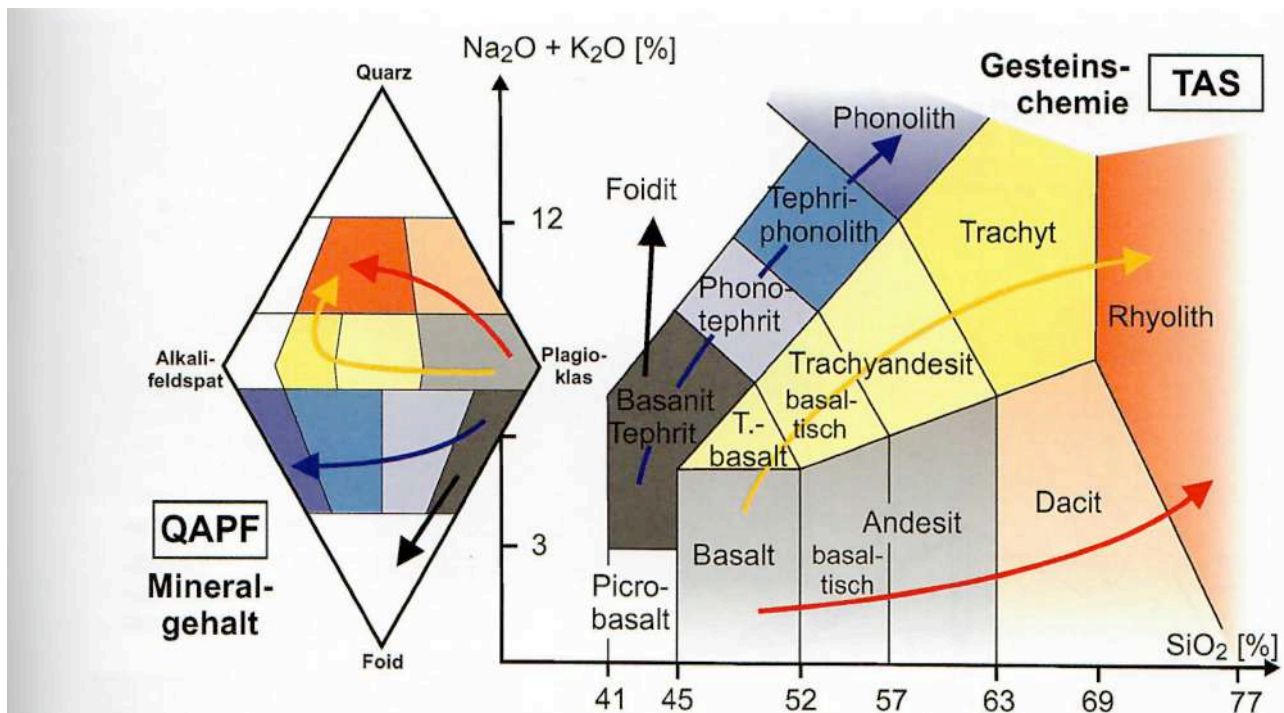
Sie bestehen aus dem Auswurfmaterial meist phreatischer Ausbrüche. Der Fallout aus Asche zählt hier dazu. Dazu mengen sich im unverfestigten Tephra Bimsstein geringer Dichte, Lapilli, Bomben. Kristalle und Bruchstücke der Decksedimente dazu. Das Ergebnis pyroklastischer Ströme liegt oft als mit Glas verfestigter Ignimbrit vor. Die Abfolge dieser Sedimente erlaubt es den Ablauf von Vulkanausbrüchen zu rekonstruieren.

# Streckeisendiagramm Vulkanite



1.14 Nomenklatur von Vulkaniten nach Streckeisen (1967) und (1978).

# TAS-Diagramm



## Sedimente:

Wir kennen 3 Arten von Sedimenten: **Klastische Sedimente** entstehen durch Ablagerung mechanisch zerkleinerter Gesteinsbruchstücke. Wind und Wasser erodieren Gesteine und transportieren die Bruchstücke in tiefer liegende Zonen.

**Chemische Sedimente** entstehen durch die Ausfällung übersättigter Lösungen von Karbonaten, Phosphaten, Sulfaten oder Salzen.

**Biogene Sedimente** werden durch die Aktivität von Lebewesen gebildet.

Alle Sedimente bilden sich im gesamten Kontinental- und Ozeanbereich. Klastische Sedimente werden durch Flüsse und Wind transportiert und in Flusstälern, Seen und Meeresbecken abgelagert. Das Gletschereis leistet zusätzlich Erosions- und Transportarbeit. Auch chemische und biogene Sedimente können an Land entstehen (Salzseen, Kohle). Die Sedimentation geht in den Flachwasserzonen der Ozeane weiter, wo wir die Schuttfächer vor der Mündung der Flüsse, die Schelf und Lagunensedimente und natürlich die Riffe als ausgeprägte biogene Sedimente sehen. In den Vortiefen finden sich wieder die charakteristischen Feinsedimente.

## Klastische Sedimente

Sie werden nach der Korngröße klassifiziert. Bis 0,002 mm sprechen wir von Ton, verfestigt von Tonstein, bis 0,06 mm von **Schluff**, verfestigt von **Schluffstein**. Bis 2 mm von **Sand**, verfestigt von **Sandstein**. Bis 63 mm von **Kies**, verfestigt bezeichnen ihn als **Konglomerat**. Sind die Elemente nicht abgerundet, bezeichnen wir es als **Brekzie**. Ein besonderer Schluff ist der **Löss**. Er ist ein Windsediment, das durch die Ausblasung von Moränen und Sandern in der Eiszeit entstanden ist. Ein besonderer Sandstein, ist die **Arkose**. Sie ist mit Feldspäten angereichert und entsteht aus feldspatreichen Graniten, deren Verwitterungsprodukte kurze Transportwege hatten. Die **Grauwacke** ist ebenfalls als besondere Bildung aus den Trübestömungen an den Kontinentalabhängen zur Tiefsee entstanden. Das Bindemittel für alle Sandsteine sind Quarz, Kalk oder Dolomit. **Mergel** ist ein Mischsediment aus Karbonaten und Silikaten, wobei auch größere Bestandteile enthalten sein können. (Fleckenmergel, Allgäuschichten).

## Chemische Sedimente

Sie sind aus übersättigten Lösungen am Festland wie in den Randzonen der Flachmeere entstanden. In der Reihenfolge ihres Ausfallens sind es: **Kalk** und **Dolomit**, **Gips** und **Anhydrit**, **Halit (Steinsalz)** und die **Kalisalze**. **Phosphate** sind leider nur sehr selten entstanden.

## Biogene Sedimente

Zu den biogenen Sedimenten zählen **Karbonate**, **Radiolarite**, **Kohle** und **Erdöl**. Die beiden letzteren wurden hier nicht behandelt.

## Kalke und Dolomite

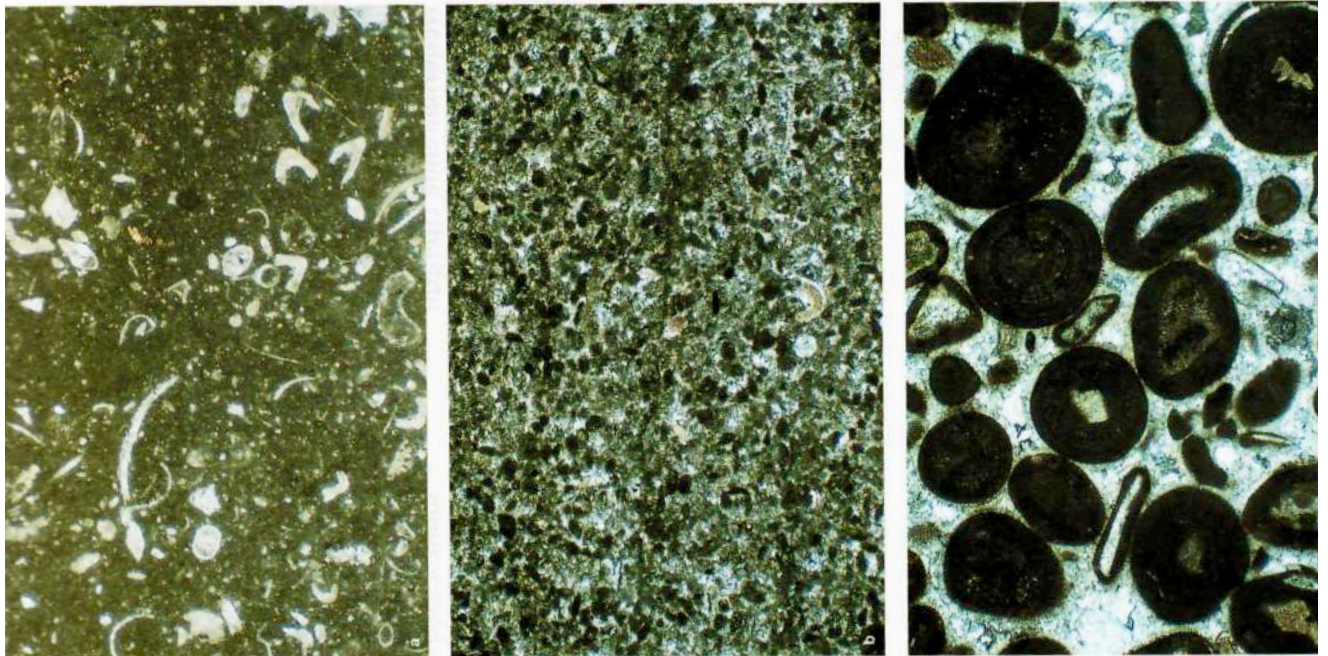
Die wichtigsten Kalkbildner sind Korallen, Hydrozoen, Echinodermaten, Mollusken, Algen, Foraminiferen und Brachiopoden.

**Kalke** treten in vielen Formen und Farben auf. Sie können massig oder gebankt sein. Im **Dolomit** wird das Kalzium durch Magnesium teilweise ersetzt. Der Vorgang der Dolomitisierung kann bereits während der Sedimentation stattfinden oder erst später während der Diagenese erfolgen. In diesem Falle werden fast alle Fossilien zerstört, was dem Geologen die zeitliche Einordnung der Entstehung dieser Gesteine erschwert.

Radiolarite sind Tiefseesedimente aus den Kieselsäureskeletten der Radiolarien und Kieselalgen.

## Diagenese

Die fortlaufende Sedimentation führt zur Überlagerung bereits sedimentierter Schichten und durch den Druck zur Kompaktion. Die Kristallisation der im Fluid gelösten Stoffe führt zur Zementation. Durch die Kompaktion steigt der Porendruck und die Porosität nimmt ab. Gleichzeitig steigt mit zunehmender Tiefe die Temperatur. In 4000m Tiefe herrschen 80 bis 120 Grad. Dabei ändert sich das Lösungsverhalten der Minerale. Die Zementation erfolgt meist durch Karbonate oder Kieselsäure. In Kalken erfolgt sie durch Mikrit, also aus von Kalkschlämmen ausgefallter Körner kleiner als 0,065 mm oder durch Sparit, den mit Kristallen ausgefüllten Poren. Die Karbonate werden nach Dunham klassifiziert. **Mudstone** besteht aus Mikrit mit bis zu 10 % Komponenten. Im **Wackstone** schwimmen die Komponenten im Mikrit. Im **Packstone** stützen sich die Komponenten ab und bilden eine Matrix. Im **Grainstone** berühren sich die Komponenten nicht und bilden daher keine Matrix. Meist besteht der Zement aus Sparit. Im **Boundstone** sind die Komponenten schon bei der Sedimentation biogen verbunden.



**Wackstone, Packstone und Grainstone**



Die Diagenese ist ein Prozess, der nie endet. Die Wechselwirkung mit den Fluiden findet immer weiter statt und daher gibt es immer wieder eine Umkristallisation. In größeren Tiefen geht sie über 200 Grad nahtlos in die Metamorphose über.

## Fazies.

Es ist die Gesamtheit der Merkmale eines Sedimentkörpers und spiegelt die Umweltbedingungen wieder.

So sprechen wir von einer Beckenfazies, Rifffazies, Schwellenfazies, usw.

Im Gegensatz dazu beschreibt der Begriff im Bereich metamorpher Gesteine die Metamorphosebedingungen nach Druck und Temperatur. So sprechen wir von Grünschiefer-, Blauschiefer- oder Eklogitfazies.