

DIE ERDE

Entstehung und Aufbau

Nach heutigem Kenntnisstand ist die Erde vor mehr als 4,5 Milliarden Jahren durch Zusammenballung kosmischer Teilchen, vielleicht aus Resten eines erloschenen Sterns, entstanden.

Ihr innerer Aufbau besteht aus der **Erdkruste**, dem äußeren und inneren **Erdmantel** und dem **Erdkern**.

Die Erdkruste ist der Bereich, dem wir die Rohstoffe für unsere Baustoffe entnehmen. Sie schwimmt auf dem oberen, aus flüssigem Magma bestehenden Erdmantel. Durch Bewegungen in der Magma entstehen in der Erdkruste Vertiefungen und Erhebungen, Meere und Kontinente.

Die Dicke der Erdkruste beträgt im kontinentalen Bereich ca. 40 km und im ozeanischen Bereich ca. 5 km.

Die Kontinente bestehen in ihrer Oberschicht vorwiegend aus Silicium-Aluminium-Verbindungen. Diese Schicht wird aus den Abkürzungen dieser Elemente mit „Sial“ bezeichnet.

In der Unterschicht der Kontinente, sowie im ozeanischen Bereich überwiegen Silicium-Magnesium-Verbindungen. Dieser Bereich wird mit „Sima“ bezeichnet.

Als Bestandteile für den inneren **Erdmantel** vermutet man Silicium-Magnesium-Eisen-Verbindungen.

Für den Erdkern vermutet man geschmolzene Eisen-Nickel-Legierungen.



Chemische Bestandteile der Erdkruste

Unsere Baustoffe bestehen vorwiegend aus den chemischen Elementen, die in der Erdkruste am häufigsten vorkommen. Von den bekannten 105 Elementen sind nur 8 mit einem nennenswerten Anteil an der Gesteinsbildung beteiligt:

Diese Elemente sind in der Erde immer an Sauerstoff gebunden, wobei das Silicium-Dioxyd (SiO_2) als Quarz oder in Verbindung mit den anderen Stoffen im Feldspat, in den Tonmineralien usw. den Hauptbestandteil bildet.

Die Oxyde sind:

Aluminium-Oxyd	(Al_2O_3)
Eisen-Oxyd	(Fe_2O_3 bzw. FeO)
Kalium-Oxyd	(K_2O)
Natrium-Oxyd	(Na_2O)
Calcium-Oxyd	(CaO)
Magnesium-Oxyd	(MgO)

All diese Oxyde kommen am häufigsten in dem Mineral Feldspat bzw. Ton vor.



ENTSTEHUNG DER GESTEINE

Bei der Abkühlung der ursprünglich glühenden Erdmasse entstand eine Erdkruste aus Gesteinen. In dieser Urform ist Gestein der feste Aggregatzustand der flüssigen Magma.

Man nimmt an, daß unter der Erdkruste in der Magma Konvektionsströme bestehen, durch die diese gehoben bzw. gesenkt wird. Wasser, das auf die höheren Bereiche abregnet, kann dort **Festgestein** lösen und als **Locker-gestein** in die abgesenkten Bereiche transportieren.

In langen Zeiträumen werden Absenkungen wieder aufgefüllt und evtl. dadurch weiter nach unten gedrückt. Durch tektonische Vorgänge kann wieder flüssige Magma eindringen und Vulkane bilden.

Durch das Überschieben von Kontinentalkrusten können sich Sedimentschichten überlagern und zu Gebirgen falten. Durch Regen werden Gebirge wieder abgetragen und in neue Senkungen verlagert.

Im Laufe der Erdgeschichte hat man mehrere solcher Gebirgsbildungen nachgewiesen. Die heute auf den Kontinenten vorhandenen Gebirge stammen aus dem Erdaltertum und der Erdneuzeit.

In Deutschland haben sich die älteren, an ihren durch lange Verwitterung weichen Gipfformen erkennbaren „Mittelgebirge“ vor rund 350 - 250 Millionen Jahren im Erdaltertum aufgefaltet. Das, was wir heute noch davon sehen, sind nur kümmerliche Reste dieses sogenannten „**Variskischen Gebirges**“ (Varisker = Volksstamm aus Curia Variscorum = Hof im Frankensteinwald). Nur die Rümpfe aus den härtesten Gesteinen sind noch vorhanden.

Das an seinen scharfen Kanten und Spitzen erkennbar „**alpine Gebirge**“, zu dem die Gebirge um das Mittelmeer bis zum Himalaja gehören, sowie auch die Gebirge an der Westküste Amerikas falten sich mit unterschiedlicher Intensität seit ca. 100 Millionen Jahren, insbesondere aber seit Beginn der Erdneuzeit auf und bewegen sich immer noch.



Aufgrund dieser Vorgänge Erstarrung aus flüssigem Magma, Verwitterung und Abtragung, Veränderungen bei Überlagerungen und Verschiebungen kann man die Gesteine in folgende 3 Hauptgruppen einteilen:

Erstarrungsgesteine	/	Magmatite
Ablagerungsgesteine	/	Sedimente
Umwandlungsgesteine	/	Metamorphite

ERSTARRUNGSGESTEINE / MAGMATITE

Die **Erstarrungsgesteine** sind unmittelbar aus der flüssigen Magma entstanden.

Bei Abkühlung der Magma ordnen sich die bei hohen Temperaturen frei beweglichen Molekülketten zu kristallinen Gebilden.

Eine solche kristalline Verbindung aus verschiedenen Elementen ist ein **Mineral**.

Die Größe dieser Mineralkristalle ist davon abhängig, wieviel Zeit den einzelnen Molekülen zur Einordnung in die Kristallgitterstruktur bleibt. Je langsamer die Magma abkühlt, desto größer werden die Mineralkristalle. Von den über 2000 bekannten Mineralen sind nur ca. 40 wesentlich am Aufbau der Gesteine beteiligt.

Die am häufigsten vorkommenden Minerale:

FELDSPAT

CALCIT

HORNBLLENDE

DOLOMIT

Neubildungen in
Sedimenten

AUGIT aus Magma

ANHYDRITSPAT

QUARZ

GIPSSPAT

GLIMMER



Gliederung der Erstarrungsgesteine

Von diesen Mineralien sind in den Erstarrungsgesteinen am häufigsten die Feldspate, der Quarz, die Glimmer, die Hornblenden und die Augite vorhanden.

Die Größe, die diese Minerale in den Gesteinen erreichen, ist von der Abkühlungsgeschwindigkeit der Magma abhängig.

Dringt Magma nur in die unteren Bereiche der Erdkruste ein und kühlt dort langsam ab, entsteht sehr grobes kristallines Gestein. Je weiter sie die Erdkruste nach oben durchdringt, um so schneller vollzieht sich der Abkühlungsvorgang und um so kleiner werden die Kristalle der Minerale.

Entsprechend diesen unterschiedlichen Abkühlungsprozessen unterteilt man die Erstarrungsgesteine in:

Tiefengesteine	/	Plutonite
Ganggesteine	/	Mikroplutonite
Ergussgesteine	/	Vulkanite



Tiefengesteine / Plutonite

Sie erkalten am langsamsten und bestehen deshalb immer aus groben, deutlich erkennbaren Mineralkristallen.

Ihre Farbe geht von hellgrau über rot, grün, blau bis zum tiefen Schwarz.

Die helleren und bunten Farben ergeben sich immer aus der Farbe des in diesen Steinen enthaltenen Feldspates.

Typische Vertreter dieser Gesteine sind die **Granite**.

Werden die Minerale dunkler und der Quarzgehalt geringer, heißen die Gesteine **Syenit**, **Diorit** oder **Gabbro**. Gabbro ist die dunkelste Gesteinsart der Erstarrungsgesteine.

Neben den oben genannten, am häufigsten verwendeten Gesteinsarten gibt es noch eine Reihe anderer, seltener vorkommender Tiefengesteine.

Ganggesteine / Mikroplutonide

In diesen Gesteinen findet man nur noch vereinzelt groß ausgebildete, ansonsten nur sehr kleine Mineralkristalle. Die Struktur aus einzelnen großen und vielen kleinen Kristallen nennt man „porphyrisch“.

Die Mineralbestandteile der Ganggesteine sind die gleichen wie die der Tiefengesteine.

Hauptvertreter sind die **Porphyre** und **Trachite**.

Ergußgesteine / Vulkanite

Tritt Magma an der Erdoberfläche aus, entstehen Vulkane oder Flächenergüsse. Die aus diesen austretende Lava kühlt sich sehr schnell ab und hat deshalb mit dem bloßen Auge kaum mehr erkennbare Mineralkristalle. Häufig ist bei diesen Gesteinen die Fließstruktur der erkaltenden, immer zäher werdenden Lava erkennbar. Typische Vertreter dieser Gesteinsart sind die

Basalte und die **Diabase**.

Bei explosionsartigen vulkanischen Vorgängen wird Lava auch durch die Luft geschleudert, wobei gasförmige Bestandteile der Magma entweichen, so daß sich vorwiegend poröses Material ablagert (Vulkanasche).

Durch Verfestigung mit ausgelösten Bindemitteln (Kalk, Silicate) entsteht poröser vulkanischer **Tuff**.



ABLAGERUNGSGESTEINE / SEDIMENTE

Jedes einmal aus Magma entstandene Gestein wird im Laufe der Zeit verändert.

In der Atmosphäre wird es durch Frost zerkleinert, unter der Erde und insbesondere im Wasser werden durch chemische und biogene Vorgänge Elemente aus den Mineralien gelöst und damit neu gebildet.

Fließendes Wasser transportiert die zertrümmerten Gesteinsmassen (Lockergestein) in tieferliegende Bereiche. Durch geologische Vorgänge gebildete Senken werden auf diese Weise wieder aufgefüllt.

Ein solches, mit den verschiedensten Verwitterungsprodukten der umliegenden Gebirge gefülltes Becken ist z.B. in Bayern das Gebiet zwischen den Alpen und dem Bayerischen Wald, der Schwäbischen und Fränkischen Alb. Die Auffüllung dieses, durch die Auffaltung der Alpen entstandenen Beckens ist relativ jung und begann mit der Anhebung der Randgebirge, dem Bayerischen Wald, der Alb und den Alpen vor ca. 70 Millionen Jahren. Die Auffüllung in diesem Gebiet besteht vorwiegend noch aus Lockergestein verschiedenster Herkunft und deren weiteren Verwitterungsprodukten, wie Lehm und Mergel. Die gesamte Auffüllung wird als Molasse bezeichnet.

Lockergestein kann durch gelösten Kalk oder Silikate wieder zu Festgestein gebunden werden.

Besteht das Ablagerungsgestein aus Verwitterungsresten des ursprünglichen Erstarrungsgesteins, spricht man von klastischen Sedimenten.

Ablagerungen aus chemisch oder biogen veränderten Mineralien (z.B. Kalkstein) werden als chemisch-biogene Sedimente bezeichnet.



Entstehung und Arten

Klastische Sedimente

Zu den klastischen Sedimenten gehören z.B. die auf der ganzen Erde vorkommenden **Sandsteine**, die meist aus den verwitterungsbeständigsten Mineralien, dem Quarz und Feldspatsand bestehen. Der Sand wurde mit im Wasser gelösten silikatischen oder kalkigen Bindemitteln, mit Ton oder Gemischen aus diesen zu Sandstein gebunden.

In Flußtälern, in denen sich Geröll abgelagert hat, wurden durch gleiche Bindungsvorgänge wie bei den Sandsteinen **Konglomerate** gebildet. Konglomerat wird regional als **Nagelfluh** bezeichnet. Es ist ein typisches Gestein aus Gletschermoränen und Flußläufen (z.B. Isar, Inn).

Noch nicht durch Transport abgerundete, sondern kantige Gesteinstrümmer, die wieder zu Festgestein gebunden wurden, bezeichnet man als **Brekzie**.

Chemisch-biogene Sedimente

Typische Vertreter hierfür sind die aus Meeresablagerungen entstandenen Kalksteine aus Kalziumkarbonat (CaCO_3) oder Dolomit aus Kalziummagnesiumkarbonat ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

Sie sind sowohl wesentlicher Bestandteil der Faltengebirge (z.B. Alpen, Himalaja) als auch des Jura.

Aber auch die nur regional vorkommenden Kiesel-, Kohle-, Phosphat-, Salz- und Eisengesteine gehören zu dieser Sedimentgruppe.

Viele Sedimente haben sich über Jahrmillionen hinweg bei wechselnden klimatischen Bedingungen abgelagert und zeigen deshalb häufig eine deutliche Schichtung. In den Faltengebirgen (z.B. Alpen) ist die bei ihrer Entstehung entstandene Faltung dieser Schichten oft deutlich erkennbar. In dem nordwestlich der Donau befindlichen Juragebiet liegen die Schichten teilweise noch relativ ungefaltete vor.



UMWANDLUNGSGESTEINE / METAMORPHITE

Erstarrungs- und Ablagerungsgesteine können durch geologische Vorgänge (z.B. über Faltungen, Hebungen oder Eindringen von Magma) erwärmt oder ganz aufgeschmolzen werden, wodurch entweder das ursprüngliche Gestein verändert, oder ganz neue Gesteine entstehen.

Die Möglichkeiten der Umwandlung und der daraus entstandenen Gesteine sind sehr vielfältig und schwer zu schematisieren.

So werden z. B. erstmals umgewandelte Magmatite als „Ortho“-Gesteine, solche die bereits einmal umgewandelt waren als „Para“-Gesteine bezeichnet, ob aber die Magma nicht bereits aus wiedergeschmolzenen Gestein bestand, ist nicht festzustellen.

In diesem Zusammenhang erscheint es ausreichend, zwischen den an der Ausrichtung ihrer Minerale erkennbaren Gneisen und Schiefnern und weitgehend ungegliederten Felsgesteinen zu unterscheiden.



GEOCHRONOLOGISCHE ÜBERSICHT

Solange der Transport von Baumaterial auf Ochsenkarren oder Pferdefuhrwerke beschränkt war, wurden die Bauten weitgehend aus den Materialien errichtet, die in der näheren Umgebung zur Verfügung standen.

Durchstreift man Bayern, findet man südlich von München Kirchtürme oder alte Bauwerke aus Kalksteinen oder Kalktuff errichtet. Die Frauenkirche in München besteht aus Ziegelsteinen. Kirchtürme aus Ziegelsteinen findet man bis in den Bereich südlich der Donau, in Landshut den höchsten der Welt. Weiter im Nordosten, im Bayer. Wald, Oberpfälzer Wald oder im Fichtelgebirge, wurden Granite und Gneise als Baustein verwendet. Weiter im Westen findet man in und um Regensburg einen grünen Sandstein (Regensburger Dom). Nordwestlich der Donau (z.B. Altmühltal) sind alte Hausdächer mit einem plattigen Kalk gedeckt. In der Umgebung von Nürnberg findet man viel roten Sandstein, zwischen Nürnberg und Würzburg häufig Bauten aus Muschelkalk. In Würzburg und nordwestlich bis Aschaffenburg wurde Sandstein in verschiedenen Farben verbaut. Diese Beobachtungen kann man für die ganze Erde fortsetzen. Das Auftreten dieser lokalen Gesteinbildungen ist durch in den einzelnen Gegenden unterschiedlichen geologischen Vorgängen im Verlauf der Erdgeschichte zu erklären. Die Erdgeschichte wird aufgrund markanter geo- oder biologischer Formationen in die in der unteren Tabelle dargestellten Abschnitte eingeteilt.



Geochronologische Übersicht

Zeitalter	Formation	Alter in Mio. Jahren
ERDNEUZEIT (Känozoikum)	Quartär	
	Tertiär	2
ERDMITTELALTER (Mesozoikum)	Kreide	65
	Jura	140
	Trias	195
	Perm	225
ERDALTERTUM (Paläozoikum)	Karbon	275
	Devon	345
	Silur	400
	Ordoviz	440
	Kambrium	500
	Jungalgonkium	570
ERDFRÜHZEIT (Algonkium)	Altalgonkium	1000
	Jungarchaikum	1800
ERDURZEIT (Archaikum)	Altarchaikum	4000



BESCHREIBUNG DER GESTEINSBILDUNGEN IN DEN VERSCHIEDENEN ERDZEITALTERN

Erdaltertum

In diesem ca. 245 Millionen Jahre dauernden Erdzeitalter gab es in dem Bereich des heutigen europäischen Kontinents zweimal bedeutende Gebirgsbildungen. Im Ober-Ordoviz bis „Unter-Devon“ entstand das „kaldonische“, in der Zeit des Ober-Devon bis Perm das „variskische“ Gebirge. Die heutigen Mittelgebirge sind Reste des letzteren.

Bei diesen Gebirgsbildungen wurden sowohl Sedimente verformt und umgewandelt als auch durch Aufschmelzungen und Eindringen von Magma Erstarrungsgesteine gebildet.

In den Mittelgebirgen findet man deshalb eine Vielfalt von **Erstarrungs- und Umwandlungsgesteinen**, z.B. Granite, Diabase, Basalte, Gneise, Marmor oder stark verknetete Kalksteine verschiedenen Alters.

Nach der variskischen Gebirgsbildung im Perm hat sich von Norden bis Mitteleuropa das „Zechsteinmeer“ ausgebreitet, das mit einer Bucht (Hessische Senke) bis an die Nordostgrenze von Bayern vordrang.



Erdmittelalter

Zu Beginn des Erdmittelalters waren alle heute über den ganzen Globus verteilten Kontinente dicht beieinander gelegen.

In dieser Zeit herrschte in großen Bereichen Europas ein wüstenähnliches Klima. Es haben sich rote und gelbe Sande abgelagert, aus denen sich der dieser Zeit den Namen gebende **Buntsandstein** gebildet hat.

Am Ende der Buntsandsteinzeit, vor ca. 215 Millionen Jahren, drang aus dem den großen, trockenen Kontinent südwestlich begrenzenden Meer (Tethys) Wasser bis nach Nordeuropa ein. Böhmen und das südöstliche Bayern bildeten darin eine Insel. Das im Nordwesten davon gelegene flache Meer war überwiegend von kleinen Muscheln bewohnt. Die Schalen der abgestorbenen Tiere haben sich in Senken gesammelt und dort teilweise mächtige Ablagerungen, den **Muschelkalk** gebildet. Dieser Zeitabschnitt geht in etwa bis zur Mitte der Trias und wird als die **Muschelkalkzeit** bezeichnet.

Anschließend hat sich das Land wieder etwas gehoben. Es entstanden teils überflutete und teils trockene Flächen, in denen sich wieder Sand, aber auch Lehme und Mergel als gemischte bunte Schichten abgelagert haben. Diese werden **Keuper** genannt.

Im Erdzeitalter der **Trias** haben sich somit **Buntsandstein**, **Muschelkalk** und **Keuper** abgelagert.

Im anschließenden Zeitalter **Jura** war der ganze europäische Kontinent zeitweise bis auf wenige Inseln überflutet. In dieser Zeit vor 195 bis 140 Millionen Jahren haben sich mächtige Schichten von Kalk („**Jurakalk**“) abgelagert, aus denen sowohl die südlichen und nördlichen Kalkalpen, als auch das nordwestlich der Donau liegende Gebiet der Alb besteht. Insbesondere der obere Bereich dieses Kalksteins wird im Altmühltal, Kelheim, Treuchtlingen als hervorragender Werkstein abgebaut.

Der in diesem Meer gelöste Kalk hat sich entweder schichtenweise als Bankkalk oder Plattenkalk gelagert oder wurde von Korallen und Schwämmen zu mächtigen Riffen aufgebaut. In manchen Bereichen, wie in dem Ge-



biet um Solnhofen bei Eichstätt, wurden in vom Meer abgeschlossenen Becken durch zeitweise Überschwemmungen von wenigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern dicke Kalkplatten gebildet.

Da nordwestlich der Donau seit dieser Zeit keine geologischen Vorgänge stattfanden, die zu Verwerfungen oder Verschiebungen dieser abgelagerten Schichten geführt hätten, stehen uns aus diesem Gebiet vorzügliche Plattenkalke als die sog. **Solnhofener Platten** zur Verfügung. Diese Plattenkalke sind das einzige Material, das ohne zusätzliche mechanische Bearbeitung als Bodenbelag verwendet werden konnte. Es wurde deshalb, soweit die Transportmöglichkeiten reichten, seit der Römerzeit in Europa verfrachtet. Anschließend an die Zeit der Jura wurde das Meer nördlich der Linie Wien München wieder zurückgedrängt.

In dieser Zeit von vor 135 bis ca. vor 65 Millionen Jahren haben sich im Norden des heutigen Kontinents, also an der Küste zum Atlantik, zur Nordsee und zur Ostsee, Kalk in der Form von Schreibkreide gebildet, weshalb dieser erdgeschichtliche Abschnitt mit **Kreidezeit** bezeichnet wird.

In diesem Zeitabschnitt von ca. 75 Millionen Jahren war es im nordwestlichen Bayern weitgehend trocken. Erst zum Ende der Kreidezeit, in der Oberkreide, wurde das heute etwa südöstlich der Donau liegende Gebiet wieder von Süden her überflutet. In diesem Meer hat sich ein grüner Sandstein abgelagert, aus dem der Regensburger Dom besteht und der als „**Regensburger Kreide**“ bezeichnet wird.

Am Ende der Kreidezeit, also vor ca. 65 Millionen Jahren sind die Dinosaurier ausgestorben. Es begann sowohl im biologischen als auch im geologischen Bereich ein neuer Zeitabschnitt, die **Erdneuzeit**.

Die sich im Erdmittelalter von unten nach oben abgelagerten Gesteinsschichten **Buntsandstein**, **Muschelkalk**, **Keuper**, **Jurakalk**, **Kreidesandstein** sind durch Anheben dieser Schichten im Nordwesten, in dieser Reihenfolge von Aschaffenburg bis Kelheim, an der Erdoberfläche zu finden (Fränkisches Schichtstufenland).



Erdneuzeit

Der erste Abschnitt der Erdneuzeit zwischen vor 65 Millionen bis 2 Millionen Jahren wird als das **Tertiär** bezeichnet.

In dieser Zeit hat die Auffaltung der Alpen ihren Höhepunkt erreicht. Zwischen den Alpen und den bereits zu Beginn des Tertiärs bestehenden Erhebungen, im Nordwesten der Alb und im Nordosten der Bayerische Wald, hat sich ein tiefer Trog gebildet, der während dieses ganzen Zeitraumes teils mit Süßwasser, teils mit Meerwasser überflutet war und mit Sedimenten aus den umliegenden Gebieten gefüllt wurde.

Im nördlichen Bereich dieses Gebietes, in Niederbayern, der nicht in den dem Tertiär folgenden Eiszeiten von Gletschern überdeckt war, bilden diese Sedimente aus unterschiedlichsten Materialien das **tertiäre Hügelland**. **Tone** und **Lehme** aus diesem Gebiet sind die Ausgangsmaterialien für die dort heimische Ziegel- und Keramikindustrie.

In der Rhön und auch am Alpenrand (z.B. Mittenwald) ist wieder Magma bis zur Erdoberfläche eingedrungen und lagerte dort vereinzelt **Basalte** ab.

Im Südwesten Bayerns sind teilweise **Sandsteine** aus dieser Zeit vorhanden (Lechbrucker Sandstein).

Die Zeit vor 2 Millionen Jahren wird als **Quartär** bezeichnet. In dieser Zeit hat sich das Klima stark abgekühlt, es begannen die **Eiszeiten**.

Die Eiszeiten werden in Biber-, Donau-, Günz-, Mindel-, Riß- und Würm-Eiszeit eingeteilt.

In dieser Zeit, in der die Alpengletscher bis in die Münchner Gegend vordrangen, wurde das Gebiet südlich davon, das Alpenvorland, neu gestaltet. Hinter Moränenaufschüttungen haben sich Seen gebildet. In dem Gebiet von Eching bis Holzkirchen erstreckt sich die Münchener Schotterebene. Natursteine aus dieser Zeit sind **Konglomerate (Nagelfluh)**, die im Münchener Raum bereits in der Gotik eine bedeutende Rolle spielen (z.B. Sockel der Frauenkirche) und die heute noch in Brannenburg (südlich von Rosenheim) aus Ablagerungen des Inn abgebaut werden. Aus heißen Quellen haben sich, z.B. um Wolfratshausen und Holzkirchen, **Kalktuffe** gebildet.



ANWENDUNG DER NATURSTEINE

Natursteine werden heute in unserer Klimazone ausschließlich für Bodenbeläge oder Wandbekleidungen verwendet. Die ursprüngliche Verwendung als Wandbaustein scheidet wegen der aufwendigen Herstellung und der hohen Wärmeleitfähigkeit aus.

Bei der Definition der geforderten Eigenschaften muß man grundsätzlich zwischen der Anwendung im **Außenbereich** und im **Innenbereich** unterscheiden.

In beiden Bereichen ergeben sich wiederum unterschiedliche Anforderungen für **Wandbeläge** und **Bodenbeläge**.

NATURSTEINE FÜR DEN AUSSENBEREICH

Bei der Auswahl von Natursteinen im Außenbereich müssen diese auf Eignung für Niederschläge, Frost, Temperaturdehnung, Tausalz und mechanische Beanspruchung untersucht werden.



Beschreibung der Beanspruchungsmechanismen

Niederschläge

In der Luft enthaltene Schadstoffe, insbesondere die aus der Verbrennung stammenden Oxyde (SO_2 und CO_2), können zusammen mit Regenwasser Schwefelsäure bzw. Kohlensäure bilden. Diese Säuren können in poröse Steine eindringen und Molekülverbindungen lösen. Hierdurch können sich sowohl Gefügelockerungen ergeben als auch beim Wiederverdunsten der Lösung an der Oberfläche des Gesteins Ausblühungen und Verkrustungen mit nachfolgenden Verschmutzungen gebildet werden.

In Kalksteinen kann durch die Einwirkung von Schwefelsäure Gips entstehen ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$). Gips löst sich in Wasser leichter als Kalk, was zu einer schnelleren Gefügezerstörung führt. Kommt es zu einer Kristallisation von Gips, entstehen durch die damit verbundene Volumenvergrößerung schalenförmige oder punktförmige Abplatzungen.

Kohlendioxyd (CO_2) bewirkt in hoher Konzentration bei porösen Kalksteinen eine Umwandlung des Kalziumkarbonats in Kalziumhydroxyd.



Durch solche chemischen Reaktionen sind insbesondere Kalksteine, Dolomite oder kalkig gebundene Sandsteine gefährdet.

Vorwiegend lehmig gebundene Sandsteine sind durch jede Art von Feuchtigkeit gefährdet, da sich Wasser in Lehm (=Ton und Sand) anlagert und dadurch erweicht.



Frost

Wasser dehnt sich beim Übergang zu Eis um 9 % seines Flüssigkeitsvolumens aus. Wird diese Ausdehnung in den Poren und Kapillaren der Gesteine behindert, so entsteht auf deren Wandungen ein Druck bis zu 13 N/mm². Können die Kapillar- oder Porenwände diesen Druck übertragen, kann eine Eisbildung nicht erfolgen, und das Material ist frostbeständig.

Eine Frostbeständigkeit ist auch gegeben, wenn die Kapillar- und Porenstruktur im Inneren eines Gesteins die Volumenvergrößerung des Wassers erlaubt. Dies ist meistens dann gegeben, wenn die Kapillaren durch Poren unterbrochen sind und die Ausdehnung des Wassers in diese erfolgen kann. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, daß Erstarrungsgesteine (Magmatite) und daraus entstandene Gneise wegen ihrer Dichte und Festigkeit frostbeständiger sind als andere Gesteine.

Bei Sand- oder Kalksteinen sowie auch bei Schiefen kann die Frostbeständigkeit innerhalb des gleichen Vorkommens wechseln.

„Nach DIN 52 106 darf ein Gestein hinsichtlich seiner Verwitterungsbeständigkeit als brauchbar beurteilt werden, wenn es sich unter Klima- und Einbaubedingungen bewährt hat, die mindestens eben so ungünstig waren, wie bei der vorgesehenen Verwendung erwartet werden kann.“

Die „praktische Frostbeständigkeit“ wird nach DIN 52 104 geprüft. Dabei werden wassergesättigte Steinproben in einer Gefrieranlage von -15 °C mindestens 25mal abwechselnd nach einem geregelten Verfahren ausgefroren und in Wasser bei Zimmertemperatur wieder aufgetaut.

Dichte Gesteine mit einer gewichtsbezogenen $w_g < 0,5 \%$ (Wasseraufnahme) erfordern keinen Nachweis.



Temperaturdehnung

Der „Wärmedehnungskoeffizient“ der Natursteine ist von deren Mineralbestandteilen abhängig und bewegt sich bei einer zwischen Sommer und Winter anzunehmenden Temperaturdifferenz von 100 K zwischen 1,2 und 0,53 mm/m.

Temperaturdehnung von Natursteinen nach Grunau	
Material	Thermische Dehnung bei 100 K Differenz in mm/m
Sandstein	1,20
Basalt	0,90
Gabbro	0,88
Granit, Syenit	0,80
Kalkstein	0,70
Dichte Kalksteine und Dolomite	0,75
Travertine	0,68
Quarzit, Quarzporphyr, Porphyrit	1,25
Trachyte	1,00
Diabas	0,75
Andesite	0,53
Diorit	0,88

Wie stark eine Oberfläche durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird, ist von der Lage zur Himmelsrichtung, der Farbe und den Wärmeleiteigenschaften des Materials abhängig.

Die stärkste Einstrahlung entsteht auf einer Südwestwand. Dunkle Baustoffe erwärmen sich fast doppelt so stark wie helle.



Erwärmung verschiedenfarbiger Putze an einer SW-Fassade nach Hebgen:

Farbenbezeichnung	Oberflächentemperatur °C bei ca. 30 °C Lufttemperatur Himmelsrichtung SW
Zitronen-hell, Creme-hell, Elfenbein, Pfirsich-Hell, Weiß-matt	35
Blaßgrau, Pastellgelb, Pastellgrün, Aprikot, Gelbgrau, Senfgelb	38
Perlrosa, Grüngrau, Goldgelb, Horizontblau, Kieselgrau	41
Rotorange-hell, Weisengold, Pastellgrau	44
Rotgrau, Steingrau, Bambus-Gelb, Grautürkis	47
Steingrün, Honiggelb, Braunorange	50
Azurblau, Tiefgrün, Terracotta, Tieftürkis, Dkl.-Grau, Dkl.-Braun	56
Ochsenblut, Schwarz, Schwarzblau	63

Die Bewegungen von Fassadenplatten müssen durch eine entsprechende Fugenausbildung und Verankerung aufgefangen werden. Eine Vermörtelung der Fugen führt im Laufe der Zeit meistens zu Schäden.



Tausalz

Bei Streusalzen handelt es sich meist um Calcium- und Natriumchloride, die zusammen mit Calciumaluminaten (im Zement enthalten) Verbindungen eingehen, bei denen eine Volumenvergrößerung zu Absprengungen führt. Durch eine von Streusalz bewirkte Kohlensäureanreicherung werden Kalksteine und kalkig gebundene Sandsteine angegriffen.

Weniger gefährdet sind im allgemeinen Erstarrungsgesteine und deren Gneise.

Verschleißfestigkeit

Insbesondere für Bodenbeläge oder Fahrbahnen ist die Verschleißfestigkeit der Natursteine von Bedeutung. Die größte Verschleißfestigkeit haben die Erstarrungsgesteine, die geringste weiche Kalk- oder Sandsteine.

NATURSTEINE FÜR DEN INNENBEREICH

Für den Innenbereich ist bei Bodenbelägen besonders der Pflegeaufwand zu beachten. Geeignet hierfür sind dichte Erstarrungsgesteine, dichte Kalksteine oder Marmor. Weniger geeignet sind Sandsteine. Poröse Kalksteine, wie Travertin, müssen verspachtelt werden.



BODENARTEN

Natursteine, die als größere felsartige Gebilde vorkommen, sind Festgesteine, alles andere Lockergestein.

Ingenieurgeologisch ist dies jedoch eine ungenaue Bezeichnung, da für die Bearbeitung von Boden die Festigkeit von Gesteinsmaterial von Bedeutung ist.

Nach DIN 4022 weist Festgestein eine mineralische Bindung auf und darf bei einer 12stündigen Wasserlagerung weder zerfallen noch an der Oberfläche aufweichen.

Die in einem Boden enthaltenen mineralischen Bestandteile werden in Abhängigkeit von ihrer Korngröße bezeichnet. Die Korngröße wird durch Sieben bestimmt. Sie bezeichnet die Maschenweite eines Siebes bzw. Siebsatzes, durch das die Bestandteile einer Korngruppe hindurchfallen.

Einteilung der Böden nach Korngrößen (nach DIN 4022)

Benennung	Korngröße in mm	Bemerkungen
Kies	> 2 ...63	kleiner als Hühnereier, größer als Streichholzköpfe
Grobkies	> 20 ...63	kleiner als Hühnereier
Mittelkies	>...6,3 ...20	kleiner als Haselnüsse
Feinkies	> 2 ...6,3	kleiner als Erbsen
<hr/>		
Sand	> 0,06 ...2	kleiner als Streichholzköpfe bis zur Grenze des noch mit bloßem Auge erkennbaren Korn
Grobsand	> 0,6 ...2	kleiner als Streichholzköpfe größer als Gries
Mittelsand	> 0,2 ...0,6	kleiner als Streichholzköpfe
Feinsand	> 0,06 ...0,2	kleiner als Gries, aber das Einzelkorn noch mit dem bloßen Auge erkennbar
<hr/>		
Schluff	> 0,002..0,06	Einzelkörner mit bloßem
Grobschluff	> 0,02 ...0,06	Auge nicht mehr erkennbar
Mittelschluff	> 0,006..0,02	
Feinschluff	> 0,002..0,06	
<hr/>		
Feinstkorn oder Ton	≤ 0,002	

Baugrunduntersuchung

Bauwerke dürfen nur auf gewachsenem Boden gegründet werden. Vor Beginn eines jeden Bauvorhabens soll der Boden auf seine Belastbarkeit und Wasserdurchlässigkeit untersucht werden. Die Durchführung von Bodenuntersuchungen ist in der DIN 4094 genormt und soll von erfahrenen Geologen erfolgen.



WASSER IM BODEN

Aufgrund der dipolaren Ladungsverteilung im Wassermolekül kann dieses feste Verbindungen mit Mineralien eingehen.

Wasser ist im Boden immer vorhanden, da es nicht durch Luftbewegungen aufgenommen wird.

Die Teilchen im Boden sind immer mit einer fest an ihre Oberfläche gebundenen Wasserschicht umhüllt. Man nennt diese wenige Wassermoleküle dicke Schicht **Adsorptionswasser**. Eine weitere Wasserschicht, die an dieses Adsorptionswasser anschließt, heißt **Haftwasser**. Adsorptionswasser und Haftwasser können die Bodenteilchen miteinander fest verbinden. Die Verbindung ist um so beständiger, je größer die Oberfläche und damit die bindende Wasserhülle zum Volumen des Teilchens ist.

Wasser, das sich zwischen den Teilchen bewegt, ist **Kapillarwasser**.

Die Festigkeit der Verbindungen unter den Bodenteilchen ist somit von der Dicke der Hüllwasserschicht abhängig. Je dicker die Hüllwasserschicht, um so leichter lassen sich die Teilchen zueinander verschieben, um so weicher ist der Boden. Umgekehrt: je dünner diese Schicht, um so fester die Verbindung, um so härter der Boden.

Böden, die vorwiegend aus so feinen Teilchen (Ton und Schluff) bestehen, daß sie sich durch Wasser fest verbinden lassen, nennt man **bindige Böden**. Das Volumen der bindigen Böden wird vorwiegend von der Dicke der Hüllwasserschicht bestimmt. Nimmt die Hüllwasserschichtdicke zu, quillt der Boden, bei Austrocknung schwindet und reißt er.

Da die Hüllwasserschicht nicht beweglich ist, wird in ihr auch kein Wasser transportiert, so daß bindige Böden für Wasser undurchlässig sind (Böden in den Seen).

Böden, die ausschließlich aus sehr feinen Tonmineralien bestehen, wie z.B. „Bentonit“, werden auch für Abdichtungszwecke verwendet.



In Böden, die an das Außenmauerwerk von Kellerbauwerken grenzen, soll das Wasser immer möglichst schnell abfließen. Ist dies nicht möglich, müssen Kellerwände und -böden mit großem Aufwand wasserdicht bzw. wasserundurchlässig hergestellt werden.

Werden Keller in bindige Böden gebaut, besteht die Gefahr, daß der Bereich der Baugrube sich mit Wasser füllt und auf die Kellerwände drückt. Dies kann man auch nicht dadurch verhindern, daß man die Baugrube mit dem gleichen bindigen Material auffüllt, da eine gleichmäßig dichte Auffüllung in diesem Bereich schwer möglich und nicht kontrollierbar ist, so daß in weniger verdichteten Schichten wieder Stauwasser entstehen kann.

In bindigen Böden ist deshalb immer eine Dränageschicht vor der Kellerwand einzubauen, in der das Niederschlagswasser nach unten in eine Dränageleitung abgeführt wird. Eine Auffüllung des Baugrubenbereiches mit wasserundurchlässigem, grobkörnigem Material (Kies) reicht nicht aus, weil sich dieser im Laufe der Zeit mit eingeschwemmten Feinteilen aus dem bindigen Boden verdichten kann. Eine Dränung muß deshalb immer mit einem „Geovlies“ vor Feinteilen geschützt werden.

Frostsicherheit

Im Boden gefrierendes Wasser kann auf Gebäudefundamente einen so großen Druck ausüben, daß diese dadurch gehoben werden. Risse in dem darauf abgelasteten Mauerwerk sind die Folge.

Die Frostgefahr ist vom Wassergehalt und der Wärmeleitfähigkeit des Bodens abhängig und nimmt von unten nach oben zu.

In unseren Breiten (Deutschland) geht man ohne weiteren Nachweis davon aus, dass Frost nicht tiefer als 1 m in den Boden eindringt.

Eine Volumenausdehnung des Wassers ist auch dann nicht gefährlich, wenn sich dieses in leere Porenräume hinein ausdehnen kann. Böden mit einer entsprechenden Zusammensetzung werden als **frostfreier Kies** bezeichnet. Solches Material wird vorwiegend für den Straßen- und Wegebau verwendet. Der Nachweis, ob ein Material frostfrei ist, kann durch entsprechende Untersuchungen von Materialprüfämtern erbracht werden.

Bei Gebäuden müssen die Fundamente auf **gewachsenem**, d.h. auf einem nicht veränderten Boden gebaut werden, dessen Frostsicherheit in der Regel nicht geprüft wird. Die Frostsicherheit des Bodens im Fundamentbereich ist auch während der Bauzeit durch Überdeckung mit einer entsprechend dicken Schicht zu garantieren. Ist es unvermeidlich, daß die Fundamente während einer Frostperiode nicht mit einer 1 m dicken Erdschicht hinterfüllt werden, muß dies ersatzweise mit anderen Materialien, z.B. Strohballen, geschehen.

