

# Marmor

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	2
Begriffserläuterung.....	2
Petrographischer Begriff.....	2
Nichtpetrographische Definitionen.....	3
Kulturbegriff .....	3
Ökonomischer Begriff .....	3
Entstehung.....	4
Merkmale und Mineralbestand.....	4
Gewinnung und Verarbeitung von Marmor .....	6
Verwendung und Haltbarkeit.....	7
Marmorsorten.....	9
Kulturgeschichtlich bedeutende Marmore.....	9
Ausgewählte größere Marmorabbauregionen.....	10
Europa:.....	10
Asien: .....	10
Amerika: .....	10

## Einleitung

Marmor (über lat. marmor aus altgr. μάρμαρος, mármaros; vermutlich verwandt mit μαρμαίρειν, marmaírein, „schimmern, glänzen“) ist ein Gestein, das aus den Mineralen Calcit, Dolomit oder Aragonit besteht, also ein Carbonatgestein.

Für „Marmor“ existieren unterschiedliche Wortbedeutungen:

- Petrographisch ist es ein metamorphes Gestein, das durch Umwandlung (Metamorphose) von Kalkstein und anderen karbonatreichen Gesteinen entsteht, und zwar im Erdinnern durch Hitze und Druck.
- Neben dem petrographischen Begriff lassen sich kulturelle und ökonomische Marmor-Begriffe unterscheiden.



Eine Reihe bedeutsamer Gebäude und Kunstwerke besteht aus Marmor. Marmore werden gegenwärtig vornehmlich für Fußboden- und Treppen-beläge, Wandfliesen, Waschbecken und Fassadenplatten verwendet. Die Gewinnung von Marmor, die seit Jahrtausenden betrieben wird, ist heute noch ein mühseliger und aufwändiger Prozess.

## Begriffserläuterung

Der Begriff Marmor wird mit unterschiedlichen Bedeutungsfestlegungen verwendet.

### Petrographischer Begriff

Marmore sind Metamorphite (Umwandlungsgesteine), die mindestens 50 Volumenprozent Calcit, Dolomit oder seltener Aragonit enthalten. Viele bestehen aus fast nur einem Karbonatmineral (d. h. sind monomineralisch). Marmore haben unter hohem Druck und/oder hoher Temperatur eine Metamorphose erfahren. Die Kristallkörner des Calcits sind zumeist mit dem Auge erkennbar. Viele gehören zu den Paragesteinen, das heißt sie sind aus Sedimentiten (Ablagerungsgesteinen) hervorgegangen. Eine Ausnahme bilden Marmore, die eine zweite Metamorphose durchlaufen haben



und schon vorher Marmore und damit Metamorphite waren, und solche, die aus der Umwandlung von Karbonatiten entstehen. Als Karbonatit wird in der Geologie ein seltenes magmatisches Gestein bezeichnet, das mehr als 50 % Karbonatminerale enthält. Vereinzelt kommen auch in Abfolgen karbonatischer Sedimentgesteine metamorphe Bereiche vor. Eine Klassifikation der gesamten Einheit als Marmor, Dolomit oder Kalkstein ist dadurch erschwert.

Keine Marmore im petrographischen Sinne sind die „Agglo-Marmore“ sowie Kunst- und Stuckmarmore, welche von Menschenhand hergestellt werden. Marmore sind natürliche Gesteine und können nicht künstlich hergestellt werden.

## **Nichtpetrographische Definitionen**

### **Kulturbegriff**

Im deutschsprachigen Raum werden unzählige Kalksteine, Kalkbrekzien, Dolomite, Travertine, Onyxmarmore und zum Teil weitere Gesteine, die kein oder nur marginal Karbonate enthalten, zum Beispiel Serpentine, als Marmore bezeichnet. Marmor als Kulturbegriff findet sich seit Jahrhunderten in der Architektur, Innenausstattung, Kunstgewerbe, Kunstgeschichte und anderen Themenbereichen in petrographisch falscher Anwendung wieder, ohne dass dies Folgen hat.

In Italien werden unter der Bezeichnung „marmi“ (Plural-Form) gelegentlich auch polierte Granite und Gneise verkauft, obwohl sie von ihrer Textur mit Karbonatgesteinen oft nur entfernt vergleichbar sind und eine völlig andere chemisch-mineralogische Zusammensetzung als die Marmore haben. Die Anwendung des Wortes Marmor (italienisch: marmo, französisch: marbre, englisch: marble, spanisch: mármol, portugiesisch: mármore, schwedisch: marmor, russisch: мрамор, tschechisch: mramor, polnisch: marmur, ungarisch: márvány) als umfassender Kulturbegriff ist fast in allen Ländern verbreitet. In Frankreich wird etwas stärker differenziert, indem für Kalksteine aller Art deutlich akzentuiert die Worte calcaire (deutsch: Kalkstein) oder nur pierre (deutsch: Stein) eingesetzt werden. Trotzdem wird in der französischen Alltagssprache auch keine exakte petrographische Unterscheidung getroffen. Einige Kalksteine bezeichnet man auch als marbre (z. B. Marbre Rose de Guillestre, Marbre de Campan oder Marbre de Vérone).

### **Ökonomischer Begriff**



Während die beliebige Verwendung des Marmorbegriffs im Kulturleben ohne Folgen bleibt, kann dies in der Ökonomie Konsequenzen haben. Im Geschäftsleben werden polierfähige Kalksteine wie zum Beispiel der sogenannte Jura-Marmor, ein Kalkstein, durchaus als Marmor angeboten. Dabei wird vom steinverarbeitenden Gewerbe Rücksicht in Verkaufsgesprächen darauf genommen, dass die Kunden im deutschsprachigen Raum zumeist lediglich

Granit, als „überaus hartes“ Gestein, und Marmor als vermeintlich „teures Gestein“ kennen. Bei einem Verkaufsabschluss ist ein Steinmetzbetrieb entsprechend der derzeit geltenden Rechtsprechung angehalten, auf den Unterschied zwischen Kalksteinen und Marmoren ausdrücklich hinzuweisen.

## Entstehung

Marmor entsteht durch metamorphe Umwandlung von Kalksteinen, Dolomiten und anderen carbonatreichen Gesteinen unter Einfluss von hohem Druck und hoher Temperatur infolge hoher Sedimentsauflast und/oder tektonischer Versenkung (Regionalmetamorphose) oder durch Aufheizung im Kontakt mit Gesteinsschmelze (Kontaktmetamorphose). Sind Dolomite umgewandelt worden, spricht man von einem „Dolomitmarmor“.

Bei der Kontaktmetamorphose intrudieren granitische oder andere Magmen in die obere Erdkruste. Falls sie die Erdoberfläche nicht erreichen, verbleiben sie in der Erdkruste, kühlen in Magmenkammern über Jahrtausende ab und erstarren zu Granit oder magmatischen Gesteinen ähnlicher Zusammensetzung. Während dieser Phase der Abkühlung können sich karbonatreiche Gesteine in der Umgebung des Granitplutons zu Marmor umwandeln. Bei einer Kontaktmetamorphose herrschen Drücke bis 10 Kilobar und Temperaturen über 400 °C.[1]

Bei der Regionalmetamorphose werden große Mengen an Gestein unter Druck und Hitze ohne Magmenkontakt umgewandelt. Diese Prozesse laufen sehr langsam ab. Dabei können zum Beispiel Marmore mit Richtungsgefüge (spaltraue Platten gewinnbar) entstehen. Die bevorzugte Spaltrichtung liegt meist orthogonal zur Richtung der früheren Hauptspannung. Da sich Marmore ab einem bestimmten Druck- und Temperaturniveau duktil verformen, können sie Falten und Fließgefüge zeigen, die bei inhomogener Verteilung der Nebengemengebestandteile als Marmorierung sichtbar sind (z. B. im Saillon-Marmor von Saillon VS, Schweiz). Duktil bedeutet in der Geologie, dass sich Gesteine insbesondere der unteren kontinentalen Erdkruste unter tektonischem Stress (Hitze und Druck) nicht spröde, sondern plastisch deformieren.

## Merkmale und Mineralbestand

Ein metamorphes Gestein wird als Marmor bezeichnet, wenn es mindestens 50 Volumenprozent Calcit, Dolomit und/oder Aragonit enthält,[2] wobei der hauptsächlich aus dem Mineral Dolomit  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$  bestehende Dolomitmarmor eine seltene Variante ist. Noch seltener ist ein Marmor, der sich überwiegend aus dem Hochdruckmineral Aragonit zusammensetzt.



Marmore sind in der Regel mittel- bis großkristallin, die einzelnen Calcit-Kristalle variieren wenig in der Größe und sind oft mit bloßem Auge zu unterscheiden. Es kommen jedoch auch extrem feinkristalline Marmore wie beispielsweise die Sorte Statuario aus Carrara vor, die bei den Bildhauern sehr begehrt ist. Das Merkmal der Kristallinität gilt auch für Marmore, deren Ausgangsgesteine ein Sedimentkorngefüge besaßen, wie die Mehrzahl der Meta-Kalksteine und Meta-Mergelsteine (ein Meta-Gestein ist beispielsweise ein aus einem Sandstein entstandener Sandstein usw.). Aufgrund des kristallinen Gefüges ist der Porenraum des Marmors gering, was zu einer hohen Frostbeständigkeit vieler Marmorsorten führt, sie ist jedoch nicht für alle Sorten zu verallgemeinern. Ein typisches Kennzeichen des Marmors ist das Fehlen von Fossilien. Marmore erkennt man optisch auch daran, dass einzelne Kalkspatkristalle in der Spaltfläche, je nach Richtung des Lichteinfalls, glitzern.

Stoffliche Beimengungen in den Ursprungsgesteinen führen bei vielen Marmoren zu dem typischen Dekor, zur sogenannten „Marmorisierung“. Marmor kommt in verschiedenen Farben vor – von schwarzgestreift über gelb, grün, rosa bis zu weißem Marmor. Rote bis rötliche Marmore werden durch Hämatit, gelbe bis braune durch Limonit, leicht bläuliche und graublaue durch Graphit, kohlige Substanzen oder Bitumen und grüne Marmore durch Chlorit oder Serpentinminerale eingefärbt. Mehrfarbige Marmore enthalten unterschiedliche Mineralbeimengungen und/oder verschiedene Kristallausbildungen. Einheitlich schwarz gefärbte Marmore gibt es nicht.

Der weiße Marmor, wie er unter anderem bei Carrara in den apuanischen Bergtälern in Italien und im Krastal in Österreich gefunden wird, wird stark nachgefragt. In Deutschland gibt es derzeit lediglich ein „echtes“ Marmorvorkommen, das für Naturwerkstein wirtschaftlich genutzt wird, den Wunsiedler Marmor im Fichtelgebirge. Im Erzgebirge bei Lengfeld und Oberscheibe wird Calcit- und Dolomitmarmor abgebaut, der hauptsächlich als Zuschlagstoff für die Industrie verwendet wird. Durch die hohe Anzahl von Spalten und Klüften können keine ausreichend großen Blöcke gewonnen werden, die sich für die wirtschaftliche Nutzung in der Natursteinfertigung eignen. Eine gewisse Bedeutung als Bildhauermaterial hatte der Crottendorfer Marmor erlangt.

Typische Dolomitmarmore sind die des Raurisertals in Österreich und der Thassos-Marmor von der gleichnamigen griechischen Insel. Eine Besonderheit ist der sogenannte Cipollino (ital. Zwiebel), ein Marmor, dessen Dekor wie eine Zwiebel geschichtet ist

Die weißen Marmore sind lichtdurchlässig. Durch eine Marmorsorte aus Paros schimmert es bis zu einer Steindicke von etwa 3,5 Zentimeter und durch die aus Carrara bis etwa 1,5 Zentimeter hindurch.

## Gewinnung und Verarbeitung von Marmor



Früher wurde Marmor unter Ausnutzung von Klüften mittels Hebestangen und unter Verwendung von Holzkeilen und Wasser gewonnen. Erst später kam es zum Einsatz von Keilen aus Eisen.

Marmor wird seit langem in Europa gewonnen. Auf der griechischen Insel Paros wird etwa seit dem 7. Jahrhundert v.

u. Z. und in Carrara seit dem 2. Jahrhundert v. u. Z. Marmor abgebaut. Bis in die Renaissance änderte sich an der Gewinnungstechnik für Marmore wenig. Von der Renaissance bis in die 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurde teilweise mit Sprengladungen gearbeitet, die in Bohrlöcher eingebracht wurden. Beim Einsatz von explosiven Sprengmitteln kam es zu hohem Anfall von Gesteinsschutt und das Gestein wurde durch die Sprengwirkung zum Teil erheblich geschädigt.

Technische Neuerungen im großen Stil in der Marmorverarbeitung kamen aus Carrara in Italien. Um 1815 erfand ein italienischer Arbeiter, Giuseppe Perugi, die Steinsäge mit mehreren Sägeblättern, die erste Gattersäge für Naturstein, die von schnelllaufenden Wasserrädern angetrieben wurde. Weiter verbessert haben diese Technologie der Schweizer Carlo Müller, bis 1831 der Franzose Nerier acht Eisengestelle eingeführt hatte, die es ermöglichten, mehrere großformatige 1 cm dünne Marmor-Platten herzustellen (das Verfahren wurde 1867 bei der Weltausstellung im Paris prämiert).[5] Im Jahr 1870 gab es schon 40 Sägereien dieser Art in Carrara, 15 in Massa, 26 in Seravezza.[6] 1895 wurde in Italien in Carrara erstmals Spiraldraht, der von Dieselmotoren angetrieben wurde, zum Heraussägen der Steinblöcke verwendet. Zur Kühlung des Drahtes wurde nicht nur Wasser genutzt, sondern die Stahlseile waren Hunderte von Metern lang und wurden über Umlenkrollen durch die Steinbrüche geführt, damit sie in der Schnittfuge abgekühlt waren. Später wurden die Dieselmotoren durch Elektromotoren ersetzt. Heute wird Marmor nicht mehr mit den sogenannten Lang-Seilsägen mit metallenen Spiraldrähten mit mehreren hundert Metern Länge, sondern mit Kurz-Seilsägen mit mehreren zehn Meter langen sogenannten Diamantseilen oder mit Schrämen herausgesägt.

Seilsägen führen je nach Bedarf entsprechend lange dicht mit „Hartmetallperlen“ besetzte Stahlseile durch die Marmorschichten im Steinbruch oder durch die Rohblöcke in den Betrieben. In den Hartmetallperlen befinden sich Industriediamanten. Ein ständiger Wasserstrom kühlt die Sägesei



Schrämen, vor allem in Italien, schneiden mit Sägeschwertern bis zu einer Länge von 4 bis 5 m, die eine Arbeitstiefe etwa 2–2,50 m erreichen, Lösefugen in die marmornen Gesteinsschichten. Es handelt sich bei den Schrämen um fahrbare überdimensionierte Kettensägen, die ohne Wasserkühlung arbeiten. Des Weiteren werden Rohblöcke unter Einsatz von Druckluftbohrhämmern und Steinspaltwerkzeugen weiter nach Bedarf formatiert.

In die Lösefugen, die die Seilsägen und Schrämen herstellen, werden sogenannte Lösekissen aus Stahlblech eingelegt, die entweder mit Wasser- oder mit Luftdruck befüllt werden. In diesem Arbeitsvorgang werden die Blöcke zum weiteren Transport aus der Steinwand geschoben. Im Steinbruch werden die gelösten Blöcke mit gewaltigen Radladern bewegt und anschließend auf Lastkraftwagen zum Weitertransport verladen, sofern die Steinverarbeitung nicht unmittelbar im Steinbruch erfolgt.

Die Marmor-Rohblöcke werden mittels Gattersägen, die zwischen 80 bis 120 Sägeblätter haben, in Tranchen oder Platten gesägt, anschließend werden die Sichtseiten geschliffen und poliert. Die erforderlichen Stein-Formate der Werkstücke werden mit Steinsägen hergestellt.

## Verwendung und Haltbarkeit

Bauwerke und Plastiken der griechischen Antike wie die Akropolis und der Pergamonaltar, die Nike von Samothrake und die Venus von Milo bestehen aus griechischem Marmor. Im Römischen Reich waren Ehrenstatuen aus Marmor (so genannte ἀγάλματα agalmata) Göttern sowie dem Kaiser und seinen Familienangehörigen vorbehalten. Bürgerliche Personen wurden dagegen gemeinhin mit Statuen aus Bronze (εἰκῶνες eikones) geehrt. Marmorstatuen von ihnen wurden nur im privaten Raum oder an Gräbern aufgestellt. Viele Kunstwerke der italienischen Renaissance, etwa Michelangelos Pietà, David und Moses bestehen aus italienischem Carrara-Marmor.



Wegen der großen kunsthistorischen Bedeutung sowie der sehr speziellen, nicht mit Sandsteinen und anderen Sedimenten vergleichbaren Materialeigenschaften ist die Konservierung von Marmor ein eigenes Forschungsfeld.

Marmore sind heute im „Innenausbau“ begehrt. Sie finden Verwendung als Boden- und Treppenbeläge sowie als Fliesen. Sie sind begehrte Bildhauermaterialien, vor allem der Carrara-Marmor. Aufgrund ihrer Säureempfindlichkeit (Essig, Wein, Zitrusfrüchte und starke Reinigungsmittel)

sind unbehandelte Marmore nicht zur Verwendung in Küchen bzw. als Küchenarbeitsplatten zu empfehlen. Es kann zur Fleckenbildung kommen. Allerdings sind die Fleckschutzbehandlungen aufgrund ihrer Zusammensetzung (Silane, Siloxane) auch nicht unumstritten. Dolomitmarmor zeigt eine wesentlich höhere Resistenz gegenüber Amidosulfonsäure oder Fruchtsäuren als der Kalzitmarmor.

Seit Mitte der 1960er Jahre werden Fassadenplatten aus Naturstein mit einer Dicke von 30 bis 40 mm und einer Luftschicht von mindestens 2 cm vor der dahinterliegenden Wärmedämmung verankert. An einer Reihe befestigter Marmor-Platten an Fassaden sind erhebliche Verbiegungen (sogenannte Schüsselungen) festgestellt worden, die zu statischen Problemen an bekannten marmorverkleideten Gebäuden, wie beispielsweise der Finlandia Hall in Helsinki, dem Grande Arche de la Défense in Paris und dem Aon Center in Chicago führten. Die Verbiegungen resultieren vor allem aus der Feuchtigkeit der Platten an der Vorder- und Rückseite sowie im Tag-Nachtwechsel und Verwitterungsprozessen an den Oberflächen mit Auswirkungen an den Befestigungspunkten. Die Schüsselung des Marmors hat zu einem kostspieligen Austausch ganzer Fassaden und zu einem Imageproblem geführt, das sich in stark gesunkenen Produktionsraten der Marmorindustrie niederschlug. Es gibt durchaus Unterschiede bei den jeweiligen Marmorarten, die in Fachplanungen zu berücksichtigen sind. Marmoraußenfassaden, die extrem bewittert werden, erscheinen nördlich der Alpen wenig zweckmäßig.

In Gegensatz zum deutschsprachigen Raum werden in Mittelmeerländern und in Frankreich Marmore und Kalksteine ganz selbstverständlich für Küchenarbeitsplatten, Waschbecken und andere Gebrauchsgegenstände im Wohnbereich, aber auch im Außenbereich (z.B. als Bordsteinkanten, Sitzbänke oder Behälter für junge Bäume) verwendet. Die Akzeptanz von Abnutzungserscheinungen an jedem Material ist eine Frage der Haltung von Personen zu allgegenwärtigen Gebrauchsspuren. Beim Einbau von polierten Marmorfußböden können sich je nach Nutzung relativ schnell matte Laufzonen abzeichnen. Dieses Phänomen gilt für alle polierten Fußböden aus Gesteinen, die aus Karbonatmineralen bestehen. Im Einzelfall kann sich dies bei Graniten ebenfalls einstellen.

Die oft störend empfundene Saugfähigkeit der Marmore und Kalksteine ist eine Frage der Materialauswahl. Sie ist stets von der Porosität des jeweiligen Natursteins abhängig. Es gibt Marmore und Kalksteine, die eine Porosität unter 1 Prozent besitzen. Empfindlich sind alle Marmore gegen sauren Regen und Säuren. Einzelne Granite und Gneise weisen auch eine spezifische Säureempfindlichkeit auf.

Gerundete Marmorsteine werden zur Herstellung von Steinteppichen verwendet.

Weitere Verwendung findet Marmor in feinsten Pulverform als Scheuermittel in Zahnpasta und als Füllstoff bzw. Streichfarbe von hochwertigen Papieren oder in Grundierungen der Tafelmalerei, auch als Weißpigment oder



Weißmineral in Putzen und Wandfarben (siehe auch Calciumcarbonat). Die Belieferung dieser Industriezweige wird durch eigens hierfür ausgewählte Steinbrüche erfüllt.

## Marmorsorten

Marmore zeigen zahlreiche Farben. Die unten stehenden Abbildungen zeigen eine Auswahl von Marmorsorten.

				
Name	Bardiglio	Cipollino Damascato	Estremoz	Aksehir Schwarz
Herkunft	Carrara in Italien	Stazzema/ Lucca in Italien	Estremoz in Portugal	Anatolien in der Türkei
Entstehung	Jura	Kreide	Kambrium	Trias
				
Name	Trigaches	Welingrad	Naxos	Thiersheimer Silikatmarmor
Herkunft	Trigaches in Portugal	Welingrad in Bulgarien	Naxos in Griechenland	Thiersheim in Deutschland
Entstehung	frühes Paläozoikum	Paläozoikum		

## Kulturgeschichtlich bedeutende Marmore

- Carrara-Marmor
- Laaser Marmor
- Parischer Marmor
- Pentelischer Marmor
- Prokonnesischer Marmor
- Thassos-Marmor

# Ausgewählte größere Marmorabbauregionen

## Europa:

- Frankreich: Region Pas de Calais
- Griechenland: Drama, Kavala, Thasos
- Italien: Massa-Carrara, Laas (Südtirol)
- Portugal: Estremoz-Borba-Vila Viçosa

## Asien:

- Türkei: Regionen Muğla, Afyon, Sivas und Amasya

## Amerika:

- USA: Bundesstaaten Georgia und Vermont
- Kanada: Provinz Quebec