



**Prof. Dr. Wolfgang Vettors | Ökologisch ist ein Baustoff nur dann, wenn für seine Gewinnung und Verarbeitung wenig Energie verbraucht wird. Und diesbezüglich ist Naturwerkstein seinen konkurrierenden Materialien schon immer um einiges voraus.**

Schon in den frühen Kulturen der Menschheit waren Natursteine begehrte Objekte für Bauwerke und Monumente aller Art, sei es für Grabbauten (Megalithgräber), astronomische Einrichtungen (Stonehenge) oder auch für Wohn- und Wehrbauten (Nuraghenkultur in Sardinien, Malta usw.). Die vielfältige Anwendung von Naturstein hatte ihren Grund darin, dass die Menschen lose Einzelblöcke vorfanden. Diese Blöcke erforderten nur geringe Bearbeitung, was mit den damals vorhandenen Werkzeugen auch nur eingeschränkt möglich gewesen wäre. Verwendet wurden Steine, die unmittelbar erreichbar waren, und nur in seltenen Fällen wurden sie über größere Entfernung transportiert.

Auch in den folgenden Jahrhunderten wurde Naturstein, zunächst massiv, später als Gebäudebekleidung eingesetzt und damit für das »Kleid« einer Siedlung prägender Bestandteil. Waren es im antiken Griechenland Kalke, Dolomite oder

deren metamorphe Äquivalente, also Marmore, die wegen ihrer massiven Bauweise auch heute noch bewundert werden können, so brachten die Römer mit der rationalen Ziegelbauweise und vorgeblendeten Dekorgesteinsplatten ein völlig anderes Architekturbild in die Städte. Farbenprächtige, bunte Dekorgesteine aus dem riesigen Imperium wurden importiert und bewusst als Teile der Architektur eingesetzt.

Ob nun Kalke, Marmore, Granit oder andere Gesteine verarbeitet wurden, war eine Frage der Zeit, immer jedoch konnten diese Baumaterialien ohne externe, thermische Energiezufuhr gewonnen und verarbeitet werden. Im Gegensatz zu Ziegeln oder später Beton waren und sind Naturwerksteine durch die natürliche Umwelt fertig vorgegeben.

Kalke entstanden und entstehen bei tropischen bis subtropischen Klimaten in warmen Meeren durch

Kalk bildende Organismen (Korallen, Kalkalgen, Muscheln, Schnecken, einzellige Tiere usw.) und rein anorganische (=chemische) Ausfällung (Travertin, Sinter, Kalktuff).

Tiefengesteine, wie beispielsweise Granit, Syenit oder Diorit, und vulkanische Gesteine, wie Basalt, Andesit oder Porphy, haben die Energie zur Gesteinsbildung aus dem Magma, also der silikatischen Schmelze bezogen, die aus dem äußeren Erdmantel oder der tieferen Erdkruste stammt.

Auch die große Gruppe der metamorphen Gesteine (= Umwandlungsgesteine) wie echte Kalk- oder Dolomitmarmore, Gneise, Serpentine, Amphibolite, Glimmerschiefer oder Quarzite bezogen die Energie für ihre Entstehung aus den gebirgsbildenden Vorgängen der Erdkruste.

Diese scheinbare Trivialität soll den hohen ökologischen Wert von Naturstein belegen. Er benötigt im



BÄRLOCHER

## Rorschacher Sandstein. Innovativ und bauphysikalisch wertvoll. Einer wie der andere.

Technische und bauphysikalische Informationen senden wir Ihnen gerne zu.

Bärlocher  
Steinbruch & Steinhauerei AG  
CH-9422 Staad  
Telefon: 071/8 58 60 10  
Telefax: 071/8 58 60 11  
[www.baerlocher-natursteine.ch](http://www.baerlocher-natursteine.ch)  
[baerlocher@baerlocher-natursteine.ch](mailto:baerlocher@baerlocher-natursteine.ch)

Gegensatz zu Ziegel, Zement und Beton keine zusätzliche, in der Regel aus fossilen Energieträgern gewonnene Energiezufuhr.

### Karbonat- und Silikatgesteine

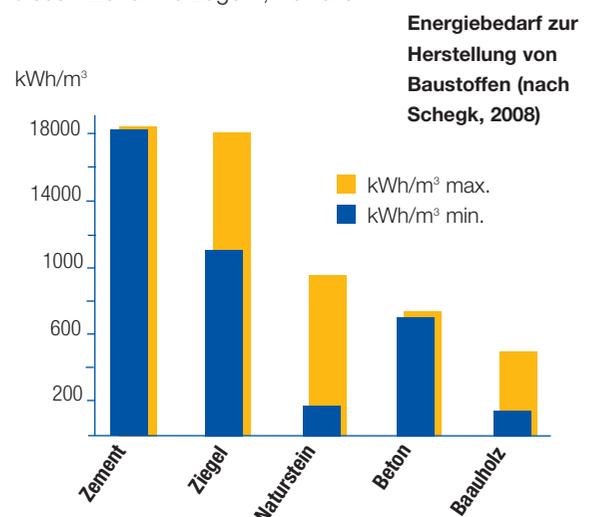
Kalkstein, Kalksandstein, Dolomit und Marmor (zusammen gefasst als Karbonate mit Härte 3) sind seit prähistorischen Zeiten die am weitesten verbreiteten Bau- und Dekorgesteine. Dies resultiert aus der relativ einfachen Gewinnung, da sie auch mit einfachen Werkzeugen aus harten Silikatgesteinen (Quarz, Feuerstein usw.), sowie aus Bronze und ungehärtetem Eisen bearbeitbar waren und sind. Ein weiterer Vorteil sind die guten mechanischen Eigenschaften und eine akzeptable thermische Isolation.

Der Abbau und die Verarbeitung von Karbonatgesteinen erfordert einen eher geringen Energieaufwand, da einerseits – je nach

Gewinnungsmethode – zumeist nur ein geringer Haldenanteil anfällt, der außerdem für Branntkalk, Schotter oder Splitt weiter verarbeitet werden kann, und andererseits durch die niedrige Härte 3 für die weitere Verarbeitung wie Schleifen und Polieren ein geringerer Zeitaufwand und damit auch Energieaufwand notwendig ist.

Allerdings erhalten die Karbonatgesteine, wie viele anderen Natur- und Kunststeine, schon nach etwa 10 oder 20 Jahren durch die Verwitterung eine Patina, die die Eigenfarbe verdeckt. Je nach Luftqualität kann diese Patina von hellgrau bis dunkelgrau variieren, manche Patina von Karbonaten kann auch eine eigene Farbe durch minimale metallische Verunreinigungen und abhängig von der Klimazone entwickeln. Weil viele Natursteine wegen ihrer Farbe oder Struktur als Dekor-Bausteine verwendet wurden, stellt die Patina häufig ein Problem des Denkmalschutzes und

des architektonischen Eindrucks dar. Andererseits ist es jedoch gerade die Patina, die den Stein vor dem raschen Zerfall schützt. Anteile von Schwefel und die vorhandene Kohlensäure im Regen zersetzen zwar die Karbonatanteile ( $\text{CaCO}_3$ ) und wandeln sie zum problematischen Gips um ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) doch kann eine gute Patina diesen Zerfall verzögern, vor allem



SPECIAL: NATURSTEIN + ÖKOLOGIE

seit zumindest in Mitteleuropa durch moderne Filtertechnik fast kein Schwefel in der Atmosphäre emittiert wird. Die Entwicklung der Patina bzw. der Zerfall von Karbonaten ist abhängig von Porosität und Permeabilität. Silikatgesteine sind nur selten von einer Patina überzogen, doch kann Algenbewuchs eine solche vortäuschen.

die Gewinnung. Bei Tiefengesteinen kann das vorhandene Spannungssystem für eine günstige Gewinnung genützt und auf diese Weise Energie gespart werden (»spalten statt sprengen«; Kieslinger 1951).

ad 2: Schichtung, Bankung, Schieferung und Klüfte werden in der Regel für eine rationelle Gewinnung von Werksteinen genützt, können sich jedoch auch negativ für eine Öko-Bilanz auswirken, wenn zusätzliche – zumeist energieintensive – Maßnahmen erforderlich sind, wie beispielsweise Festigung, Abdichtung oder sogar Deponierung.

ad 3: Abraum in Form von Hangschutt wird durch Aufbereitung häufig sekundär verwertet (für Splitt, Branntkalk, Filterpulver usw.) Häufig muss durch zu starke Beimengungen von Fremdmaterialien (Tone, Schluffe) wie bei Moränen der Abraum deponiert werden und beeinflusst so die Öko-Bilanz negativ.

ad 4: Die Distanz zwischen Steinbruch und Produktionsstätte hat einerseits nachhaltige, negative Einflüsse auf die Energiebilanz, andererseits sind die für größere Kubaturen genutzten modernen Transportsysteme sehr effizient.

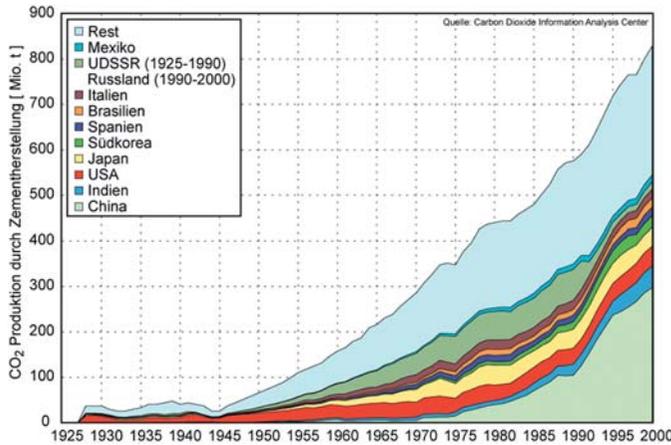
ad 5: Speziell bei porösen, klüftigen und damit permeablen Gesteinen kann durch natürliche Variation der Gesteinsausbildung eine Zusatzbehandlung (Hydrophobierung, Tränkung, Verkittung usw.) erforderlich sein, was sich ebenfalls negativ auf die Öko-Bilanz auswirkt.

ad 6: Der Begriff »Fäule« taucht schon in den spätmittelalterlichen Protokollen der Dombauhütten auf

und stellt eine Umschreibung von unbrauchbarem Material dar. Zumeist handelt es sich um sekundäre Zersetzungs- bzw. Verwitterungserscheinungen entlang von dicht beieinander liegenden Klüftscharen, die einen scheinbar gesunden Werkstein unbrauchbar gemacht haben (Kieslinger 1951). So kann es bei Graniten zur Vergrugung kommen, die oft nur ganz lokal im gesunden, festen Stein auftritt. Bei Basalten oder Porphyren sind es häufig sekundäre, hydrothermale Zersetzungen, so dass einzelne Werksteine dann als »Sonnenbrenner« ausgeschieden werden müssen. Der Kornbestand ist noch vorhanden, doch das Korngefüge bzw. der Kornverband wurde durch derartige sekundäre Prozesse aufgelöst.

Bei echten Marmoren werden unmittelbar neben Klüften bzw. Störungen häufig Einzelblöcke gewonnen, die durch die Tektonik unter Spannung stehen, die sich nach dem Abbau durch Aufplatzen entlädt. Dies wird durch große (>1 mm) große Kalzitkristalle bewirkt, die durch den tektonischen Druck einheitlich geregelt sind und die vorhandene Spannung elastisch abbauen, wodurch eine unkontrollierte Kluft – meist senkrecht zur Spannungsrichtung – aufreißt.

Aus dieser eben angeführten Selbstverständlichkeit ergibt sich die Schwierigkeit, für Werksteine aus Natursteinen einen zahlenmäßigen Energiewert zu ermitteln. Die Bandbreite kann bedeutend zwischen Minimum- und Maximumwert streuen, wie es z. B. von Schegk 2008 schon angedeutet wurde. Vergleicht man jedoch Naturstein mit Kunststein (Zement, Ziegel, Beton usw.), zeigt sich der große ökologische Vorteil des Natursteins, denn es entfällt nicht nur der große externe Energieaufwand, auch Farbe, Struktur und



**CO<sub>2</sub>-Produktion in Abhängigkeit von der Zementherstellung.**

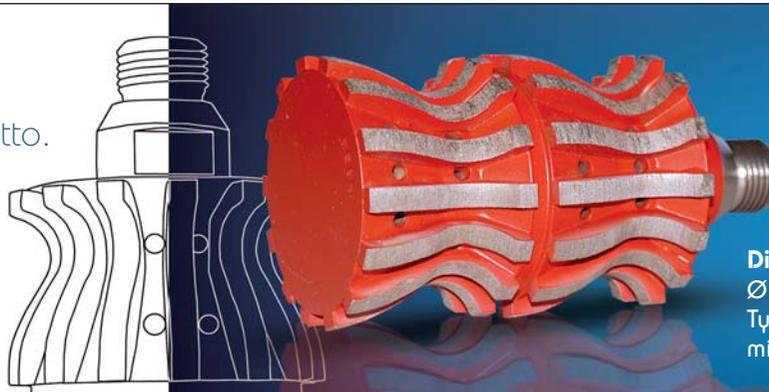
Naturgemäß schwankt der Energieaufwand für die Gewinnung von Werksteinen sehr stark. Mehrere Faktoren sind dabei wirksam:

- 1 Beschaffenheit der Gesteine mit ihren mechanischen Merkmalen, wie Härte, Zähigkeit, Klüfte, Porosität, Permeabilität
- 2 Spaltbarkeit, Schleif- und Polierfähigkeit
- 3 Abraum von ungeeignetem Fremdmaterial wie Hangschutt, Moränen
- 4 Transportwege vom Steinbruch zur Werkstatt
- 5 Zusatzbehandlungen für Frostbeständigkeit, Wasseraufnahme, Verwitterungsfestigkeit
- 6 »Fäulen«

ad 1: Karbonatgesteine sind durch die geringere Härte weniger energieintensiv als Silikatgesteine und zumeist auch durch Bankungsfugen (Schichtungsfugen) günstig für

Unser **Perfect Shape** Motto.

Die **Kasprick Diamantwerkzeuge GmbH** fertigt für Sie seit über 30 Jahren präzise Diamantwerkzeuge. Immer mit höchstem Qualitätsanspruch und immer perfekt in Form - egal ob Sie bohren, fräsen, schleifen oder trennen.



**Diamant Doppelfräser 13860**  
 Ø 70 x 42 Sonderprofil  
 Typ Granit Grob- und Feinschliff  
 mit integrierter Wasserkühlung

Textur, sowie die hohe Individualität des Naturprodukts können durch keine zusätzliche Maßnahme erreicht werden.

### Zement und Beton

Der aus Mergel (Mischung aus Kalk und Tonmineral) durch hochtemperierten Brand (etwa 1450° C) erzeugte Zement wird erst nach der Magerung durch Sand, Kies oder Schotter zu dem universellen Baustoff Beton. Charakteristisch für Zement ist der amorphe beziehungsweise mikrokristalline Zustand nach dem Ablöschen, wodurch Zement und Beton nur eine begrenzte Lebensdauer aufweisen, denn im Verlauf von einigen Jahrzehnten erfolgt die Aus- oder Rekristallisation des Zements.

Mit dieser Rekristallisation verliert der Beton seine Festigkeit, denn diese ist abhängig von verschiedenen mechanischen, chemischen und thermischen Einflüssen und schwankt zwischen 40 und 80 Jahren. Der Einbau eines Stahlgerüsts in Betonbauten erhöht die mechanische Belastbarkeit, ändert jedoch nur wenig an der Lebensdauer, die nur durch Erneuerung verlängert werden kann. Zement und Beton verhalten sich als nicht kristalliner Baustoff ähnlich wie Glas.

Auch Glas ist nicht kristallisiert. Feinst gesponnenes Glas hat nur eine Lebensdauer von ein bis zwei Jahrzehnten und ist daher als dauerhafter Baustoff – auch zur Wärmeisolation – nur bedingt geeignet. Thermische Belastungen bei Fassaden mit unter dem Putz verlegter Glaswolle oder Kunststoffen (Styropor usw.) beschleunigen die Rekristallisation ebenso wie Mikrovibrationen durch den Verkehr auf Schiene oder Strasse.

Nach dem 2. Weltkrieg wurde eine Reihe neuer künstlicher Baustoffe entwickelt. Einerseits sind das ther-

mische Produkte, die verschiedene Minerale bei hohem Energieaufwand zu Baustoffen umwandeln (Ytong, Leca usw.), andererseits sind es verschiedene chemische Derivate der Kunststoffindustrie, die am Bau Verwendung finden.

All diesen modernen Werkstoffen ist die externe Energiezufuhr gemeinsam, die überwiegend aus fossilen Brennstoffen stammt. Damit verknüpft ist der problematische Ausstoß von CO<sub>2</sub>. Da Zement als der wichtigste Baustoff im Drehrohfen erzeugt wird und dieser nur mit Schweröl, Kohle und zum Teil mit granuliertem Restmüll oder Autoreifen betrieben werden kann, ist die Zementindustrie weltweit einer der größten CO<sub>2</sub>Emittenten.

Alle mit externer Energiezufuhr hergestellten Baustoffe sind zudem auch große Schadstoffproduzenten. Wirksame Filtertechniken kommen praktisch nur in den Industrienationen zum Einsatz, denn viele bedeutende Zementindustrien liegen in Klimazonen, in denen Wassermangel die Filtereinbauten verhindert.

### Zusammenfassung

Die für den Abbau notwendige geringe Energiezufuhr macht Naturwerkstein zu einem ökologischen Bauwerkstoff, selbst wenn zur erforderlichen Endbearbeitung oft weitere energieintensive Schritte notwendig sind.

Da aber auch die spezifischen bauphysikalischen Leistungsmerkmale von Beton, Ziegeln und anderen künstlich hergestellten Baustoffen nicht gelehnet werden können, sollten sich die Vorteile der unter-

### Die größten Zementhersteller weltweit (2003)

Quelle: Fischer-Weltalmanach 2007

| Rang | Land     | Produktion (in Mio. t) | Rang | Land          | Produktion (in Mio. t) |
|------|----------|------------------------|------|---------------|------------------------|
| 1    | VR China | 813,190                | 11   | Brasilien     | 34,032                 |
| 2    | Indien   | 115,932                | 12   | Deutschland   | 33,409                 |
| 3    | USA      | 94,329                 | 13   | Thailand      | 32,628                 |
| 4    | Japan    | 68,520                 | 14   | Indonesien    | 28,956                 |
| 5    | Südkorea | 60,720                 | 15   | Ägypten       | 28,740                 |
| 6    | Italien  | 43,920                 | 16   | Saudi-Arabien | 23,000                 |
| 7    | Russland | 42,204                 | 17   | Vietnam       | 22,600                 |
| 8    | Spanien  | 42,000                 | 18   | Frankreich    | 20,000                 |
| 9    | Türkei   | 35,076                 | 19   | Taiwan        | 18,474                 |
| 10   | Mexiko   | 34,176                 | 20   | Malaysia      | 17,160                 |

schiedlichen Baumaterialien vor allem in der architektonischen Ökologie des Objektes manifestieren. ■

**Die zwanzig weltweit größten Zementhersteller.**

### LITERATUR:

Kieslinger, A., 1951: Gesteinskunde für Hochbau und Plastik. Österreichischer Gewerbeverlag 1951.

Kieslinger, A. 1972: Die Steine der Wiener Ringstraße. Franz Steiner Verlag Wiesbaden 1972.

Schegk, I. 2008: Öko? Logisch. In: STEIN, Ztschr. f. Naturstein SO2, Februar 2008.

Wehrdorn, M. 1979: Die Bautechnik der Wiener Ringstraße. Franz Steiner Verlag Wiesbaden 1979.

**■ infoBOX**

Der Autor **Ass. Prof. Dr. Wolfgang Veters** ist am Institut für Geologie der Universität Salzburg tätig. Der vorliegende Beitrag sollte im Rahmen des Specials »Naturstein+Ökologie« in STONEPLUS 2/2008 erscheinen, musste jedoch aus organisatorischen Gründen in die aktuelle Ausgabe verschoben werden.



**Perfekt in Form sein.**

Unsere Diamantwerkzeuge werden mit viel Fingerspitzengefühl und Präzision aus hochwertigen Rohstoffen hergestellt.

**Perfekt in Form bringen.**

Perfekt abgestimmte Werkzeuge für alle Materialien, wie z.B. Naturstein, Kunststein, Feinsteinzeug, Betonwerkstein.



**KASPRICK**  
Diamantwerkzeuge

Kasprick Diamantwerkzeuge GmbH  
Odenthaler Str. 171 · 51069 Köln  
Fon 02 21 / 60 27 81 · Fax 02 21 / 60 51 15  
Internet: [www.kasprick.de](http://www.kasprick.de)  
Email: [office@kasprick.de](mailto:office@kasprick.de)