

Gips als nachwachsender Rohstoff

M. Schwotzer, ITC; G. Dehne, GEOTEKT GbR; A. Gerdes, ITC und HS-Karlsruhe

Einleitung

Baustoffe repräsentieren einen der größten anthropogen verursachten Massenströme. So beträgt die Weltjahresproduktion des Portlandzementes allein ca. zwei Milliarden Tonnen. Bei der Herstellung wird ca. eine Milliarde Tonnen CO₂ freigesetzt und aufgrund der erforderlichen Brenntemperatur von über 1400 °C ist auch ein erheblicher Energieeinsatz nötig. Durch den weiter steigenden Bedarf an Baustoffen, vor allem in den industriellen Schwellenländern wie China oder Indien, werden sich diese Zahlen eher noch erhöhen. Um diesen Entwicklungen begegnen zu können, werden in Zukunft Werkstoffe wie z. B. Gips eine wichtigere Rolle spielen, zumal durch Einsatz moderner Bauchemie dessen Eigenschafts- und Anwendungsspektrum deutlich erweitert werden kann. Dem breiteren Einsatz des „low-energy“-Produktes Gips steht aber die Verfügbarkeit der natürlichen Rohstoffe gegenüber.

Die natürlichen Vorkommen hochwertigen Gipsgesteins, dem Rohstoff für die Herstellung von Spezial- und Industriegipsen sind rar und werden immer schwerer zugänglich. Gipsgesteine (CaSO₄ x 2 H₂O) mit niedrigerer Reinheit, d. h. mit einem hohen Anteil an dem wasserfreien Calciumsulfat Anhydrit (CaSO₄) stehen jedoch in großen Mengen zur Verfügung. In einem Technologietransferprojekt des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH, gefördert und betreut von der Stabsabteilung Marketing, Patente und Lizenzen, und der Gipsindustrie befindet sich derzeit ein neues Konzept zur Nutzung

dieser qualitativ minderwertigen Rohstoffe in der Erprobung. In Versuchsfeldern in offengelassenen Steinbrüchen sollen diese anhydritreichen Gesteine in hochwertigen Rohstoffe für industrielle Nutzung umgewandelt werden. Durch technische Einflussnahme wird die im natürlichen Umfeld zwar spontan, jedoch sehr langsam ablaufende Umwandlungsreaktion von Anhydrit in Gips beschleunigt. Gipsgesteine sollen als „nachwachsender Rohstoff“ aus anhydritreichen Gesteinen gewonnen werden. Mit moderner Analytik und mit Hilfe von Computersimulationen werden die Reaktionsparameter der „Vergipsungsreaktion“ von Anhydritgestein erfasst. Feld- und Laborversuche sind die Basis für die Untersuchung der chemischen und mineralogischen Prozesse bei der „Vergipsung“ von anhydritreichem Gestein.

Neben der Ermittlung von Grundlagenwissen über die „Vergipsung“ wird auf diesem Wege die Voraussetzung für die Umsetzung dieses neuen Konzeptes im großtechnischen Maßstab geschaffen.

Die natürliche Vergipsung von Anhydrit

Die Umwandlung von Anhydritgestein in gipsreiches Gestein ist ein im natürlichen Umfeld spontan, jedoch sehr langsam ablaufender Prozess. Die Umwandlung von Anhydrit in Gips ist eine Lösungs- und Ausfällungsreaktion. Anhydrit geht in Lösung und Gips kristallisiert aus. Diese Reaktion führte zur Bildung natürlicher Gipslagerstätten. Kommt Anhydritgestein durch geologische Prozesse in den Einflussbereich von Wasser, werden durch



Abb. 1: Grenze Anhydrit – Gips, Lokalität Kahler Kopf, Südharz.

die so genannte „Vergipsung“ Gipslagerstätten gebildet [1]. Diese Lagerstättenbildung läuft in geologischen Zeiträumen ab. In Abb. 1 ist die Grenze von Gips und Anhydrit einer derart gebildeten Lagerstätte dargestellt (Lokalität Kahler Kopf, Walkenried, Südharz).

Auf freiliegenden Anhydritflächen stillgelegter Steinbrüche kann eine Anhydritvergipsung, gemessen an der in geologischen Zeiträumen ablaufenden Bildung von Gipslagerstätten, sehr schnell ablaufen [2]. Im Zuge der Vergipsung quillt das Anhydritgestein gewissermaßen auf. Abb. 2 zeigt Fotos dieser als „Zwerglöcher“ bezeichneten Aufwölbungen vergipsender Anhydritschichten in offengelassenen Steinbrüchen. Der Mechanismus, welcher zu dieser Volumenveränderung des Gesteins führt, wird im Folgenden erläutert.

Reaktionsmechanismus der Vergipsung von Anhydritgestein

In Abb. 3 ist der Reaktionsmechanismus der Vergipsung von Anhydritgestein schematisch darge-

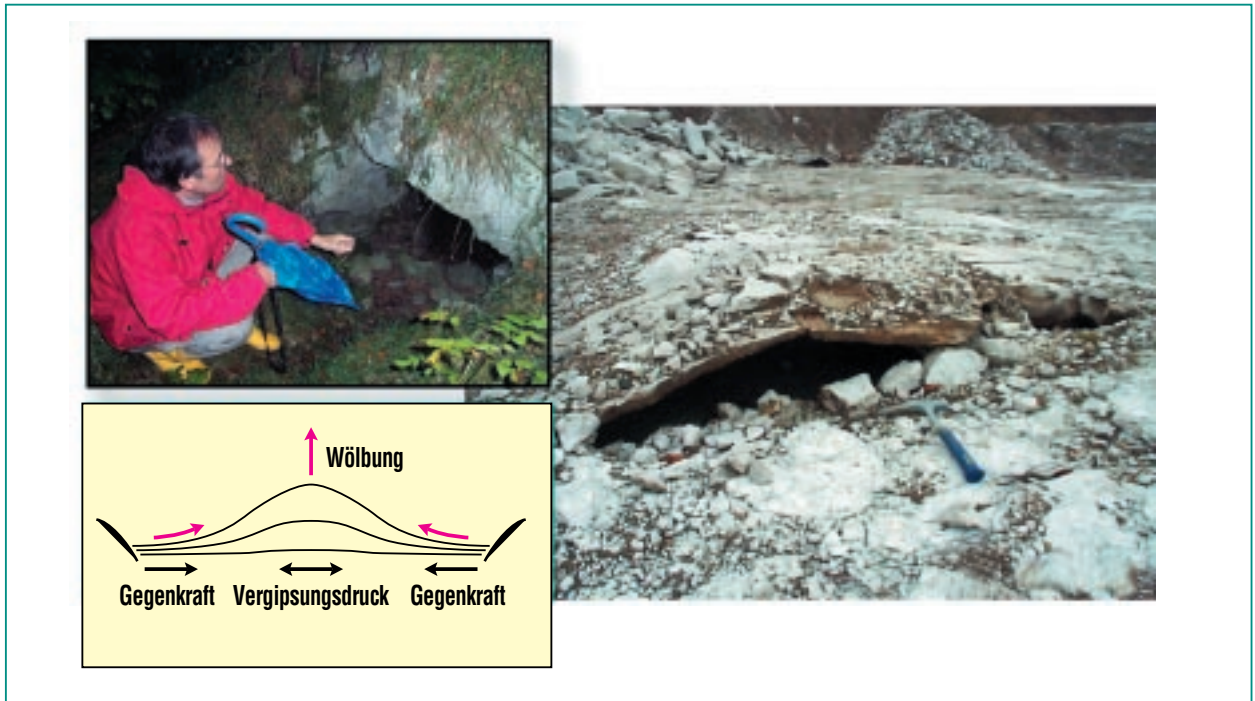


Abb. 2: Zwergenlöcher, Walkenried, Südharz.

stellt. Voraussetzung für die Vergipsung von Anhydritgestein ist die Anwesenheit von Wasser. Es dient bei der Vergipsung einerseits als Lösemittel zur Anhydritauflösung und wird andererseits für die Kristallisation der Hydratphase Gips benötigt. Demzufolge beeinflussen zwei Prozesse die Reak-

tionsgeschwindigkeit der Vergipsung: Der Transport von Wasser (Abb. 3 a) sowie die Reaktionsbedingungen für die Auflösung von Anhydrit und die Kristallisation von Gips (Abb. 3 b).

Beim Wachstum in Porenräumen und Frakturen des Anhydritge-

steins bauen Gipskristalle einen gerichteten Druck auf, der zu Deformationen und zum mechanischen Versagen des Gesteinsgefüges führt [3]. Dies kann zur Erweiterung des Fraktursystems im Gestein führen. Somit wird verhindert, dass durch ein Zuwachsen der Porenräume mit Gips die weitere Wasserversorgung und damit auch die Vergipsungsreaktion unterbunden werden.

Darüber hinaus sind die freiliegenden Anhydritflächen offengelassener Steinbrüche den Einflüssen der Witterung ausgesetzt. Klimatische Einflussfaktoren wie z. B. Temperaturschwankungen oder Frostsprengung, können zur Schwächung des Gesteinsgefüges führen und begünstigen auf diese Weise den Wassertransport ins Gestein.

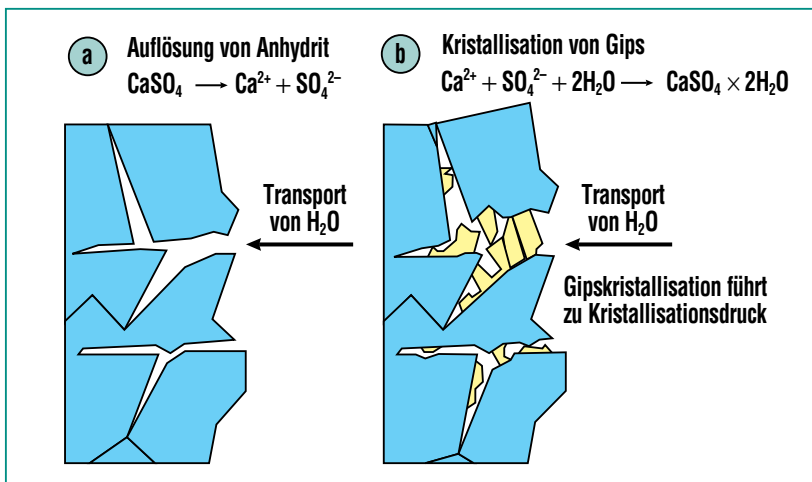


Abb. 3: Mechanismus der Vergipsung von Anhydritgestein.

Laboruntersuchungen und Feldversuche

Allgemeines

Das Ziel von Laborexperimenten und Feldversuchen ist es, die Einflussgrößen, welche die Vergipsgeschwindigkeit maßgeblich beeinflussen, zu identifizieren. Die Kenntnis der Vergipsgeschwindigkeit und das Verständnis der sie beeinflussenden Faktoren ist die Voraussetzung für eine wirtschaftlich relevante Umsetzung des Konzeptes „Gips als nachwachsender Rohstoff“.

Laborexperimente

In Laborversuchen wurde durch Einflussnahme auf die Löslichkeitsgleichgewichte durch Veränderung der Zusammensetzung der Reaktionslösung und Temperaturbedingungen die Bildung der „Zwergelöcher“ nachgestellt. Abb. 4 zeigt einen Quader aus Anhydritgestein, bei welchem unter Laborbedingungen die Anhydritauflösung und die Gipskristallisation forciert wurden. Durch Einstellung reaktionsfördernder chemischer Randbedingungen ist es möglich, den Vergipsgeschwindigkeit weiter zu beschleunigen.

Ergebnisse der Feldversuche

Abb. 5 zeigt den Aufbau eines Großversuches in einem offengelassenen Steinbruch. Hier werden verschiedene Gesteinstypen mit mehreren Versuchskonzeptionen vergipsgeschleunigenden Bedingungen ausgesetzt.

Die Untersuchung dieser Feldversuche zeigt, dass sich Vergipsgeschwindigkeit



Reproduktion der Zwergelöcher im Labor

Durch Einstellung reaktionsfördernder Bedingungen im Laborexperiment konnte die „Zwergelochbildung“ in 2–3 Wochen forciert werden.

Der Kristallisationsdruck von (in Poren und kleinsten Frakturen) wachsenden Gipskristallen verursacht eine mechanische Beanspruchung des Anhydritbestücks. Der Anhydritquader ist „aufgequollen“.

Abb. 4: Reproduktion der „Zwergelöcher“ im Labor.

von Anhydrit im natürlichen Umfeld durch technische Einflussnahme beschleunigen lässt. Mit voranschreitender Vergipsgeschwindigkeit ließ sich eine Veränderung des Gesteinsgefüges beobachten. Abb. 6 a) bis c) zeigt die makroskopisch sichtbare Veränderung eines Anhydritgesteins im zeitlichen Verlauf eines Feldversuches. Das ursprünglich blau grau erscheinende Anhydritgestein (Abb. 6 a) ist im nächsten Schritt von weißen Adern und feinen Frakturen durchzogen (Abb. 6 b). Im letzten Schritt erscheint das Gestein weiß, was auf die Umsetzung zu Gips hinweist (Abb. 6 c).

Das Dünnschliffbild (Abb. 6 c) zeigt eine Fraktur, die auf den Innenseiten mit Gipskristallen belegt ist. Risse entstehen, wenn in dem Gestein Spannungen aufgebaut werden, welche seine Zugfestigkeit überschreiten. Im Feldversuch können Spannungen durch klimatische Einflüsse (z. B. Temperaturschwankungen, Feucht-Trocken-Zyklen) oder durch die chemische Reaktion (Kristallisationsdruck



Abb. 5: Aufbau eines Großversuches in einem offengelassenen Steinbruch.

durch Gipswachstum) im Gestein entstehen. Diese Rissbildung ist für die Vergipsgeschwindigkeit von großer Bedeutung, da Transportmöglichkeiten für Wasser entstehen und neue reaktive Oberflächen geschaffen werden.

Des Weiteren zeigten verschiedene Gesteinstypen ein unterschiedliches Reaktionsverhalten. In den Untersuchungen zeigten sich die von Reimann [2] beschriebenen Zusammenhänge zwischen dem Vergipsgeschwindigkeit und dem



Abb. 6: Reaktionsfortschritt im Feldversuch.

Gesteinstypus des anhydritreichen Gesteins. So zeigen beispielsweise Gesteine, die sich in ihren Gefügecharakteristika wie z. B. der Korngröße unterscheiden, Unterschiede in ihrem Vergipsungsverhalten.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Vergipsung von Anhydritgestein lässt sich durch technische Einflussnahme beschleunigen. Der Zusammenhang zwischen Vergipsungsgeschwindigkeit und äußeren Einflüssen sowie Materialparametern ist nachgewiesen.

Für die wirtschaftlich relevante Realisierung des Konzeptes „Gips als nachwachsender Rohstoff“ ist die Abschätzbarkeit der Vergipsungsrate von großer Bedeutung. Ein zentraler Punkt für die Reaktionsgeschwindigkeit der Vergipsung ist die Wassergängigkeit des Gesteins. Das Zusammenspiel der im natürlichen Umfeld wirksamen Einflussfaktoren ist rein experimentell sehr schwer fassbar. Daher wird durch Parameterstudien an einem numerischen Modell das komplexe Materialverhalten bei der Vergipsung analysiert werden. Beispielsweise können mit dieser Vorgehensweise Zusammenhänge zwischen der Vergipsungsreaktion und Faktoren wie Tempera-

turschwankungen, Rissbildung und der Korngröße des Anhydritgesteins ermittelt werden. Die Kenntnis dieser Zusammenhänge ist wichtig, um die Umsetzungsrate abschätzen zu können. Die technische und damit auch wirtschaftliche Umsetzung wird wesentlich durch die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmt. Im Laufe des Projektes wurden Lösungen entwickelt, die mittelfristig einen technischen Einsatz anhydritreicher Rohstoffe zur Herstellung von Werkstoffen auf Gipsbasis erwarten lassen.

In Memoriam

Dieser Artikel ist Herrn Prof. Dr. Rolf Nüesch gewidmet, der dieses Projekt nicht nur initiiert, sondern durch seine unerschöpfliche Kreativität und wissenschaftliche Kompetenz wesentlich getragen hat.

Danksagung

Die Autorenschaft bedankt sich bei der Stabsabteilung Marketing, Patente und Lizenzen, im Speziellen bei Herrn Dr. Rainer Körber, für die Förderung und Betreuung des Projektes.

Literatur

- [1] R. Langbein, H. Peter, H.-J. Schwahn, (1982) *Karbonat- und Sulfatgesteine, Monographienreihe „Nutzbare Gesteine und Industriemineralien“*, Hrsg. Rösler, H.J. und Blankenburg, H.-J., VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig
- [2] M. Reimann, (1991) *Geologisch-lagerstättenkundliche und mineralogische Untersuchungen zur Vergipsung und Volumenzunahme der Anhydrite verschiedener geologischer Formationen unter natürlichen und labormäßigen Bedingungen*, Geol. Jb., D 97, p. 21–125, Hannover
- [3] M. Schwotzer, R. Nüesch, (2002) *Natursteinverwitterung durch Gipswachstum: Eine Modellstudie der Umwandlung von Anhydrit in Gips*, in GDCh Monographie 25, *Bauchemie von der Forschung bis zur Praxis*, Hrsg. GDCh-Fachgruppe Bauchemie, p. 188–190, ISBN 3-936028-07-9