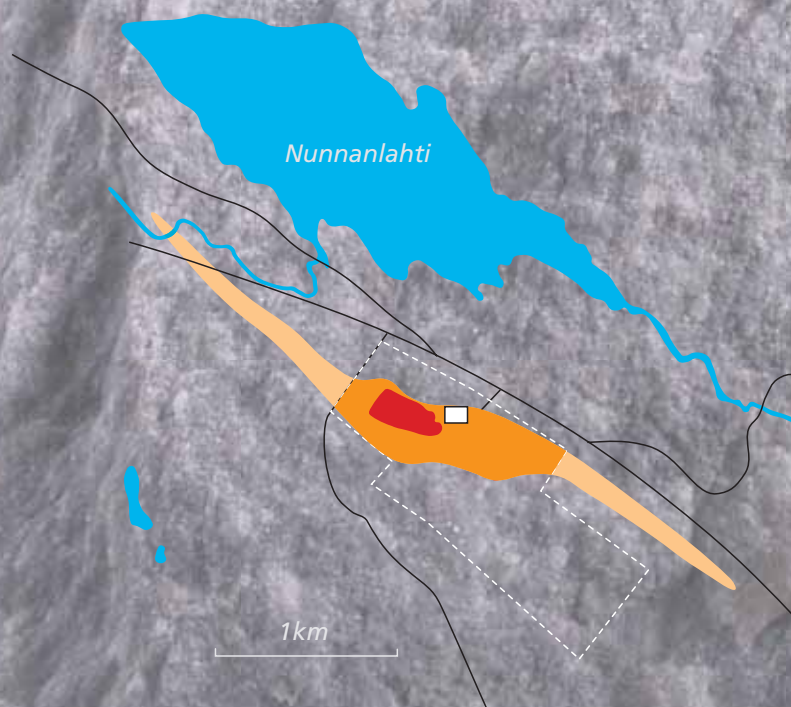


# Zusammenfassung der Ergebnisse der Materialuntersuchungen zum MammuttiStein-Steinbruch von Nunnanlahden Uuni Oy 1994 - 2001

Kivitiето Oy  
Aulis Kärki und Seppo Gehör



Sintef, Norwegen 1994  
XRAL, Kanada 2000  
Universität Oulu, Finnland,  
Institut für Elektronenoptik 1994-2001

# SPECKSTEINE – SELTENE BESTANDTEILE DER ERDKRUSTE

Speckstein, auch Seifenstein genannt, ist ein metamorphes Gestein. Es ist durch mineralische Reaktionen entstanden, die bei relativ hohen Druck- und Temperaturverhältnissen stattgefunden haben. Specksteine kommen weltweit gesehen selten vor, und in der Erdkruste stellen sie fremdartige Formationen dar, da ihr Ausgangsmaterial aus dem Erdmantel stammt, d. h. aus dem Gestein der Schale unter der Erdkruste. Der Erdmantel ist von seiner chemischen Zusammensetzung her ultrabasisch, d. h. er besteht aus Gesteinsarten, bei denen der Anteil von Silizium im Vergleich zu anderen Hauptelementen wesentlich geringer ist als in den typischen Gesteinsarten der Erdkruste. Anstelle von Silizium enthalten ultrabasische Gesteine Magnesium und Eisen und weisen daher ein höheres Eigengewicht auf als gewöhnliche Gesteine. Eine im Vergleich zu gewöhnlichen Gesteinsarten hohe Dichte von ca.  $3,0 \text{ t/m}^3$  ist ebenfalls ein charakteristisches Merkmal des ultrabasischen Specksteins.

Die Bezeichnung Speckstein wird für Gesteinsarten verwendet, die hinsichtlich ihrer mineralischen Zusammensetzung und anderer Eigenschaften unterschiedlich

sind. Das einzige gemeinsame Merkmal aller Specksteinarten ist, dass sie dank ihres Talkgehalts relativ leicht bearbeitbar sind. Die anderen Eigenschaften – z. B. Hitzebeständigkeit und Wärmespeichervermögen – variieren in hohem Maße, und nicht alle als Speckstein bezeichneten Gesteine haben solche Eigenschaften, die für ein Feuerstättenmaterial erforderlich sind.

Die Specksteine des MammuttiStein-Vorkommens von Nunnanlahden Uuni Oy sind schon im Archäikum (vor ca. 2,7 Milliarden Jahren) aus ihren Entstehungsorten im Erdmantel in die Erdkruste geraten. Dabei wurde durch Gebirgsbildung ein Stück aus dem Meeresgrund und dem darunter liegenden Erdmantel, der sog. Ophiolithkomplex, in eine fremde Umgebung geschoben: zwischen Granit und andere Gesteinsarten der Erdkruste. Aus einem präzise begrenzten Teil des Ophiolithkomplexes, d. h. einer bestimmten ultrabasischen Gesteinseinheit, entstand Speckstein in Änderungsprozessen bei hohen Druck- und Temperaturverhältnissen. Aus einer externen Quelle kam Kohlendioxid in die ursprüngliche Steinmasse, was die Entstehung des Karbonatminerals Magnesit ermöglichte,

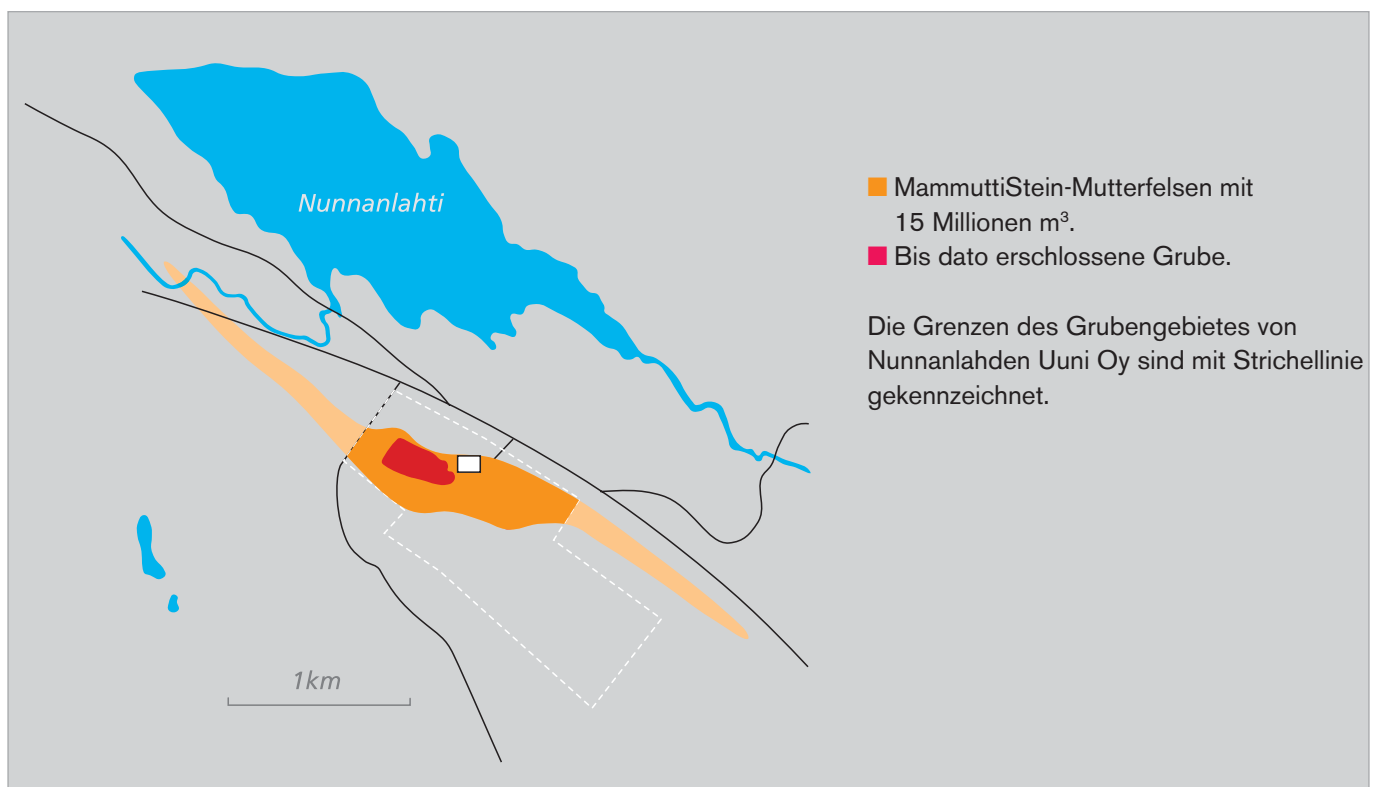


Abb. 1 MammuttiStein-Vorkommen und Schürfbereich

einer der beiden Hauptkomponenten des Specksteins. Die Entstehung des anderen Hauptminerals, des Talks, hing mit demselben Veränderungsprozess zusammen. In diesem Zusammenhang änderte sich die chemische Zusammensetzung der ursprünglichen Gesteinsart, was als Metasomatose bezeichnet wird.

Ihre endgültige Form bekamen die Specksteine des MammuttiStein-Vorkommens durch mehrere Gebirgsbildungsprozesse. Durch diese tektonischen Ereignisse, die die gesamte Erdkruste verformten, wurde das Material mehrmals gedrückt und gerieben. Diese Prozesse dauerten zig Millionen Jahre. Die Specksteine des MammuttiStein-Vorkommens bilden eine längliche, linsenförmige Gesteinseinheit. Die längs gedehnte Form ist durch die bereits erwähnten tektonischen Bewegungen entstanden.

Die als MammuttiStein bezeichnete, außergewöhnlich hochwertige, hauptsächlich aus Magnesit und ausgerichtetem Talk bestehende Specksteinart stellt einen wesentlichen Bestandteil dieses Vorkommens dar. **Abbildung 1 zeigt das Schürfgelände, von dem das MammuttiStein-Vorkommen eingegrenzt wird, sowie die Abbaustelle.** Die Lagedarstellung des Vorkommens basiert auf den Angaben von Nunnanlahden Uuni Oy.

Die durchgängige Ausrichtung des MammuttiSteins, die Maserung, läuft in Richtung der Längsachse des Vorkommens. In der letzten Entwicklungsphase sind die Talkmaserungen durch den tektonischen Druck in Nord-Südrichtung faltig geworden. Durch die Gesamtwirkung all dieser Ereignisse ist der Speckstein des MammuttiStein-Vorkommens heute stark ausgerichtet und hat eine sogenannte Maserungsstruktur. MammuttiStein ist eine seltene Specksteinart, die sich aufgrund ihrer Mikrostruktur ausgesprochen gut als Feuerstättenmaterial eignet.

## MammuttiStein als Feuerstättenmaterial

---

Die Specksteine des MammuttiStein-Vorkommens gehören überwiegend zum Specksteintyp Talk-Magnesit mit ausgerichtetem Talk. Diese eignen sich hervorragend als Feuerstättenmaterial.

Das MammuttiStein-Vorkommen besteht nicht gleichmäßig aus dem gleichen Specksteintyp, sondern man kann daraus verschiedene Varianten erkennen, die für verschiedene Verwendungszwecke geeignet sind. **Aus dem MammuttiStein des Vorkommens lassen sich Feuerstättenkonstruktionen mit langer Lebensdauer bauen, die auch hohen Ansprüchen gerecht werden, wenn für jedes Konstruktionsteil die geeignete Specksteinvariante gewählt wird, die die jeweiligen Anforderungen erfüllt.**

Bestimmte Konstruktionssteile des Feuerraums sind höchsten thermischen Belastungen ausgesetzt. Bei diesen Teilen stellt MammuttiStein richtig angewendet ein funktionstüchtiges Material dar, wenn die Konstruktionen aus einem feinkörnigen MammuttiStein-Typ mit

schuppigem, richtig ausgerichteten Talk hergestellt sind. Varianten mit grobkörnigem Magnesit eignen sich am besten für solche Strukturen des Feuerraums und der Rauchkanäle, die sich nicht auf mehr als 500 °C erhitzen. Grobkörnige MammuttiSteine eignen sich natürlich auch für die Außenschale der Feuerstätte, deren Temperatur bei normalem Betrieb unter 200 °C bleibt.

## MammuttiStein als Wärmespeicher- und Wärmeleitmaterial

---

Feuerstättenmaterial muss ein gutes Wärmespeichervermögen aufweisen und von seiner Wärmeleitfähigkeit für Feuerstätten geeignet sein. Wärmespeichervermögen und spezifische Wärmekapazität werden bei Gesteinsarten mit geringem Porenraum direkt durch die mineralische Zusammensetzung des Steins bestimmt. Magnesit und Talk haben bestimmte, empirisch feststellbare spezifische Wärmekapazitäten. Die spezifische Wärmekapazität des MammuttiSteins, der jeweils zur Hälfte aus diesen beiden Mineralien besteht, kann anhand der Eigenschaften der reinen Komponenten errechnet werden. Die spezifische Wärmekapazität des MammuttiSteins ist empirisch aus drei Probestücken des Produktionsmaterials ermittelt worden. Bei 0 °C beträgt sie 790–820 J/kgK und steigt bei +50 °C auf 910–930 J/kgK.

Was die Wärmeleitfähigkeit betrifft, ist der MammuttiStein aufgrund der Ausrichtung anisotropisch, d. h. die Wärmeleitfähigkeit des Steins ist je nach Richtung unterschiedlich. Sie ist u. a. direkt proportional zur inneren Struktur und Ausrichtung des Steins. Die flächenartigen, stark ausgerichteten, also blättrigen, die streifenweise faltigen und die weniger stark ausgerichteten Steine (**Abb. 2**) haben jeweils ihre eigenen Charakteristika, was die Wärmeleitfähigkeit und Hitzebeständigkeit angeht.

Der gemaserte, flächenweise ausgerichtete MammuttiStein hat die höchste Wärmeleitfähigkeit in Richtung der Maserung und die geringste in der entgegengesetzten Richtung. Der absolute Wärmeleitfähigkeitswert hängt von der Temperatur ab und wird von der mineralischen Zusammensetzung und der durchschnittlichen Korngröße des Steins bestimmt. Der gemaserte Talk-Magnesit-MammuttiStein hat bei +50 Celsius eine Wärmeleitfähigkeit von 2–4 W/mK entgegen der Maserung und gewöhnlich 4–5,5 W/mK in Richtung der Maserung. Der flächenweise ausgerichtete MammuttiStein ist daher für Strukturen geeignet, bei denen der Zusammenhang zwischen der Ausrichtung und der Wärmeleitfähigkeit genutzt werden kann. Diese ausgerichtete MammuttiStein-Variante mit feinkörnigem Magnesit ist Tests zufolge auch gegen starke thermische Belastung beständig.

Die gestreiften MammuttiStein-Varianten mit kringelig faltigem Talk haben eine gute Wärmeleitfähigkeit parallel zu einer Streifenrichtung und deutlich geringere in



**A.**

*Abbildung 2.*

A. MammuttiStein mit Streifen, der sich am besten für hohe thermische Belastung eignet, z. B. im Feuerraum, nahe der heißesten Teile.



**B.**

B. Ausgerichteter, fein- oder grobkörniger MammuttiStein. In der Feuerstätte eignet er sich am besten für Strukturen, bei denen die Abhängigkeit von Ausrichtung und Wärmeleitfähigkeit genutzt werden kann.



**C.**

C. Grobkörniger, weniger ausgerichteter MammuttiStein, der sich für Strukturen der kühleren Teile und der Außenschale eignet. Dank seiner guten Wärmeleitfähigkeit zirkuliert der Stein Wärme von den heißesten Stellen zu den kälteren Steinen und verlangsamt damit die Wärmeabgabe.

den entgegengesetzten Richtungen. Auch hier sind die absoluten Wärmeleitfähigkeitswerte direkt proportional zu Materialtemperatur und Korngröße des Steins. Bei +50 Celsius wurde eine Wärmeleitfähigkeit von 4–5,5 W/mK in Richtung der Maserung und in entgegengesetzter Richtung 2–3 W/mK gemessen. **Kleinkörnige MammuttiSteine**, die eine flächenweise Maserung mit kleinen Falten aufweisen, sind hochwertiger und halten starke thermische Belastung am besten aus. Sie sind gut für Strukturen geeignet, die starker Wärmebelastung ausgesetzt sind. Ein guter Beweis dafür sind die **hohen Härtezahlen**, die beim MammuttiStein festgestellt wurden.

Weniger ausgerichtete MammuttiStein-Varianten haben nahezu isotropische Eigenschaften. Ihre absoluten Wärmeleitfähigkeitswerte werden, wie bereits erwähnt, durch Temperatur, Zusammensetzung und durchschnittliche Korngröße des Materials bestimmt. Eine grobkörnige Struktur sorgt für gute Wärmeleitfähigkeit. Grobkörniger MammuttiStein hat nicht die beste Beständigkeit gegen starke Temperaturschwankungen, aber er eignet sich gut z. B. für die Strukturen der Außenschale, deren Temperatur nicht auf über 500 °C steigt. Die gute Wärmeleitfähigkeit des Steins in Richtung der Oberfläche sorgt für eine gute Zirkulation der Wärme und verteilt sie auf die gesamte Masse der Feuerstätte.

## Beständigkeit gegen Wärmebelastung und schnelle Temperaturveränderungen

Der Härtezahltest nach DIN 51 068 (Teil 1) ist eine allgemein anerkannte Methode zur Feststellung der Fähigkeit des Materials, wiederholte, starke Temperaturwechsel auszuhalten. Beim Härtezahltest wird der Speckstein einer weitaus stärkeren thermischen Belastung ausgesetzt als beim Ofenbetrieb. Der Test zeigt jedoch gut die Eignung des Materials für die strengsten thermischen Verhältnisse auf. Beim Test wird ein trockener, zylinderförmiger Stein 15 Minuten lang bei 950 °C gehalten. Danach wird er für fünf Minuten in 20 °C warmes, laufendes Wasser getaucht und in einem Exikator getrocknet. Die Behandlung wird so lange wiederholt, bis sich der Probestein in mindestens zwei Stücke spaltet.

Den Testergebnissen zufolge hat sich die innere Struktur von MammuttiStein also die Textur, neben der mineralischen Zusammensetzung als ein wesentlicher Faktor

erwiesen. Beim MammuttiStein, der aus feinkörnigem Magnesit und kleinschuppigem, faltig ausgerichteten Talk besteht, ergibt der Test fast den Höchstwert. Grobkörnige, nicht homogene Specksteintypen, die anstelle des Talks große Mengen anderer Komponenten enthalten, z. B. Chlorit, können schon nach wenigen Behandlungen zu Pulver zerbröckeln.

*Abbildung 3 zeigt den MammuttiStein-Probezyylinder nach dem Test.* Die Probe ist bereits gespalten, aber das Material ist nach fast dreißig Erhitzungen noch ziemlich hart. Der Probezyylinder ist nach 28 Erhitzungen in zwei Stücke gespalten, also hat er eine Härtezahl von 28 erreicht. Es sei zu beachten, dass 30 der höchste Wert ist, den ein Material bei diesem Test erreichen kann. Nach Normanweisung wird der Test abgebrochen, wenn das Material dem Test 30 mal ohne Bruch standhält.



Abb. 3 Probezylinder aus feinkörnigem, ausgerichtetem und faltigen MammutiStein nach dem Härtezahltest. Das Probematerial hat im Test eine Härtezahl von 28 erreicht, also fast den Höchstwert.

#### Was passiert mit dem Speckstein bei hohen Temperaturen?

Die höchste Brenntemperatur des Holzes beim Heizen einer Feuerstätte beträgt 800–1200 °C, aber Untersuchungen der Nunnanlahden Uuni Oy zufolge werden die heißesten Steine des Feuerraums bei Normalbetrieb auf max. 650 °C erhitzt.

Jede Mineralart hat ihre genau bekannten thermodynamisch bedingten Beständigkeitsbereiche unter verschiedenen Druck-Temperaturverhältnissen. Bei Feuerstätten ist die einzig bedeutende Variabel die Temperatur, insbesondere die Höchsttemperatur, die ein Stein in einem bestimmten Teil der Feuerstätte erreichen kann. Das Materialverhalten und die im Material stattfindenden Reaktionen bei unterschiedlichen Temperaturen können mit Hilfe der sogenannten thermogravimetrischen Analyse (TGA) und der differentialthermischen Analyse (DTA) untersucht werden. Mit der TG-Analyse werden Masseveränderungen festgestellt, die in Mineralreaktionen unter verschiedenen Temperaturen stattfinden. Die letztere Methode zeigt die Reaktionswärme, die bei diesen Reaktionen abgegeben bzw. gebunden wird. Die Ergebnisse der TG/DT-Analysen ergeben ein gutes Bild über das Verhalten von Speckstein bei hohen Temperaturen.

Abbildung 4 zeigt das TG/DT-Analyseergebnis eines

typischen MammutiSteins, der jeweils zur Hälfte Talk und Magnesit enthält. Die lila TG-Kurve zeigt die Veränderungen der Masse und die grüne DTA-Kurve (ohne Referenzkorrektur) die Reaktionswärme an, die bei der Veränderung des Aggregatzustands gebunden bzw. abgegeben wird. Aus dem Diagramm geht deutlich hervor, dass keine bedeutenden Veränderungen auftreten, bevor der Stein eine Temperatur von 520–540 °C erreicht. Bei dieser Temperatur setzt eine endotherme, äußere Wärmeenergie erfordernde Reaktion ein, wobei sich das Magnesit in Magnesiumoxid oder Periklas und in gasförmiges Kohlendioxid umwandelt. Das gasförmige Kohlendioxid entzieht sich, und die Gesamtmasse des Steins reduziert sich um 20 %. Es ist zu beachten, dass beim Test die gesamte Masse des MammutiSteins auf mehr als 520 °C erhitzt wurde. In der Feuerstätte betrifft diese Veränderung der Masse natürlich nur den Teil des Steins, der auf eine Temperatur erhitzt ist, bei der die Periklasreaktion möglich ist, gewöhnlich bis zu einer Tiefe von 5–10 mm an den heißesten Stellen. Das entstandene Periklas bleibt auch bei sehr hohen Temperaturen, sogar noch bei 1600 °C, beständig. In einer Feuerstätte ist es praktisch unmöglich, so hohe Temperaturen zu erreichen, dass das Periklas sich verändern oder durch eine neue Mineralart ersetzt werden könnte.

Eine zweite für MammutiStein typische Reaktion beginnt bei 840 °C. Diese Reaktion bindet Energie und gleichzeitig reduziert sich die Masse des MammutiSteins um ca. 2 %. In der Praxis werden bei dieser Reaktion die im Talk gebundenen Hydroxylgruppen freigesetzt. Es bleibt ein festes und in der Grundstruktur noch beständiges Steinmaterial übrig, und nur das Wasser wird aus der Masse gezogen. Der Test zeigt eindeutig, dass der Talk noch bei dieser hohen Temperatur beständig bleibt und die Struktur des MammutiSteins aufrecht erhält sowie weiterhin eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt (Abb. 3 und 5).

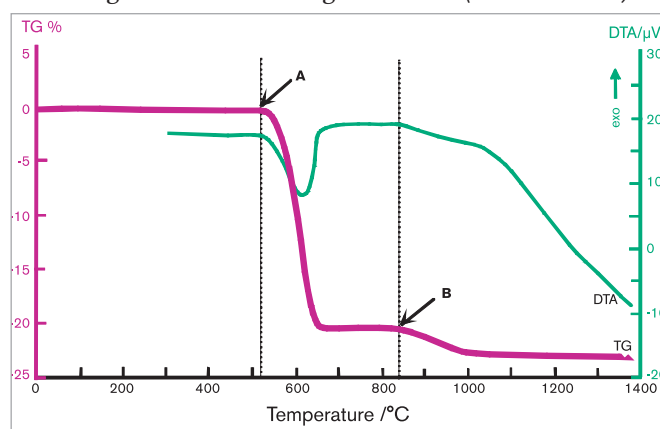


Abb. 4 TG/DT-Analyseergebnis für MammutiStein, der Magnesit und Talk enthält. Die erste thermische Reaktion erfolgt bei 520 °C, wobei sich das Magnesit in Periklas umwandelt (Punkt A). Die zweite Reaktion (Punkt B) ist die Dehydroxylation des Talks, eine Reaktion, bei der sich die OH-Gruppen bei ca. 840 °C aus dem Talk entziehen.

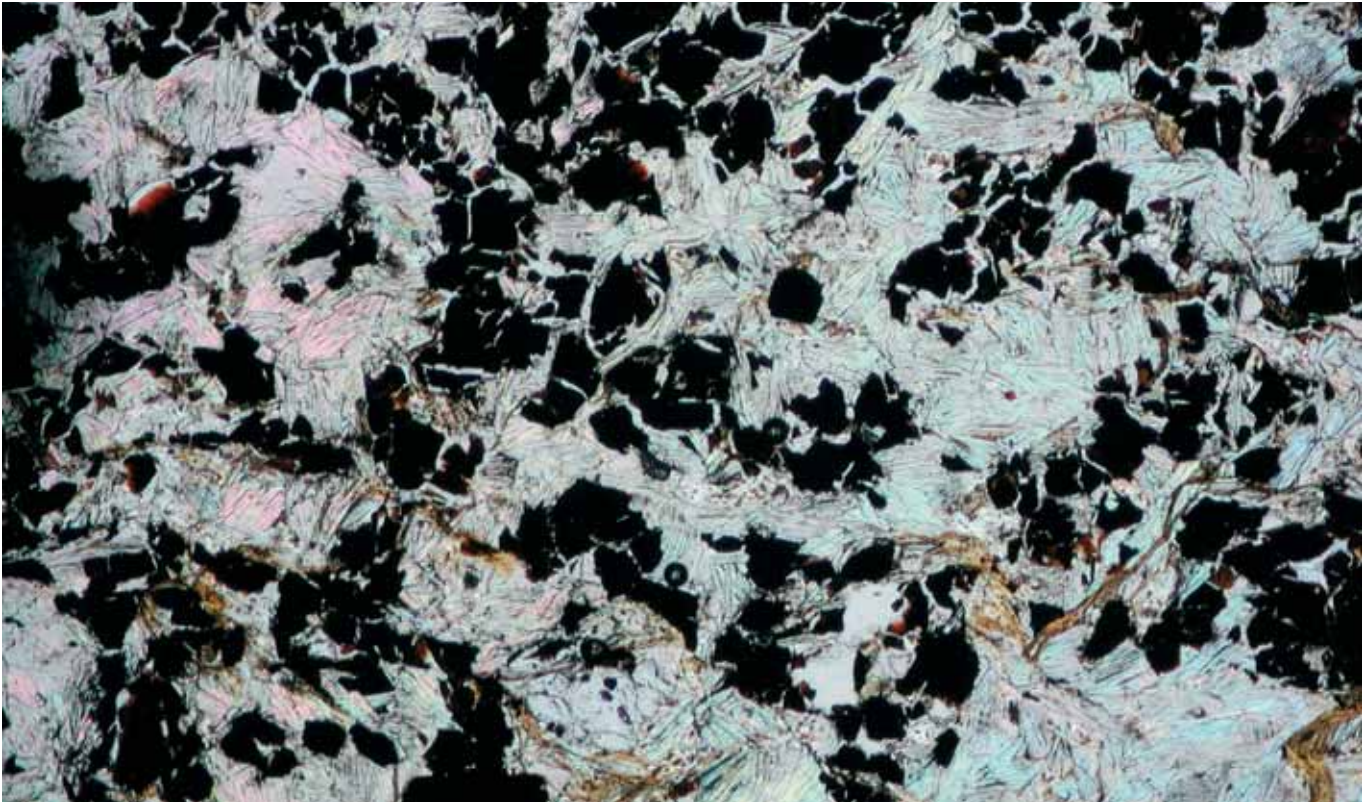


Abb 5. Polarisationsmikroskopbild von einem feinkörnigen MammuttiStein, der sich bei 850 °C neu kristallisiert hat. Das schwarze Material ist Periklas. Das Bild zeigt, dass der rötlich erscheinende Talk auch nach dem Entzug der Hydroxylgruppen eine einheitliche Masse bildet, die die Struktur aufrecht erhält.

Die in einer Feuerstätte entstehenden maximalen Materialtemperaturen können nachträglich leicht geschätzt werden, denn die Bereiche, in denen die zu Periklas gewordenen Karbonatminerale vorkommen, lassen sich schon anhand einer herkömmlichen Mikroskopuntersuchung eindeutig erkennen. Die Stärke der periklasierten Zone in den Strukturen einer Feuerstätte, die schon lange im Betrieb ist, beträgt maximal ca. 30 mm, wobei der untersuchte Backofen für Unter-

suchungszwecke auf mehr als 400 °C erhitzt wurde. Diese Temperatur liegt wesentlich höher als die Temperatur, die beim vorschriftsmäßigen Betrieb erreicht werden kann.

In den Strukturen eines gewöhnlichen Feuerraums sowie der Rauchkanäle (Abb. 6) ist die periklashaltige Zone an den heißesten Stellen einige Millimeter stark. Dies zeigt, dass nur ein kleiner Teil der Gesamtmasse der Feuerstätte die für die Magnesit-Periklas-Reaktion benötigte Temperatur hat.

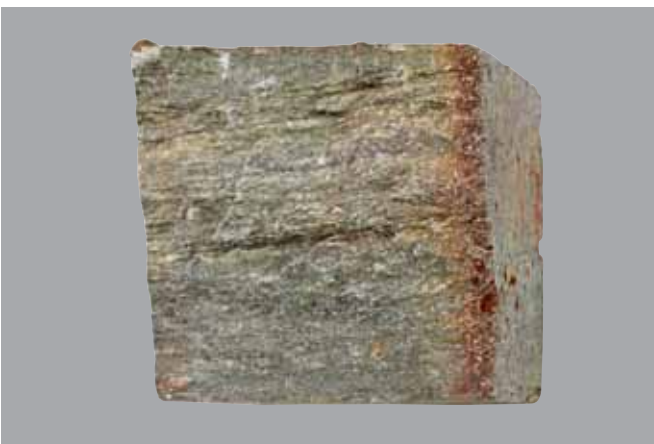


Abb. 6 MammuttiStein aus dem Feuerraum einer normal geheizten Feuerstätte.

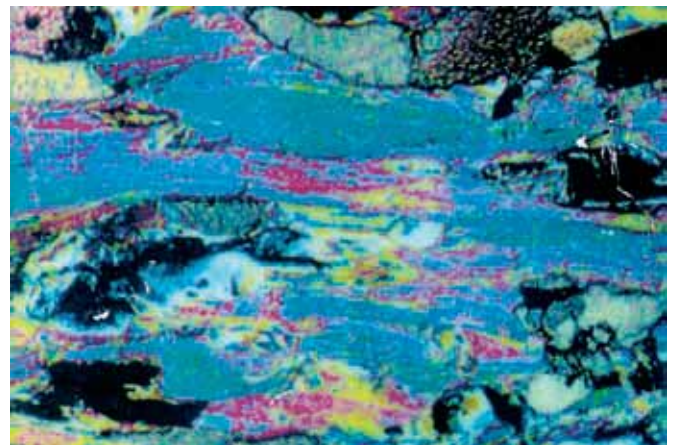


Abb 7 Polarisationsmikroskopbild von stark ausgerichtem MammuttiStein, bei dem graue und schwarze Magnesitgranulate zu erkennen sind. Die Granulate haben einen Durchmesser von ca. 0,5 mm. Die ausgerichteten Talkschuppen sind blaugrün.

Die Eigenschaften des Specksteins, und im Prinzip aller anderer Gesteinsarten, hängen von den Eigenschaften der Strukturelemente des Steins, der Mineralien, ab. Manche Mineralien sind hart und andere weich, manche können hohe Temperaturen aushalten, während andere nur bis zu einer Temperatur von einigen hundert Graden beständig bleiben.

Specksteine können aus verschiedenen Mineralien bestehen, deren Eigenschaften unterschiedlich sind, weshalb die Eigenschaften verschiedener Specksteinarten entscheidend voneinander abweichen können. **Um die Eigenschaften des Specksteins als Gesamtheit zu verstehen,** muss man die Eigenschaften der Mineralien kennen.

Ein Mineral ist ein festes, kristallines, in seiner Entstehungsumgebung stabiles und beständiges Material. Es hat eine bestimmte, mineralogisch genau definierbare chemische Zusammensetzung und Kristallstruktur, d. h. jedes Element hat seine genau definierte Position im Material – im Gitter des Materials. In der Zusammensetzung sind nur bestimmte, begrenzte Variationen möglich.

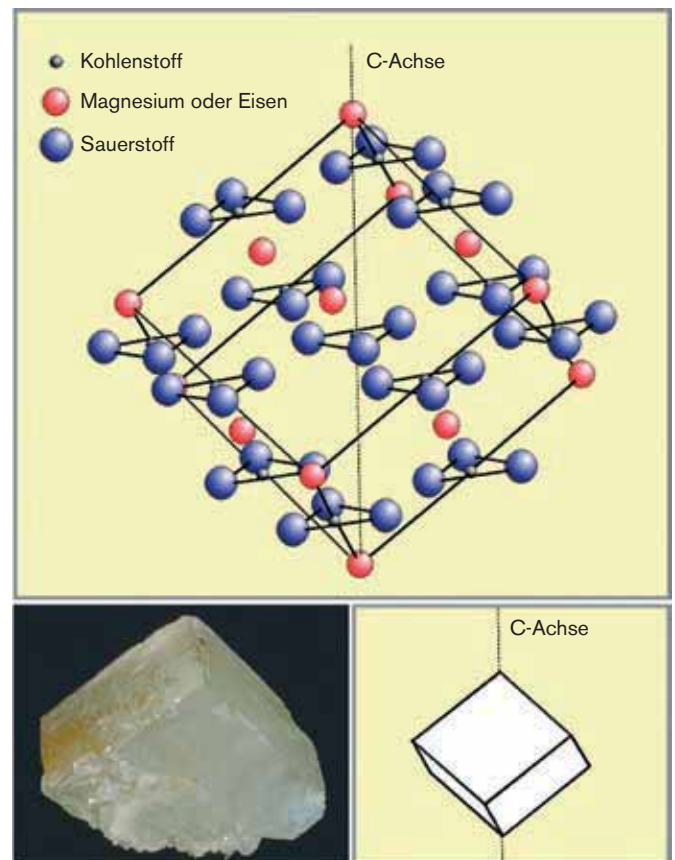
Der hitzebeständigste Stein im MammuttiStein-Vorkommen besteht hauptsächlich aus zwei Mineralarten, Magnesit und Talk. Durch das Erhitzen des MammuttiSteins auf mehr als 520 °C kann auch unter Ofenverhältnissen eine neue Mineralart, Periklas, entstehen. Im Folgenden werden die Eigenschaften dieser Mineralien kurz aufgeführt.

### Magnesit

Magnesit,  $\text{MgCO}_3$  – Magnesiumkarbonat, ist ein weißes, gräuliches oder gelblich-braunes Mineral, das etwas härter als ein Fingernagel ist. Auf der Mohs'schen Skala beträgt seine Härte 3,5–4,5, während z. B. Fensterglas auf dieser logarithmischen Skala eine Härte von 7 erreicht. Das Eigengewicht von Magnesit variiert zwischen 2,96–3,1, d. h. es ist mehr als dreimal so schwer wie Wasser. Die ideale chemische Zusammensetzung des Magnesits ist 47,8 %  $\text{MgO}$  und 52,2 %  $\text{CO}_2$ . Im Gitter des Minerals kann sich anstelle des Magnesiums auch Eisen binden. Der größte Teil des Eisens im MammuttiStein hat sich gerade in das magnesitische Karbonatmineral eingebunden und etwa ein Zehntel der Magnesiumkationen im Gitter des Minerals ersetzt.

**Abbildung 8** zeigt ein Modell einer Kristallstruktur des magnesitischen Karbonats. Aufgrund der kristallinen Struktur hängen die Eigenschaften des Magnesits in gewissem Umfang von der Richtung ab. Die Wärmedehnung z. B. ist in Richtung der C-Achse etwas stärker als in den entgegengesetzten Richtungen. Der Wärmedehnungskoeffizient beträgt in Richtung C-Achse  $22,9 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$  und in den entgegengesetzten Richtungen  $6,75 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ . Die Eigenschaften hängen auch davon ab,

wie viel Magnesium in der Mineralstruktur durch Eisen ersetzt worden ist. Zum Beispiel steigt das Eigengewicht linear mit steigendem Eisenanteil. Im Magnesit des MammuttiSteins beträgt das Verhältnis zwischen Eisen und Magnesium ca. 1:9, weshalb das Eigengewicht des Minerals höher ist als beim idealen Magnesit, ca. 3,05. Im Gitter des Minerals liegen alle Strukturelemente als Massepunkte in drei Ebenen, die sich schräg überschneiden. Diese Grundstruktur wiederholt sich auch in den Formen von großen Mineralgranulaten (**Abb. 8**), und das gute Spaltungsvermögen des Karbonats in drei Richtungen, die in drei Ebenen den Kristallflächen des Granulats entlang verlaufen, folgt präzise den Flächenrichtungen der genannten Grundstruktur.



**Abb. 8.** Die kristallchemische Grundstruktur des Magnesits (oben), das Magnesitgranulat mit eigener Form (unten links) und die geometrische Stellung der C-Kristallachse in der Magnesitstruktur.

## Periklas

Periklas oder Magnesiumoxid,  $MgO$ , entsteht aus Magnesit durch Erhitzung nach der folgenden Reaktion:



Periklas ist im festen Zustand relativ hart. Seine H\u00e4rte betr\u00e4gt 6 auf der Mohs'schen Skala, und das Eigengewicht variiert zwischen 3,58–3,90. Die aus Magnesit entstandenen Periklasgranulate sind jedoch sehr klein und mit blo\u00dfem Auge nicht zu erkennen. Als Ergebnis des Ver\u00e4nderungsprozesses sieht man eine br\u00e4unliche oder schwarze Masse aus Mikrokristallen (Abb. 5)

## Talk

Das Talk geh\u00f6rt in der mineralogischen Klassifizierung zur Gruppe der sog. Netzsilikaten, und seine gesamten Eigenschaften kann man am einfachsten verstehen, wenn man seine kristallische Grundstruktur betrachtet. Die ideale chemische Formel des Talks hat die Form:  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ . Das Silizium und der Sauerstoff bil-

den eine netzf\u00f6rmige Struktur (Abb. 9), bei der die Komponenten mit den festesten chemischen Bindungen, mit Ionenbindungen und kovalenten Bindungen zusammenh\u00e4ngen. Dadurch ist der Silizium-Sauerstoff-Rahmen sehr best\u00e4ndig, und die mikroskopischen schuppenartigen Talkgranulate sind von ihrem Grundnetz her fest. Talk hat auf der Mohs'schen Skala jedoch eine H\u00e4rte von 1, d. h. er geh\u00f6rt zu den weichsten der bekannten Mineralien. Ursache f\u00fcr die Weiche ist, dass die Magnesiumkationen zwischen den Silizium-Sauerstoffnetzen nur durch schwache chemische Bindungen mit diesem Netz zusammenh\u00e4ngen.

Die Hydroxylgruppen (OH) sind auch schwach mit dem Gitter des Minerals verbunden. Dadurch spalten einzelne, mikroskopische Talkschuppen leicht auseinander und gleiten leicht gegeneinander. Das verursacht eines der typischsten Merkmale des Talks: die Oberfl\u00e4che des Minerals f\u00fchlt sich schmierig glatt an. Das Eigengewicht des Talks variiert zwischen 2,7 und 2,8, d. h. seine Dichte ist etwas geringer als die von Magnesit, jedoch h\u00f6her als die durchschnittliche Dichte der Gesteinsarten der Erdkruste.

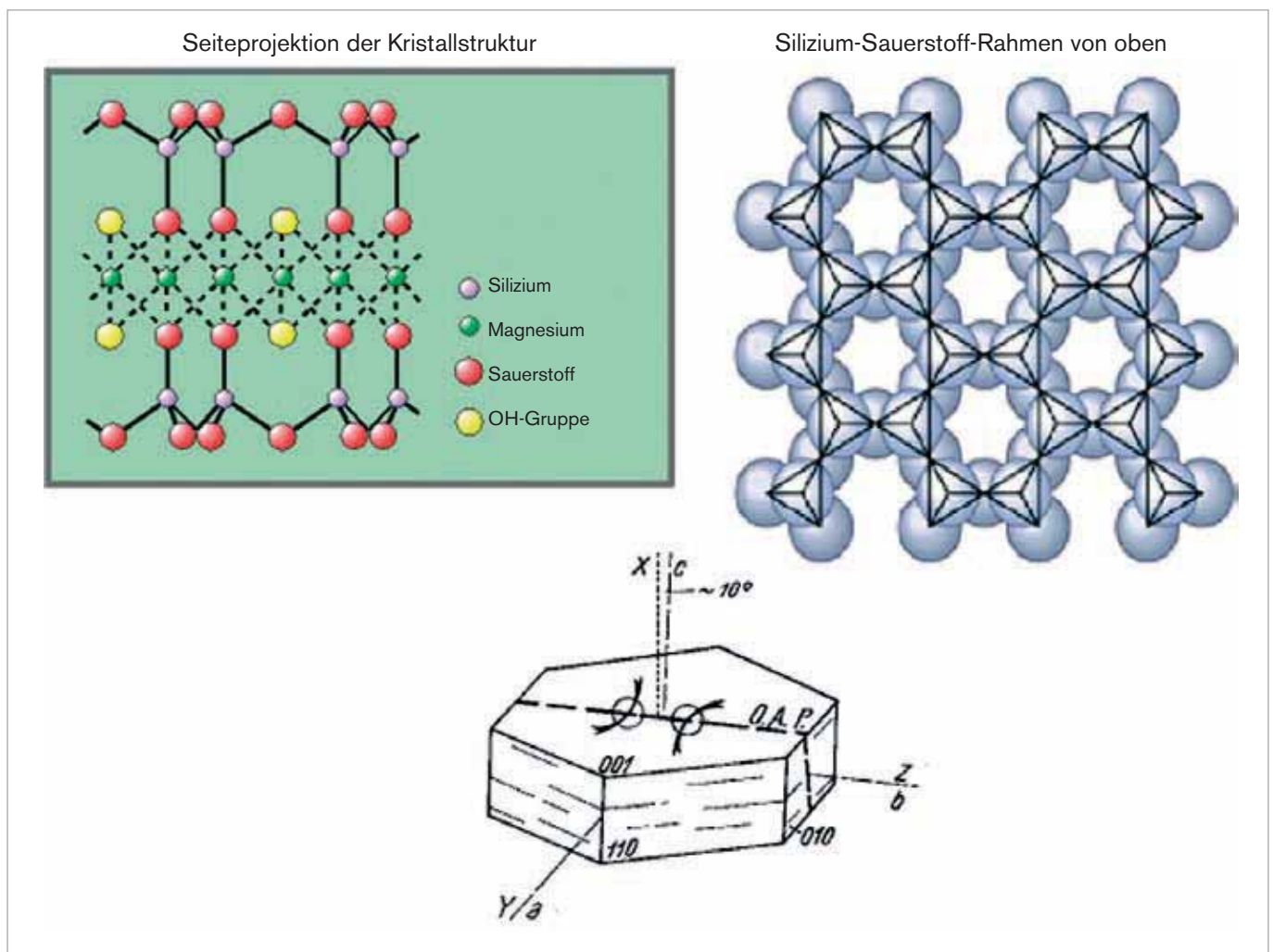


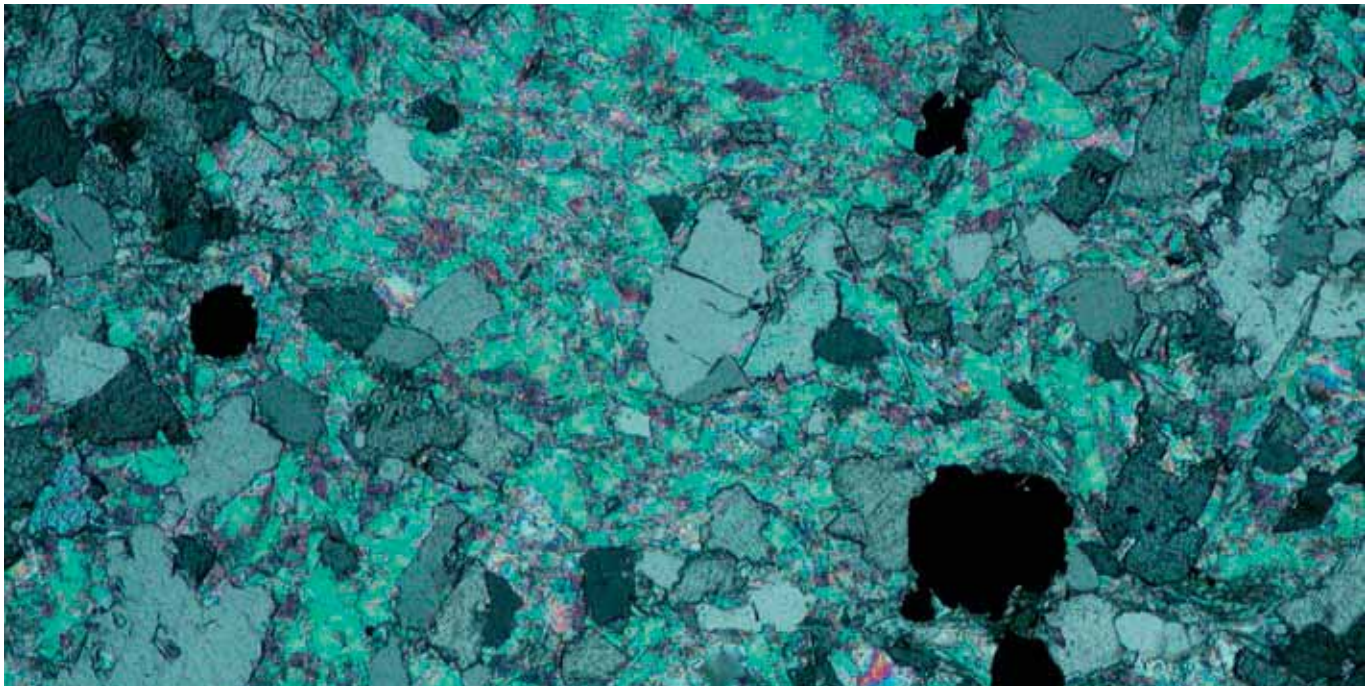
Abb. 9 Die kristallchemische Struktur des Talks, ein Projektionsbild vom Silizium-Sauerstoff-Rahmen von oben und die geometrische Position der Kristallachsen (X, Y und Z) sowie der optischen Achsen (a, b und c) im Chloritschuppen.

**Form, Größe und Ausrichtung** der Mineralgranulate sind bei den Gesteinen des MammuttiStein-Vorkommens unterschiedlich. Der **Talk im MammuttiStein ist gewöhnlich kleinschuppig und kann ein ausgerichtetes, einheitliches Netz um die Magnesitgranulate bilden.** Das Magnesit kann dagegen in Form von länglichen Körnern oder rundlichen Granulaten in der **ausgerichteten Talkmasse** vorkommen. Der Durchmesser der Magnesitgranulate variiert zwischen weniger als 0,5 und 10–15 mm. Vereinzelt Granulate können noch größer sein. Der Stein des MammuttiStein-Vorkommens kann aufgrund seiner Struktur in drei Hauptklassen unterteilt werden, die jeweils ihre eigenen Sondereigenschaften aufweisen.

**Bei MammuttiSteinen mit starker Blättrigkeit oder Maserung sind alle Granulate deutlich nach einer bestimmten Ebene ausgerichtet.** Besonders schuppenartige Mineralien liegen systematisch auf einer bestimmten Ebene. Solche MammuttiStein-Varianten lassen sich am besten in einer Richtung spalten, und z. B. ist die Wärmeleitfähigkeit in Richtung der Maserung wesentlich besser als in entgegengesetzter Richtung. Der feinkörnige MammuttiStein mit dieser Textur hält sehr starke thermische Belastung aus, wenn er in die richtige Richtung ausgerichtet wird.

Die starke strichartige, symmetrische Struktur der **gestrichelten, gefalteten MammuttiSteine** wird dadurch verursacht, dass die länglichen Magnesitgranulate systematisch in einer bestimmten Strichrichtung liegen und die Talkschuppenstapel sich gefaltet haben. Diese MammuttiSteine mit gefalteter Struktur haben in allen Richtungen fast genau dieselbe mechanische Festigkeit, aber die Wärmeleitfähigkeit ist in Richtung der Falten spitze größer als in anderen Richtungen. Solche feinkörnigen, „faltigen“ MammuttiStein-Varianten halten thermische Belastung, z. B. wiederholtes starkes Erhitzen und Abkühlen, am besten aus. Der Talk bildet ein Netz oder eine nach innen schließende Mineralienmasse um die Magnesitgranulate (*Abb. 10*). Diese verbessert die Fähigkeit des MammuttiSteins, hohe Temperaturen und thermische Belastungen auszuhalten. Hier handelt es sich um die hochwertigste Specksteinart, die MammuttiStein genannt wird.

**Schwächer ausgerichtete und massenartige MammuttiSteine** haben eine unsystematische Talkausrichtung, aber die Magnesitgranulate des Steins können in allen Richtungen dieselben Dimensionen haben. Die Wärmeleitfähigkeit der massenartigen MammuttiStein-Variante ist in allen Richtungen fast gleich, und neben der Temperatur ist sie direkt proportional zur durchschnittlichen Korngröße.



*Abb. 10 Kleinkörniger MammuttiStein des Talk-Magnesit-Typs im Polarisationsmikroskopbild. Der kleinschuppige Talk ist auf dem Bild grün zu sehen. Es bildet eine Masse um die grauen Magnesitgranulate, deren Durchmesser ca. 0,5 mm beträgt. Das Foto wurde in Richtung der Steinstreifen aufgenommen, d. h. die längsten Ausmaße der Magnesitgranulate und des Talks liegen in Aufnahme-Richtung.*

## Die Steintypen des MammuttiStein-Vorkommens

Der Stein im MammuttiStein-Vorkommen ist ein stark **ausgerichteter** Schieferstein, der im Idealfall nur **Talk und Magnesit** enthält. Als zusätzliche Komponenten kommen kleine Mengen von anderen Silikatmineralien, Serpentin und Chlorit sowie eisenhaltige Oxidmineralien vor. Im hochwertigen MammuttiStein-Vorkommen beträgt der Gehalt dieser zusätzlichen Mineralien maximal nur einige Prozente vom Steinvolumen. Von der mineralischen Zusammensetzung her gehört der Stein eindeutig zum Typ Talk-Magnesit.

Der mikroskopischen Analyse zufolge ist die mineralische Zusammensetzung des MammuttiSteins relativ konstant, was den Talk betrifft. Der typische Stein des MammuttiStein-Vorkommens enthält 45–55 % Talk, 30–50 %

Magnesit und als zusätzliche Mineralien vereinzelt Chlorit, Serpentin und oxydische Erzminerale (**Abb 11**). Der Serpentinegehalt der analysierten Proben liegt unter zehn Prozent, der Chloritgehalt liegt *ohne Ausnahme unter zwei Prozent*.

Für die Steine des MammuttiStein-Vorkommens wurde eine Untersuchung der chemischen Zusammensetzung beim kanadischen Analyselabor XRAL in Auftrag gegeben. Laut Ergebnis hatten die MammuttiSteine des Vorkommens die gleiche chemische Zusammensetzung (**Abb. 12**), d. h. sie enthalten ca. 30 % Silizium  $\text{SiO}_2$ , 35 % Magnesium  $\text{MgO}$  und 10 % Eisen  $\text{FeO}$  sowie etwas mehr als 20 % Kohlendioxid als Strukturteil des Karbonats.

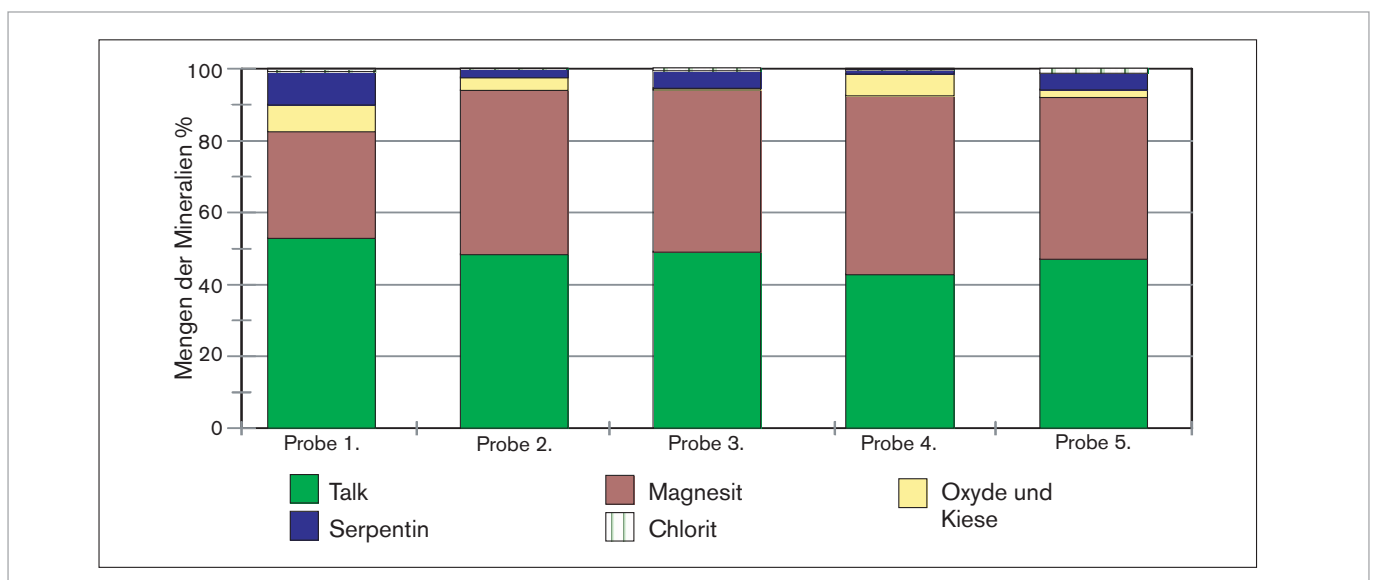


Abb. 11. Modale Mineralzusammensetzungen des Steins im MammuttiStein-Vorkommen

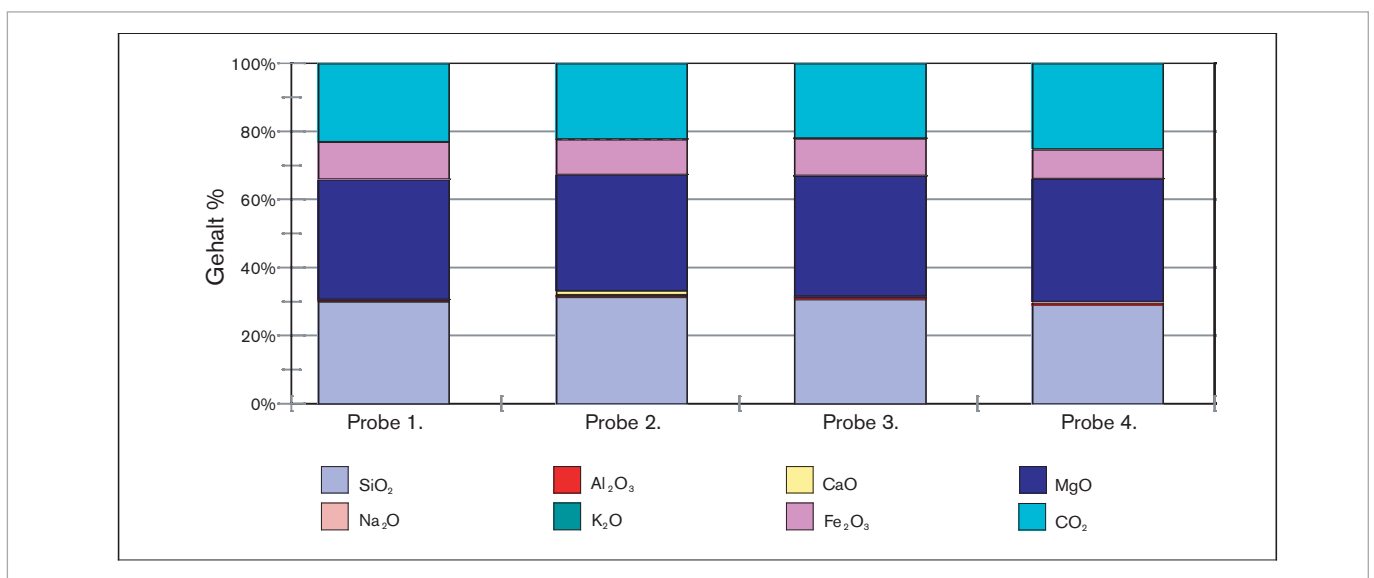


Abb. 12. Chemische Zusammensetzungen des Steins im MammuttiStein-Vorkommen

Im MammuttiStein hat sich das Kohlendioxid in die Karbonatminerale eingebunden und der Kohlendioxidgehalt gibt einen direkten Hinweis auf den Magnesitgehalt des Steins. Sonstige Elemente sind in MammuttiSteinen nur in geringen Mengen vorhanden. So beträgt z. B. der Aluminiumgehalt durchschnittlich nur 0,6 % in Form von  $Al_2O_3$ . Weitere Elemente sind in noch kleineren Mengen vorhanden. Der Aluminiumgehalt ist ein wichtiger Parameter bei der chemischen Zusammensetzung des MammuttiSteins, da Aluminium ein wesentliches Element z. B. in Chloriten und Glimmermineralien ist. Ein übermäßiger Gehalt dieser beiden Mineralien ist ungünstig für die Nutzung des Specksteins in Feuerstätten. Die Entstehung der erwähnten aluminiumhaltigen Mineralienarten ist nicht möglich, wenn der Stein kein Aluminium enthält. Daher ist ein kleiner Aluminiumgehalt eine günstige Eigenschaft des hochwertigen MammuttiSteins.

Laut Definition müssen alle Specksteinarten einen bedeutenden Talkanteil haben, aber Gehalt und Arten ande-

rer Mineralien können auch stark variieren. Neben Talk gehören Glimmerminerale, Chlorit, Amphibole, Pyroxene und Serpentinminerale zu den Hauptmineralien der üblichsten Specksteinarten. Aufgrund dessen können Specksteine als glimmerhaltige Specksteine, chlorithaltige Specksteine etc. definiert werden. Magnesithaltige Varianten sind als Specksteine relativ selten. Der Magnesit trägt jedoch wesentlich zur Erhöhung der Wärmespeicherfähigkeit des Specksteins bei.

Unseren Untersuchungen zufolge besteht das MammuttiStein-Vorkommen aus Steinen des Typs Talk-Magnesit, die von ihrer chemischen und mineralischen Zusammensetzung her ziemlich gleichmäßig sind. Aufgrund der inneren Struktur des MammuttiSteins können aus dem Vorkommen verschiedene Varianten abgegrenzt werden. Wenn die charakteristischen Eigenschaften der verschiedenen Varianten optimal genutzt werden, kann für das MammuttiStein-Material bei der Verwendung in Feuerstätten bedeutende Wertsteigerung erreicht werden.

Oulu, Finnland, den 28.5.2001

Kivitiето Oy



Seppo Gehör  
Dr. Phil., Geologe



Aulis Kärki  
Dr. Phil., Geologe

In der vorliegenden erneuerten Auflage wurde der von Nunnanlahden Uuni Oy registrierte Produktname MammuttiStein eingeführt, womit die Specksteinvarianten des Schürfgiets der Nunnanlahden Uuni Oy gemeint sind.

Wenn man von der Verwendung der neuen Bezeichnung absieht, entspricht diese Erklärung inhaltlich dem ursprünglichen Untersuchungsbericht aus dem Jahre 2001.

Oulu, Finnland, den 31.1.2005

Kivitiето Oy



Seppo Gehör  
Dr. Phil., Geologe



Aulis Kärki  
Dr. Phil., Geologe



