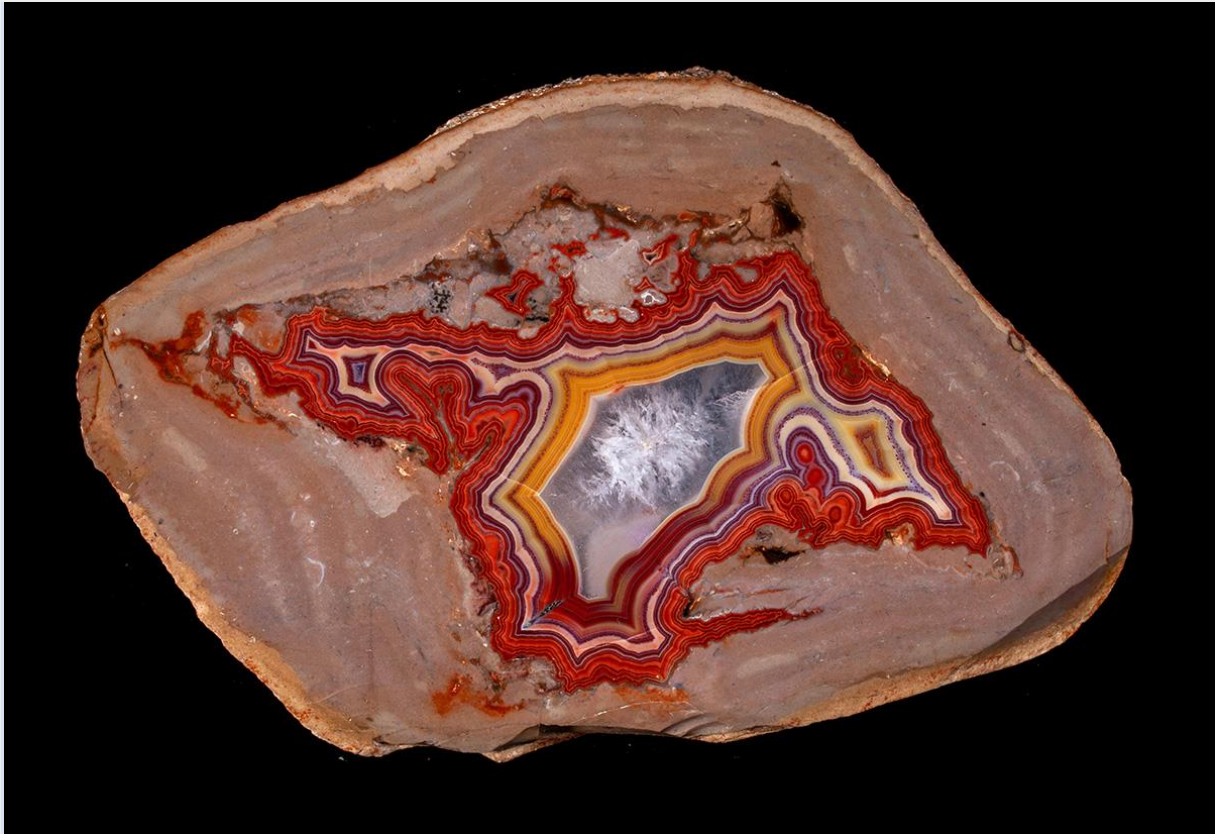


## Achate in Kalkgesteinen

von Douglas Moore, Stevens Point, WI, und Roger Clark (Esq.), Neenah, WI, USA

*(Übersetzung in die deutsche Sprache: Johann Zenz)*



**Achat / Agate. Teepee Canyon, South Dakota, USA. 16.5 cm. Doug Moore collection & photo.**

Die meisten Achate der Welt sind in Vulkangesteinen entstanden und haben Spalten, Hohlräume von Gasblasen, Risse oder andere Hohlformen in Vulkanasche gefüllt. Viele von ihnen werden als „amygdaloidal“ (lateinisch für Mandel) bezeichnet, was sich auf die abgerundete oder längliche Form der Knollen bezieht, die sich in Blasen im Lavagestein gebildet haben. Die Genese von Achaten wird seit über 200 Jahren erforscht. Bis zur zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde in der verfügbaren Literatur von „gebändertem“ Achat (auch bekannt als „Festungsachat“) gesprochen,

wenn Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ ) bereits vorhandene Hohlräume in Vulkangesteinen ausfüllte. Im Gegensatz dazu bildete sich eine kleine Anzahl von Achaten in Sedimentgesteinen, insbesondere im Kalkstein. Unter diesen „Kalkstein-Achaten“ gibt es einige berühmte Arten, die Achat-Liebhabern bekannt sind, wie etwa Kentucky-Achate, Fairburn- und Teepee-Canyon-Achate oder Dryhead-Achate. Andere, weniger bekannte Kalkstein-Achate aus den USA sind die Union Road-Achate, Bear Canyon-Achate, Coldwater-Achate, Keswick-Achate, Crowley Ridge-Achate, Missouri Lace-Achate, Paint

Rock-Achate sowie Puma-Achate (Argentinien) und Dulcote-Achate (England). Nicht in dieser Liste enthalten sind Sedimentachate, die im Sandstein vorkommen. Beispiele für diese Gattung sind Achate aus Unteralfpen bei Waldshut, Deutschland, Achate in Sandsteinformationen entlang von Flüssen bei Kigoma, Tansania, und Sedimentachate aus Nordbayern. Einige dieser Sorten könnten Achate sein, die aus Vulkangestein erodiert und an anderer Stelle wieder abgelagert wurden.

Kalkstein-Achate haben eine innere Struktur, die sich von vulkanischen Achaten oft deutlich unterscheidet. Zum Beispiel zeigen sie breitere Bänder und es fehlen normalerweise Strukturen wie das Schattenachatchphänomen („Wegeler“), Einschlüsse, „Sagenite“, Augen, Röhren und Pseudomorphosen. Unter dem Mikroskop zeigen Teepee-Canyon-Achate abwechselnd Bänder aus faserigem Chalcedon, Pigmentpartikeln und idiomorphen Quarzkristallen.

Im Gegensatz zu vulkanischen Achaten können Kalkstein-Achate Fossilien in ihrer Struktur eingebaut haben. Fossilien wurden in Kentucky-Achaten und Union Road-Achaten gefunden. Bekannte fossile Arten oder Gattungen können ein Marker für das Alter der Formation sein, in der die Achate vorkommen.

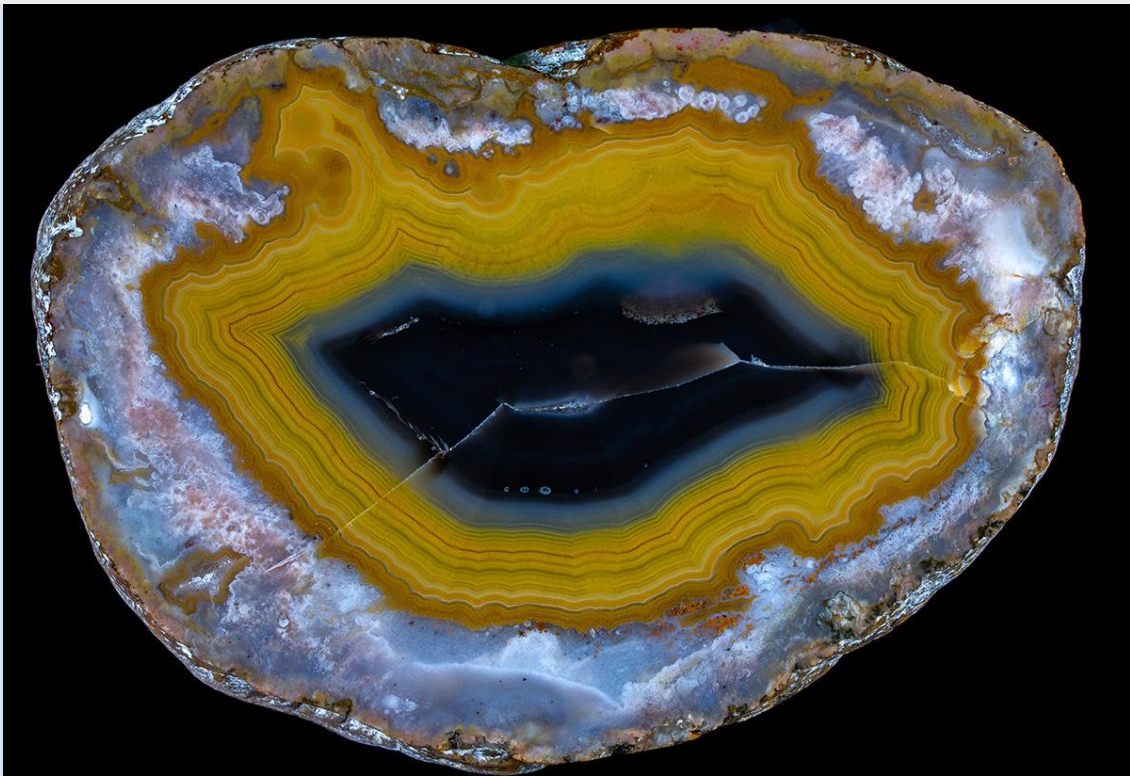
Beispielsweise sind Fossilien von Conodonten und Fusuliniden in einigen Exemplaren von Teepee Canyon-Achaten und Fairburn-Achaten zu finden. Conodonten sind eine ausgestorbene Klasse von Chordaten, einer kieferlosen aalähnlichen Fischart mit großen Augen, Flossenstrahlen und Notochord oder Rückenmark. Die gesamte Familie der Conodonten wurde vor etwa 200 Millionen Jahren in der Trias- bis Jurazeit ausgelöscht. Conodonten gelten als Leitfossilien, die helfen, das Alter einer Formation zu bestimmen.

Gezackte kiefer- oder zahnähnliche Fragmente, die in der Peripherie einiger Teepee Canyon- und Fairburn-Achate zu sehen sind, sind Conodonten-Zähne. Weichere Teile des Conodonten-Körpers waren nicht hart genug, um erhalten zu werden. Fusuliniden sind eine ausgestorbene Ordnung innerhalb der Foraminiferen, deren Schalen aus Calcit bestanden. Sie tauchten erstmals im frühen Karbon vor etwa 318 Millionen Jahren auf und existierten bis zum Perm vor etwa 251 Millionen Jahren.

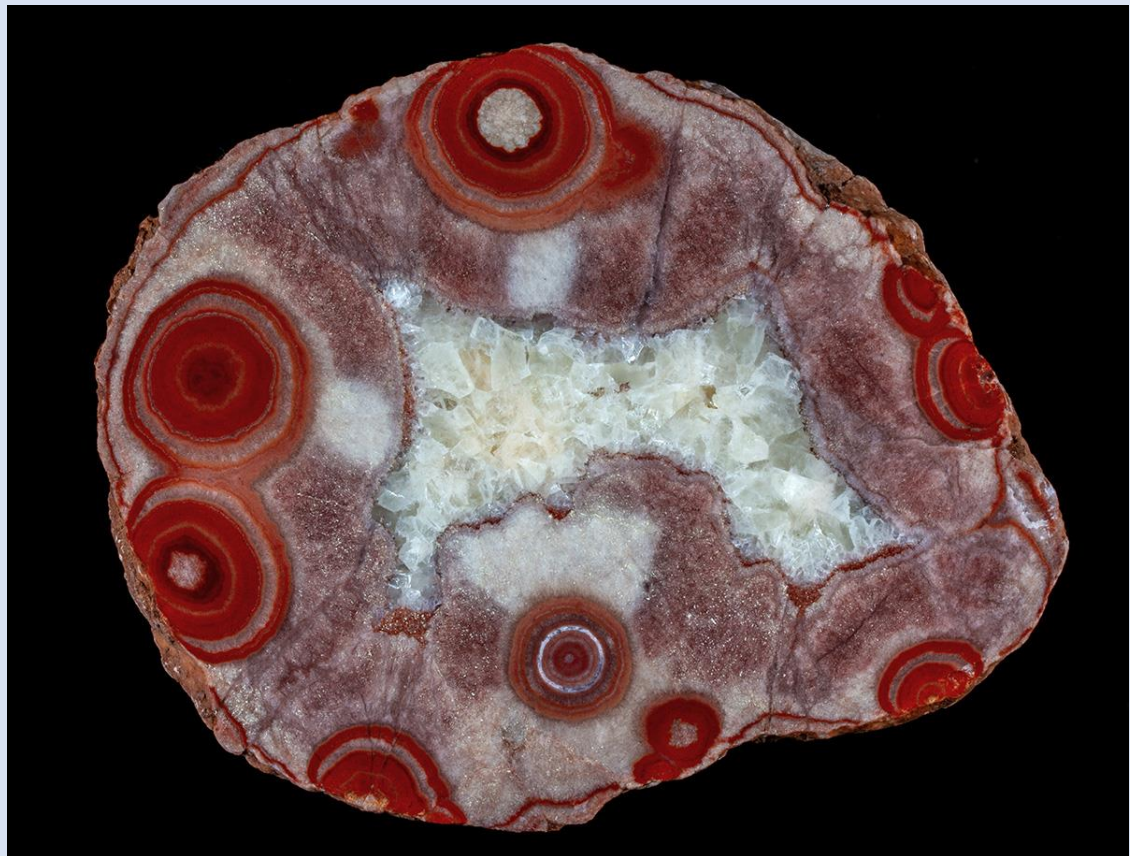


**Mikrofossilien in einem Hills-Achat, South Dakota, USA. 90-fache Vergrößerung. / Micro fossils in Hills agate from South Dakota. 90 x. Doug Moore collection & photo.**

Das meiste Sedimentgestein entsteht durch die Verfestigung von Sedimenten im Meeresboden. Es ist schwierig, die geologische Zeitskala und die Bewegungen der Erdkruste zu verstehen, die dazu führen würden, dass diese jetzt angehobenen und trockenen Orte einst von Ozeanen bedeckt waren. Da sich Ozeansedimente über Millionen von Jahren bilden, kann die Herkunft der Sedimente stark variieren, was zu unterschiedlich großen Partikeln, Farben und Texturen führt.



**Kentucky Agate. Estill County, Kentucky, USA. 10 cm. Doug Moore collection & photo.**



**Dulcote Quarry, Wells, Somerset, England. 14.5 cm. Doug Moore collection & photo.**

Die kilometerdicke Minnelusa-Formation zum Beispiel, die den Fairburn-Achat und sein Gegenstück in den Black Hills, den Teepee-Canyon-Achat, beherbergt, reicht in seiner Zusammensetzung von sehr dichtem Kalkstein bis hin zu Sandstein.

Anstatt Hohlräume zu füllen, die im Kalkstein im Allgemeinen fehlen, wurden Sedimentachate wie der Fairburn-Achat durch Kieselsäure-Ersatz von Karbonatknollen, Fossilien oder Konkretionen gebildet, so die Theorie. Woher kam die Kieselsäure? Zwei Quellen sind möglich: biogene Asche und Flugasche. Biogene Kieselsäure stammt aus Ansammlungen von Kieselalgen, Radiolarien und Schwammnadeln. Flugasche ist das Produkt massiver Vulkanausbrüche. Irgendwann müssen beide Kieselsäurequellen entglast und von dem, was im Wesentlichen Glas ist, in eine Kieselsäurelösung oder ein Gel umgewandelt werden. Da es keine zu füllenden Hohlräume wie bei Basalt gibt, muss sich die Kieselsäure durch scheinbar festes Gestein bewegen, um mit Gipsknollen oder Korallenfossilien zu reagieren und Achat zu erzeugen. Wie dies geschieht, ist weiterhin Gegenstand von Theorien. Der deutsche Achatforscher Michael Landmesser meinte, dass sich monomeres Siliziumdioxid durch scheinbar festes Gestein durch Diffusion durch mikroskopisch kleine Poren bewegt. In den Vereinigten Staaten werden die meisten dieser Achate mit massiven Sedimentgesteinskörpern aus dem Paläozoikum wie der Minnelusa-Formation, der Warsaw-Formation und der Borden-Formation in Verbindung gebracht. Eine besonders begehrte Achatsorte aus dieser Gattung ist der Kentucky-Achat aus dem frühen Mississippi-Zeitalter.

Sammler suchen in Flüssen in den Bezirken Estill, Jackson, Madison, Powell und Rockcastle nach Knollen, die aus dem Cowbell-Schluffstein- und Renfro-Dolomit-Mitgliedern der Borden-Formation



**Union Road, Missouri, USA. 10.5 cm.  
Doug Moore collection & photo.**

ausgewittert sind.

Die Kugeln reichen von Tennisballgröße bis Basketballgröße, und es wird angenommen, dass sie Nachfolgeprodukte von Korallenbildungen sind. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Farben werden Kentucky-Achate nur selten falsch identifiziert. Ein typischer Kentucky-Achat ist senfgelb mit einem grauen oder schwarzen Zentrum. Am wertvollsten sind rote und schwarze Knollen. Es ist jedoch nicht ungewöhnlich, in Kentucky-Achaten grün, rosa und blau zu sehen. Es überrascht nicht, dass der Kentucky-Achat im Jahr 2000 zum „State Rock“ ernannt wurde. Das Buch von Roland L. McIntosh und Warren H. Anderson, „Kentucky Agate: State Rock and Mineral Treasure of the Commonwealth“ enthält Fotos von einigen der feinsten Kentucky-Achat-Exemplare, die bisher gefunden wurden.

Eine weitere berühmte Sediment-Achatsorte ist der Dryhead-Achat aus den Pryor Mountains in Montana, nicht weit vom Bighorn Canyon-Gebiet in Wyoming entfernt.

Laut John Hurst (in seinem Buch „Dryhead Agate“) kommen die Mandeln in Schiefer und Schluffstein vor, die knapp über einem Kalksteingrund in einer relativ dünnen Schicht der Embar-Formation ruhen, einem Untermitglied der viel größeren Phosphoria-Formation des späten Perm (frühes pennsylvanisches Zeitalter). Obwohl es sich um einen Meeresachat handelt, gibt es in den Dryhead-Achate keine Fossilien. Diese Achate erreichen Größen von winzigen 2-Unzen-Nuggets bis zu 6-Pfund-Mandeln und haben ungefähr das gleiche Alter wie Teepee Canyon- und Fairburn-Achate. Dryhead-Achate werden in einem Gebiet in der Nähe des Dryhead Creek in Montana gefunden. Der Name stammt von einem „Büffelsprung“, bei dem Bisons über eine nahe gelegene Klippe getrieben wurden. Nachdem die Kadaver geschlachtet worden waren, platzierten die Crow-Indianer Bisonschädel um die Stätte herum, daher der Name „Dryhead“.



**Dryhead-Achat / Dryhead Agate. 7 cm.  
Doug Moore collection & photo.**

Dryhead-Achate sind bekannt für warme Farben und besonders kräftige Bänder. Bei Spitzenexemplaren können rote und orangefarbene Bänder von anderen in Weiß, Gelb und Grau begleitet werden.

Laut John Hurst wurden gelegentlich schwarz-weiße und blaue Dryhead-Achate an weiteren kleineren Fundstellen im Gebiet der Pryor Mountains gefunden, einschließlich des Crow-Indianerreservats. Spuren von Uransalzen lassen diese und viele andere Kalkachate unter kurzweiligem UV-Licht grün fluoreszieren. „Rockhounds“ sammeln und graben seit über 50 Jahren Dryheads in der Dryhead-Achatmine. Der Claim wechselte viele Male den Besitzer. Von Sammlern wurde ab 1957 eine Gebühr eingehoben. Seit 1975 wurde schweres Gerät zum Abtragen des Abraums und zum Ausheben der Achatschichten eingesetzt. Der letzte Claiminhaber war Mark Boche aus Norfolk, Nebraska. Die Fundstelle ist derzeit für das Sammeln geschlossen. Trotz Gerüchten, dass das Gebiet in ein Wildpferdreservat oder eine andere Nutzung umgewandelt werden soll, ist derzeit zu vernehmen, dass sich bisher niemand daran interessiert gezeigt hat, um einen neuen Pachtvertrag mit dem Landbesitzer auszuhandeln.

Ungefähr zwanzig Meilen südwestlich der Dryhead-Mine befindet sich ein Vorkommen, in dem Bear Canyon-Achat, manchmal auch „schwarz-weißer Dryhead“ genannt, gefunden wird. Doug True, Bear-Canyon-Achat-Experte und Autor eines Artikels über diese Achate im Magazin Rock & Gem, gibt an, dass die Quelle dieselbe Embar-Formation ist, in der die Dryhead-Achate vorkommen. Bear Canyon-Achate werden als Mandeln und Gangachate aus der gleichen Schicht gegraben. Wie die meisten anderen Kalkstein-Achate fluoresziert diese relativ seltene Sorte aufgrund von Spuren von Uransalzen grün. Mit seinem Sedimentgestein ist Iowa die Heimat von Keokuk-Geoden, Fossilien und mindestens zwei Arten von einheimischen Achaten: Coldwater und Keswick.



**Coldwater-Achat / Agate. Benton County, Iowa, USA. 8.5 cm. Doug Moore collection & photo.**

Der „Kaltwasser“-Achat aus den Bezirken Black Hawk, Bremer und Benton stammt aus devonischen Kalksteinen. Gedämpfte Grau-, Blau-, Weiß- und Cremefarben dominieren, und diese Steine fluoreszieren unter kurzwelligem ultraviolettem Licht blassgelb. Calcit findet sich oft im Zentrum dieser Achatknollen.

Der farbenprächtigere Keswick-Achat aus Iowa wurde im Kalkstein der Warsaw-Formation aus dem Mississippi-Zeitalter gebildet, der etwa 340 Millionen Jahre alt ist. Große Exemplare in Museumsqualität, die aus dem gleichnamigen Steinbruch geborgen wurden, können Drusenzentren haben. Keswick-Achate können neben

hellgelben und grauen Farben auch rote und weiße Streifen aufweisen.

Ähnlich diesen Achaten ist eine Art, die 1964 beim Bau der Union Road in der Nähe von St. Louis, Missouri, entdeckt wurde. Union Road Achate stammen aus dem Spargen-Kalkstein aus dem Mississippi-Zeitalter. In den Knollen können Baryt, Calcit, Chalkopyrit, Dolomit, Goethit, Malachit, Markasit und Amethyst vorkommen. Viele verkieselte Korallenfossilien wurden bei den Arbeiten gefunden, als die Achate freigelegt wurden. Kieselsäure infiltrierte Kalkknollen oder Fossilien und führte so zur Achatbildung.

Kalkstein-Sedimentachate kommen an anderen Orten weltweit vor. Dulcote Geoden oder „Kartoffelachate“ aus den Mendip Hills in der Nähe von Somerset, England, werden nicht mit anderen Arten verwechselt, insbesondere nachdem sie auf dem Cover der Septemбераusgabe 1977 des Lapidary Journal abgebildet waren. Diese marinen Sedimentachate aus Konglomeraten der späten Trias sind Calcitknollen, die durch Kieselerte ersetzt wurden.

Puma-Achate werden in West-Zentral-Argentinien in der Nähe der Stadt Malargüe in der Hochwüste nahe der Grenze zu Chile gefunden. Der Name Puma wurde von Luis de los Santos geprägt, der glaubte, dass diese Achate ehemalige Korallenfossilien sind, wie es bei den Kentucky-Achaten der Fall ist. Die besten Puma-Exemplare sind leuchtend orange, blau, rot und schwarz und ähneln in ihrer Struktur Kentucky-Achaten.

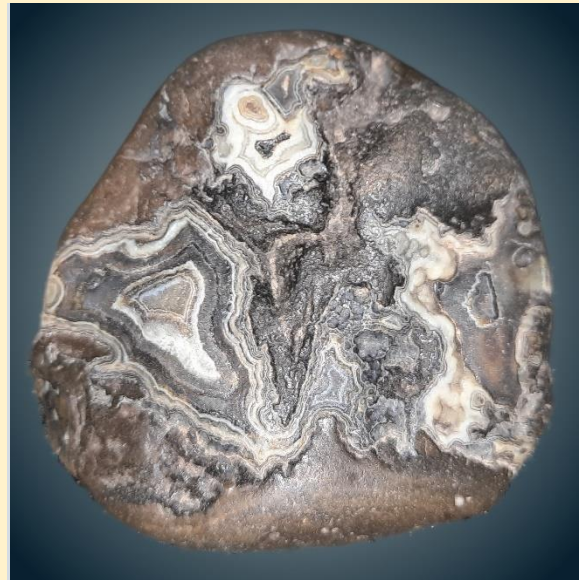
Ähnliche Bildungen sind unter dem Handelsnamen „Samyta-Achate“ zum Beispiel auch von der Belen Mine in der Sierra del Chachahuen bekannt.



**Samyta-Achat / Agate. Sierra del Chachahuen, Argentina. 11 cm. Douglas Moore collection & photo.**

Der berühmteste Sedimentachate der Vereinigten Staaten ist der Fairburn-Achat. Er kann im Westen von South Dakota und im Nordwesten von Nebraska gesammelt werden. Es wird auch angenommen, dass er

der seltenste Kalksteinachate der westlichen Hemisphäre ist. In einem jahrzehntealten Artikel im Lapidary Journal schätzte June Culp Zeitner, dass einer von 3000 Steinen, die in den Graslandschaften/Badlands gesammelt wurden, ein Fairburn-Achat sein könnte.



**Fairburn-Achat / Agate. South Dakota, USA. 8 cm. Hannes Holzmann collection & photo.**

Zu dieser Zeit war der Ursprung der Achate unbekannt und ihre Entdeckung in den Kiesbetten der Grasländer/Badlands war Gegenstand vieler Spekulationen. Obwohl Sammler den schönen Festungsachate aus dem Teepee Canyon und dem Custer State Park kannten, wurden diese Achate aus den Black Hills von den Fairburns unterschieden, weil sie dachten, Fairburns seien keine Sedimentachate, und bezeichneten die Achate aus den Black Hills daher als „Kalkstein“-Achate. Es ist jedoch jetzt bekannt, dass die Fairburns der Grasländer/Badlands aus denselben Kalksteinformationen erodierten wie die Achate des Teepee Canyons und des Custer State Parks. Die Erforschung des Ursprungs der Fairburns war wegen der durch die Hebung der Black Hills verursachten Vielfalt der Ablagerungen problematisch.

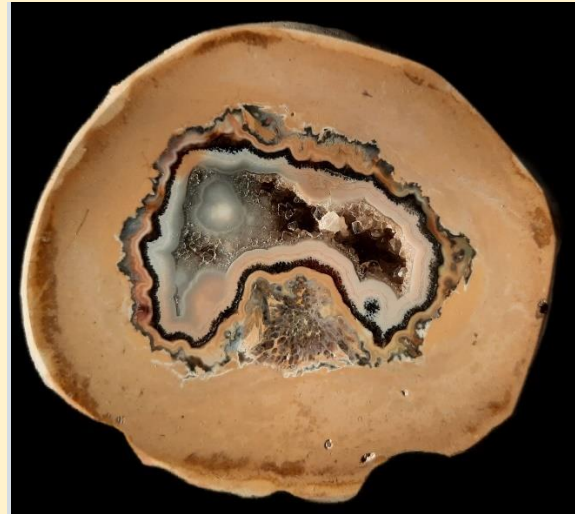
Der Minnelusa-Kalkstein, das Muttergestein des Fairburnachates, entstand vor über 250 Millionen Jahren aus Meeressedimenten. Die Anhebung der Black Hills vor 65 bis 30 Millionen Jahren erodierte achathaltigen Kalkstein in die Graslandschaften/Badlands und bildete eine Sand- und Kiesschicht, die als Chadron-Formation bekannt wurde, und nach erneuter Erosion an der Oberfläche zu den Fairburn-Achatbetten wurde. Ein tragisches Ereignis mit unerwarteten Folgen ereignete sich im Jahr 2000: Ein verärgerter Mitarbeiter des U.S. Forest Service entfachte ein Feuer, das 83.000 Morgen Ponderosa-Kiefernwald nördlich des Jewel Cave National Park niederbrannte. Der Wald und der Waldboden aus Nadeln und Schutt hatten die Landschaft für Hunderte von Jahren bedeckt. Bald entdeckten die örtlichen Rockhounds frische Aufschlüsse des achathaltigen Minnelusa-Kalksteins, der durch das Feuer freigelegt wurde. Die aus dem Kalkstein gegrabenen Achatknollen bestätigten, dass die Achate der Grasländer/Badlands tatsächlich Kalksteinachate waren. Es wird geschätzt, dass etwa 400 Quadratmeilen der Minnelusa-Formation erodiert und südlich und östlich der Black Hills abgelagert wurden.



**Fairburn-Achat / Agate. South Dakota, USA. 10 cm. Hannes Holzmann collection & photo.**

Die in den Black Hills gesammelten Achate weisen Farben auf, die sie von den bekannten Teepee Canyon- und Custer

State Park-Achate unterscheiden, die seit über 50 Jahren abgebaut wurden. Nach dem Brand war es nicht ungewöhnlich, dass ein erfahrener Achatsucher auf einem einzigen Ausflug genug Knollen ausgrub, um einen Rucksack zu füllen.



**Union Road, Missouri, USA. 9 cm. Hannes Holzmann collection & photo.**

Die Minnelusa-Formation aus dem Mississippi-Pennsylvanian-Zeitalter ist einer der Ringe aus Sedimentgestein, auf die man stößt, wenn man vom östlichen Rand der Black Hills zum Mount Rushmore reist, wo sich der Granitkern über den Kalkstein erhebt. Ein weiterer dieser Kalksteinringe ist die Madison-Formation, die zahlreiche Höhlen beherbergt, darunter die Jewel Cave und die Wind Cave. In der Madison-Formation sind jedoch keine Achate zu finden. In der Minnelusa-Formation selbst wird die achatführende Schicht auf eine Dicke von 300 bis 1200 Fuß geschätzt. Laut Robert Proctor, Achathistoriker der Stanford University, gibt es weltweit mindestens tausend Orte, an denen Achate gefunden werden. Als Teil dieser weit verbreiteten Vielfalt sind Kalkstein-Achate ein Beweis dafür, dass sich Achate in verschiedenen Umgebungen und durch verschiedene Prozesse bilden können.



## The Limestone Agates

by Douglas Moore, Stevens Point, WI, and Roger Clark (Esq.), Neenah, WI, USA

Most of the world's agates formed in volcanic rock, filling cavities, gas bubble voids, cracks or molds made of volcanic ash. Many of these are called amygdaloidal, Latin for almond, referring to the rounded or elongated shape of nodules that formed in vesicles in lava rock. Agate formation or genesis has been studied for over 200 years, but up to the latter part of the 20<sup>th</sup> century, the research and literature available (pre-internet) referred to "banded" agate (also known as "fortification agate") as occurring when silica – SiO<sub>2</sub> filled pre-existing openings in volcanic rock.

In contrast, a small number of agate varieties formed in sedimentary rock, specifically limestone. Among these limestone agates are several iconic varieties well-known to agate aficionados. Think of Kentucky Agate, Fairburn and Teepee Canyon Agate, and Dryhead Agate. Other less well-known limestone agates include Union Road Agate, Bear Canyon Agate, Coldwater Agate, Keswick Agate, Arkansas Crowley Ridge Agate, Missouri Lace Agate, Tennessee Paint Rock Agate, Puma Agate (Argentina), and Dulcote Agate (England). Not included in this list are sedimentary agates that occur in sandstone. Examples of that genre include agates from Unteralfpen, near Waldshut, Germany; agates in sandstone formations along the river in Kigoma, Tanzania and sedimentary agates from Northern Bavaria, Germany. Some of these varieties may be "float" agates that were eroded from volcanic rock and deposited elsewhere.

These limestone agates have an interior structure that differs from volcanic agates. For example, they have wider bands and

usually lack structures like shadow banding, inclusions, sagenite, eyes, tubes and pseudomorphs. Under the microscope, Teepee Canyon agates show alternating bands of fibrous chalcedony, pigment particles and euhedral quartz crystals.



**Detail. Teepee Canyon, South Dakota. 63 x. Doug Moore collection and photo.**

Unlike volcanic agates, limestone agates may have fossils incorporated into their structure. Fossils have been found in Kentucky Agates and Union Road Agates. Well-known fossil species or genera can be a marker of the age of the formation in which the agates occur. For example, fossils of Conodonts and Fusulinids are seen in some specimens of Teepee Canyon Agate and Fairburn Agate. Conodonts are an extinct class of Chordates, a jawless eel-like fish with large eyes, fin rays and notochord or spinal cord. The entire class of Conodonts were wiped out around 200 million years ago in the Triassic to Jurassic Periods. Conodonts are considered an index fossil that helps determine the age of a formation. Jagged jaw-like or teeth-like fragments seen in the periphery of some Teepee Canyon and Fairburn Agates are Conodont teeth.

Softer parts of the Conodont body were not hard enough to be preserved. Fusulinids are an extinct order within the Foraminifera whose shells were made of calcite. They first appeared in the early Carboniferous era, around 318 million years ago and persisted until the Permian age, around 251 million years ago.



**Mikrofossilien in einem Achat vom Teepee Canyon, South Dakota, USA. 50-fache Vergrößerung. / Micro fossils in Teepee Canyon agate from South Dakota. 50 x. Doug Moore collection & photo.**

Most sedimentary rock is formed by the consolidation of sediment in the bottom of the ocean. It is difficult to comprehend the geologic time scale and movements of the earth's crust that would cause these now uplifted and dry locations to have once been covered by oceans. Because ocean sediment forms over millions of years the source of the sediment can vary greatly, resulting in different sized particles, colors and textures. For example, the mile-thick Minnelusa Formation, host to the Fairburn Agate and its Black Hills counterpart, Teepee Canyon Agate, ranges in composition from very dense limestone to sandstone. Instead of filling cavities, which limestone generally lacks, sedimentary agates like the Fairburn were formed by silica replacement of carbonate nodules, fossils or concretions, so the theory goes.

Where did the silica come from? Two sources are possible, biogenic and air-fall ash. Biogenic silica comes from accumulations of diatoms, radiolarians and sponge spicules. Air-fall ash is the product of massive volcanic eruptions. At some point both sources of silica need to devitrify and change from what is essentially glass to a silica solution or gel. Because there are no voids to fill as there are in basalt, the silica needs to move through seemingly solid rock to react with gypsum nodules or coral fossils in order to create agate. How this happens continues to be the topic of theories. German agate researcher Michael Landmesser proposed that monomeric silica moves through seemingly solid rock by diffusion through microscopic pores.

In the United States most of these agates are associated with massive sedimentary rock bodies from the Paleozoic Era like the Minnelusa Formation, the Warsaw Formation and the Borden Formation. An especially celebrated agate variety from this genre is Kentucky Agate of early Mississippian age. Collectors search fast-moving streams in Estill, Jackson, Madison, Powell and Rockcastle Counties for nodules that weathered out of the Cowbell Siltstone and Renfro Dolomite members of the Borden Formation. Nodules range from tennis ball size to basketball size and are believed to be replacement of coral heads. Because of their distinct colors, Kentucky Agates are rarely misidentified as something else. A quintessential Kentucky Agate is mustard yellow with a gray or black center.

Most prized are red and black nodules. However, it is not unusual to see green, pink, and blue in Kentucky Agates. Not surprisingly, the Kentucky Agate was designated the state rock in 2000. The book by Roland L. McIntosh and Warren H. Anderson, "Kentucky Agate: State Rock and Mineral Treasure of the Commonwealth"

contains photos of some of the finest Kentucky Agate specimens in existence. Another famous sedimentary agate variety is Dryhead Agate, from the Pryor Mountains of Montana not far from the Bighorn Canyon area of Wyoming. According to John Hurst in his book, "Dryhead Agate," nodules occur in shale and siltstone resting just above a limestone bedrock floor in a relatively thin layer of the Embar Formation, a sub-member of the much larger Phosphoria Formation of late Permian-Early Pennsylvanian age. Though a marine agate, fossils are non-existent in Dryheads. Ranging from tiny two-ounce nuggets to six-pound nodules, these agates are the same approximate age as Teepee Canyon and Fairburn agates. Dryhead Agates are found in an area near Dryhead Creek, Montana. The name comes from a buffalo jump, where bison were run off a nearby cliff. After the carcasses were butchered, the Crow Indians placed bison skulls around the site, hence the name "Dryhead."

Dryhead Agates are known for warm colors and bold banding. In top specimens, red and orange bands may be accompanied by others in white, yellow and gray. According to John Hurst, rare black and white Dryheads and blue Dryheads have been found in sub-locations in the general area of the Pryor Mountains, including the Crow Indian Reservation. Trace amounts of uranium salts cause these and many other limestone agates to fluoresce green under shortwave ultraviolet light. Rockhounds have been collecting and digging Dryheads at the Dryhead Agate Mine for over 50 years. The claim changed hands many times. Diggers were charged a fee beginning in 1957. Since 1975, heavy equipment was used to remove the overburden and excavate the agate beds. The last holder of the claim was Mark Boche of Norfolk, Nebraska. The site is currently closed to collecting. Despite

rumors about the area being turned into a wild horse preserve or other use, the latest report is that no one has come forward to negotiate a lease with the landowner. Located approximately twenty miles to the southwest of the Dryhead Mine is the bedrock where Bear Canyon Agate, sometimes called "black and white Dryhead" is found. Doug True, Bear Canyon Agate aficionado and author of an article on the agates in *Rock & Gem*, states that the source is the same Embar Formation in which the Dryhead Agates occur. Bear Canyon Agates are dug as nodules and vein agate pieces from the same layer. Like most other limestone agates, this relatively rare variety fluoresces green due to trace amounts of uranium salts.



**Achat / Agate. Union Road, Missouri, USA. 7.8 cm. Doug Moore collection & photo.**

With its sedimentary bedrock, Iowa is home to Keokuk Geodes, fossils and at least two kinds of native agate: Coldwater and Keswick. Coldwater Agate, from Black Hawk, Bremer and Benton Counties, comes from Devonian limestones. Muted grays, blues, white and cream colors predominate, and these stones fluoresce pale yellow under shortwave ultraviolet light. Calcite is often found in the center of these agate nodules.



**Dryhead-Achat / Dryhead Agate. 9.7 cm. Doug Moore collection & photo.**



**Dulcote Quarry, Mendip Hills, Wells, Somerset, England. 9.5 cm. Doug Moore collection & photo.**

Iowa's more colorful Keswick Agate formed in limestone of the Mississippian-age Warsaw Formation, about 340 million years old. Large, museum-quality specimens freed from the quarry of the same name may have geode centers. Keswick Agates may have red and white banding along with pale yellow and gray colors.

Like the Iowa agates is a variety discovered in 1964 during the construction of the Union Road near St. Louis, Missouri. Union Road Agate originated in the Spergen Limestone of Mississippian age. Nodules may include barite, calcite, chalcopyrite, dolomite, goethite, malachite, marcasite and amethyst. Many silicified coral fossils were found in the excavation that unearthed the agates. Silica infiltrated limy nodules or fossils to form the agate.

Limestone sedimentary agates occur in other locations worldwide. Dulcote Geodes, or "potato agates" from the Mendip Hills of Somerset, England are not confused with any other kind, especially after having been featured on the cover of the September, 1977 issue of the Lapidary Journal. These marine sedimentary agates, from conglomerates of late Triassic age, are calcite nodules that were replaced by silica.

Puma Agates are found in west central Argentina, near the city of Malargüe in the high desert near the border with Chile. The Puma name was coined by Luis de los Santos, who believes these agates to be replacement of coral fossils as the case with Kentucky Agates. The best Puma specimens are vivid orange, blue, red and black and resemble Kentucky Agates in structure. Similar agates are known under the trade name "Samyta agates", for example from the Belen mine, Sierra del Chachahuen area, Argentina.

The most celebrated sedimentary agate of the United States is the Fairburn agate. It can be collected in Western South Dakota

and Northwestern Nebraska. It is also believed to be the rarest limestone agate in the western hemisphere. In a decades-old article in the Lapidary Journal, June Culp Zeitner, estimated that one in every 3000 rocks picked up in the grasslands/badlands might be a Fairburn Agate. At that time the origin of the agates was unknown and their discovery in the gravel "beds" of the grasslands/badlands was the subject of much speculation. Even though collectors were aware of beautiful fortification agates from Teepee Canyon and Custer State Park, these agates from the Black Hills were distinguished from the Fairburn because they thought Fairburns were not sedimentary agates and referred to the agates from the Black Hills as "limestone" agates. However, it is now known that the Fairburns of the grasslands/badlands were eroded from the same limestone formation as the Teepee Canyon and Custer State Park agates. The origin of the Fairburns had been problematic because of the confusion of deposits caused by the Black Hills uplift. The Minnelusa limestone, host to the Fairburn, originated in ocean sediment over 250 million years ago (mya).

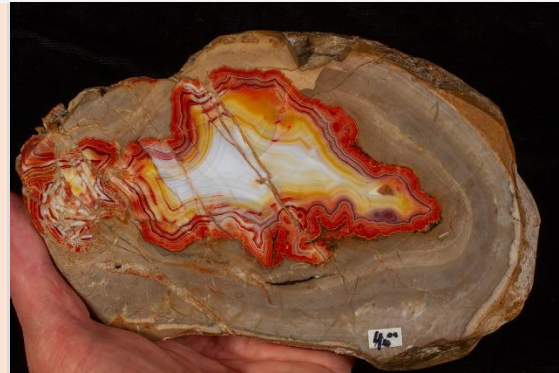


**Puma- Achat / Puma Agate. Malargüe, Argentina. 9.5 cm. Doug Moore collection & photo.**

The Black Hills uplift, between 65 and 30 million years ago eroded agate-bearing limestone into the grasslands/badlands forming a sand and gravel layer that became known as the Chadron formation, which when eroded again at the surface became the Fairburn agate beds.

A tragic occurrence, with unanticipated consequences, took place in the year 2000. A disgruntled employee of the U.S. Forest Service started a fire that burned 83,000 acres of Ponderosa Pine forest just to the north of Jewel Cave National Park. The forest and the forest floor of needles and debris had covered the landscape for 100's of years. Soon, the local rockhounds discovered exposures of the Minnelusa agate-bearing limestone laid bare by the fire. The agate nodules dug out of the limestone confirmed that the agates of the grasslands/badlands were, indeed, limestone host agates. It is estimated that 400 square miles of Minnelusa was eroded and deposited south and east of the Black Hills. The agates collected in the Black Hills display colors that differentiate them from the well-known Teepee Canyon and Custer State Park agates that had been mined for over 50 years. After the fire it was not uncommon for an experienced agate hunter to dig enough nodules to fill a backpack in a single outing.

The Mississippian-Pennsylvanian age Minnelusa Formation is one of the rings of sedimentary bedrock that you encounter when traveling from the eastern edge of the Black Hills toward Mount Rushmore where the granite core rises above the limestone. Another of these rings of limestone is the Madison Formation, which is host to numerous caves including Jewel Cave and Wind Cave. However, there are no agates to be found in the Madison Formation.



**Achat / Agate. Teepee Canyon, South Dakota, USA. 15 cm. Doug Moore collection & photo.**

Even in the Minnelusa Formation, the agate bearing layer is estimated to be from 300 to 1200 feet thick.

Around the world, there are at least one thousand locations where agates are found, according to Robert Proctor, Stanford University agate historian. As part of this widespread diversity, limestone agates are proof that agates can form in different environments and through different processes.



**Fairburn-Achat / Agate. South Dakota, USA. 9 cm. Hannes Holzmann collection & photo.**

## Literatur / References

Briggs, D. (1992): Conodonts: a major extinct group added to the vertebrates. *Science* 256 (5061): 1285–1286.

Chowns, T. M. & Elkins, J.E. (1974): The origin of quartz geodes and cauliflower cherts through the silicification of anhydrite nodules. *Journal of Sedimentary Petrology* 44:885-903

Clark, R. (2009): Fairburn Agate, South Dakota State Gemstone. Silverwind Agates, Appleton, Wisconsin. 130 pp.

Cross, B. & Zeitner, J.C. (2006): Geodes, Nature's Treasures. Gem Guides Book Co., Baldwin Park, CA. 292 pp.

Götze, J. et al. (2009): Characteristics and origin of sedimentary rocks from the Dryhead area, Montana, USA. *Mineralogical Magazine*: August, 2009: 673-690.

Hurst, J. T. (2012): Dryhead Agate. Agate Treasures, Schatzkammerachate Publishing, Boulder, Colorado. 90 pp.

Jacka, A. D. (1974): Replacement of fossils by length-slow chalcedony and associated dolomitization. *Journal of Sedimentary Petrology* 44:421-427.

Landmesser, M. (1998): Mobility by metastability in sedimentary and agate petrology applications. *Geochemistry* 58:1-22

Loeblich, A. R.; Tappan, H. & Moore, R.C. (1964): ed. Sarcodina Chiefly "Thecamoebians" and Foraminifera. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. (5th ed.). Geological Society of America. ISBN 978-0-8137-3003-5.

McIntosh, R.L. & Anderson, W.H. (2013): Kentucky Agate: State Rock and Mineral Treasure of the Commonwealth. University Press of Kentucky.

Menzel, M. & Pratt, M. (1962): Coldwater Agate, New Iowa Material. *Lapidary Journal* 16(5):532-533.

Moore, R. (2009): Kentucky Agate. *Rock & Gem* 39(11): 12-16, November, 2009.

Moxon, T. (2009): *Studies on Agate*. Terra Publications, Doncaster, England. 90 pp.

Ozment, C. M. (1966): Beautiful banded agate found near St. Louis, Missouri. *Lapidary Journal* 20(1):106-107.



Pabian, R. K. & Zarins, A. (1994): Banded agates: origins and inclusions. Educational Circular #12, Conservation and Survey Division, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska – Lincoln.

Proctor, R. (2001): Anti-Agate. The great diamond hoax and the semi-precious stone scam. Configurations: February, 2001.

Raines, T. B. (1984): Nodules and pseudomorphs of fossil origin. Lapidary Journal 38(5):674-681.

Sinotte, S. R. (Publication date unknown): The Fabulous Keokuk Geodes, Vol. II.

Sweet, W. C. (1988): The Conodonta: morphology, taxonomy, paleoecology and evolutionary history of a long-extinct animal phylum. *Oxford Monographs on Geology and Geophysics* (10): 1–211.

Van Moppes, M. (1977): The Dulcote geode and agate mine of Southern England. Lapidary Journal 31(6):1290-1294.

Zeitner, J.C (1973): Facts about Fairburns. Lapidary Journal 27(5):752-755, 772-777. August, 1973.