

Quelltuff in Vorarlberg – Bildung, Verwendung, materialtechnische Eigenschaften

von Michael Unterwurzacher, Beate Rüt und Diethard Sanders

Zu den Autoren

Mag. Michael Unterwurzacher, geboren 1975 in Innsbruck/Tirol, Studium der Geologie und Paläontologie an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck, tätig im Rahmen eines FWF Projektes mit dem Titel «Mineralogical – Material Technical and Geochemical Investigations on Marbles of Northern, Eastern and South Tyrol», Projektleitung (gem. mit Dr. Sanders) des inatura-Forschungsprojektes «Quelltuff in Vorarlberg – Verwendung, Bildung und materialtechnische Eigenschaften».

Beate Rüt, geboren 1980 in Au/Vorarlberg, studiert Geologie und Paläontologie an der Leopold-Franzens-Universität in Innsbruck. Diplomarbeit über «Quelltuff in Vorarlberg – Verwendung, Bildung und materialtechnische Eigenschaften» bei Prof. D. Sanders.

Ao. Univ. Prof. Dr. Diethard Sanders, geboren 1960 in Hall in Tirol, studierte Geologie und Paläontologie an der Universität Innsbruck und absolvierte seine Dissertation an der ETH Zürich. Seit 1994 Vertragsassistent, seit 1998 Assistent (Habilitation 2000) am Institut für Geologie und Paläontologie in Innsbruck.

Abstract

In the frame of a research project on calcareous tufa (spring tufa) in Vorarlberg (Western Austria) the formation, use in masonry and material properties of this material are investigated. Spring tufas consist mainly of calcium carbonate that forms by precipitation at and some distance downstream the emergence of a spring. Spring waters become supersaturated for calcium carbonate mainly by CO₂-degassing and by biological processes, such as photosynthesis. Not all spring waters, however, are sufficiently rich in dissociated CO₂ and calcium ions to allow for calcium carbonate precipitation.

Because of its capability to «re-grow» after quarrying and its excellent workability, in Vorarlberg, calcareous tufa is a traditional building stone; another advantage of the material is its toughness relative to its weight. Calcareous tufa has been used in masonry of castles, churches and profane buildings, especially the walls of foundations and for architectural decorative elements.

Investigations into the material properties of spring tufa show that it is characterized by very high porosities and extremely rapid water uptake, yet has a high resistance to physical weathering by frost action (or by freeze-thaw cycles).

Keywords: calcareous tufa, Vorarlberg, Austria

VORARLBERGER
NATURSCHAU
19
SEITE 207–224
Dornbirn 2006



Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes über Quelltuffe (Kalktuffe) in Vorarlberg werden Bildung, Verwendung und materialtechnische Eigenschaften wichtiger Vorarlberger Kalktuffe untersucht.

Quelltuffe bestehen überwiegend aus Kalziumkarbonat, das sich an einem Quellaustritt sowie auch im weiteren Verlauf des Baches flussabwärts bildet. Quellwässer werden – bedingt durch Kohlendioxidgasung beim Austritt und biologische Prozesse, wie z.B. Photosynthese – an Kalziumkarbonat übersättigt, wodurch es zur Bildung von Kalktuffen kommt. Selbstverständlich sind jedoch keineswegs alle Quellwässer entsprechend reich an gelöstem CO₂ und Kalziumionen, dass Kalziumkarbonat ausgefällt werden kann.

Quelltuff hat in Vorarlberg eine lange bauhistorische Tradition, da er erstens ein häufig vorkommendes, leicht gewinnbares und von selbst wieder «nachwachsendes» Baumaterial ist, zweitens ein im Vergleich zu seinem Gewicht sehr belastbares und leicht bearbeitbares Material (ähnlich Schaumbeton) darstellt. Daher wurde er in Burgen, Kirchen und Häusern, v.a. für Grundmauern und Architekturelemente verwendet.

Materialtechnische Untersuchungen an den Kalktuffen zeigen sehr hohe Porositäten, extrem rasche Wasseraufnahme, jedoch große Beständigkeit bezüglich Frost-Tau-Wechseln.

1. Einleitung und Problemstellung

Ziel dieses Forschungsprojektes der Institute für Mineralogie und Petrographie sowie Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck ist eine Bearbeitung der Vorarlberger Kalktuffvorkommen. Dieses Projekt wird von der inatura – Vorarlberger Naturschau unterstützt und dauert zwei Jahre (2004, 2005).

Obwohl in Vorarlberg Kalktuffe bereits seit Jahrhunderten als Bausteine eingesetzt werden, existiert hier noch keine eingehendere Bearbeitung dieser Gesteinsart. Dieses Forschungsprojekt setzt sich zum Ziel, grundlegende Informationen über die Vorarlberger Quelltuffe zu erheben. Das Projekt umfasst drei Themenfelder:

- 1) Grundlagen der Quelltuff-Bildung,
- 2) Bauhistorische Aspekte,
- 3) Materialkundliche Aspekte.

Für diesen Zweck werden nicht nur Vorkommen und ehemalige Abbaustandorte im Gelände, sondern auch Kulturdenkmäler bearbeitet, bei welchen Quelltuff verwendet wurde. Ein Ziel des Projektes ist es, durch Betrachtung heutiger Quelltuff-Vorkommen Kriterien zu finden, mittels derer sich in Gebäuden verbauete Tuffe ihrem Herkunftsgebiet zuordnen lassen. Die Bildungsbedingungen werden anhand unterschiedlicher Methoden untersucht, wie z.B. Geländeaufnahmen, Dünnschliffen usw.. Mittels sedimentologischen Untersuchungen sowie geochemischen und isotopengeologischen Aufnahmen werden die einzelnen Tuffe charakterisiert sowie eine Abgrenzung gegeneinander versucht. Weiters

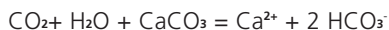
werden zur Charakterisierung der Wässer, aus denen aktiv Kalktuff gefällt wird, pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit und Karbonathärte gemessen. Neben einer geologischen Neuaufnahme einiger ausgewählter Vorkommen stellt die materialtechnische Charakterisierung der Kalktuffe einen weiteren Schwerpunkt dar. Die Beständigkeit der verschiedenen Tuffe gegenüber Witterungseinflüssen wird im Labor ermittelt. Hierbei werden unter anderem die Wasseraufnahme von Gesteinswürfeln bestimmt, Frost-Tau-Wechsel simuliert und Porenvolumina ermittelt. Es wird untersucht, ob sich die Quelltuffe der verschiedenen Vorkommen und Bauwerke in diesen Eigenschaften unterscheiden oder identisch sind.

2. Was ist Quelltuff (Kalktuff)?

Nach MURAWSKI & MEYER (2004) wird Quelltuff als Sinter definiert: «*Sinter: m., mineralische Ausscheidung an Quellaustritten, die sich durch Entweichen von CO₂, Änderungen von Druck und Temperatur oder durch Mitwirkung von Pflanzen bildet; z.B. Kalktuff, Kalksinter, Travertin, Sauerkalk, Kieselsinter*». Außerdem wird Tuff wie folgt definiert: «*Tuff: 1) vulkanischer Tuff, 2) Kalktuff (Sinter), ein nichtvulkanisches Produkt, dessen Benennung als «Tuff» vielfach zu Irrtümern geführt hat. Diese Bezeichnung dürfte sich von «duffig» (mundartl. = locker) ableiten.*»

3. Bildung von Kalktuff

Die Lösung und Fällung von Kalziumkarbonat lässt sich vereinfacht beschreiben mit:



Diese Gleichung ermöglicht ein allgemeines Verständnis sowohl der marinen als auch der limnischen Kalkfällung (MILLIMAN 1974, cf. CHEN et al. 2004). Wird einer mit Kalziumkarbonat gesättigten Lösung CO₂ zugeführt, dann verschiebt sich das Gleichgewicht nach rechts, es kommt also zur Lösung von Kalk. Wird dagegen (bei Gleichgewicht für Kalziumkarbonat) CO₂ entzogen, kommt es zur Fällung.

Voraussetzung zur Bildung von Kalktuff ist Wasser, das für Kalziumkarbonat stark übersättigt ist. Das Wasser gelangt ursprünglich durch Niederschlag in den Boden und von dort in das Gestein. Im Boden wird es mit CO₂ aus der Bodenatmosphäre angereichert, das Wasser gewinnt also an Lösungsvermögen für Kalziumkarbonat (siehe oben). Sickert das Wasser in ein Gestein mit reichlich feinkörnigem Kalziumkarbonat (Gletschermoräne, Mergel, Phyllit), so wird das «überschüssige» CO₂ durch CaCO₃-Lösung gebunden. Tritt dieses Wasser an einer Quelle wieder aus, dann verschiebt sich das Gleichgewicht in der obigen Gleichung hauptsächlich durch CO₂-Entgasung wieder nach links, es kommt also zur Ausfällung von Kalk: Quelltuff bildet sich. Dieser Prozess wird durch biologische Vorgänge, wie Photosynthese, stark beeinflusst.

4. Übersicht der untersuchten Vorkommen aktiver Quelltuff-Bildung, Übersicht der untersuchten Gebäude (Burgen, Kirchen)

Abb. 1: Übersicht der untersuchten Vorkommen aktiver Quelltuff-Bildung und der untersuchten Gebäude.

- A – Quelltuffhang Lingenau
- B – Kalktuffvorkommen Andelsbuch
- C – Quelltuffhang Tugstein (Hohenems)
- D – Kalktuff von St. Martin (Ludesch)



Abb. 2 (l.): Quelltuffhang Lingenau (A)

Abb. 3 (r.): Quelltuffhang Tugstein (Hohenems) (C)





Gebäude (Burgen, Kirchen)

- E Grundmauern eines Bauernhauses in Andelsbuch
- F Ruine Neuburg (Koblach)
- G Römervilla Rankweil
- H Kapelle St. Martin (Ludesch)

Abb. 4: Kalktuff von St. Martin (Ludesch) (D)

Sonstige Gebäude

- Sparkassengebäude Dornbirn (Marktplatz)
- Grundmauern eines Wohnhauses in Au
- Pfarrkirche Damüls
- Kirche St. Nikolaus, Bludesch

5. Vorläufige Ergebnisse

5.1 Grundlagenuntersuchungen zur Quelltuff-Bildung

Die Bildungsbedingungen werden mittels Geländeaufnahmen, Wasseruntersuchungen sowie Auswertung von Tuff-Dünnschliffen, rasterelektronenmikroskopischen Präparaten und röntgendiffraktometrischen Untersuchungen charakterisiert.

Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass ergiebige Tuff-Vorkommen häufig mit Quellaustritten aus eiszeitlichen Grundmoränen auftreten, oder zumindest dort, wo im Einzugsgebiet der Wässer Grundmoräne vorkommt. Mittels Leachingversuchen an Moränen wird im Labor die Feldsituation nachgebildet und für verschiedene Gesteinsarten untersucht, ob sich eine genügend grosse Menge an Kalziumkarbonat lösen lässt, um Quelltuffe bilden zu können.

Die Tuffausfällung entlang eines Gewässers hängt insbesondere vom Grad der Übersättigung an CaCO_3 ab und nimmt von der Quelle nach unten hin ab. Dies äußert sich in sinkender Karbonathärte und elektrischer Leitfähigkeit sowie einer Erhöhung des pH Wertes.

Beispiel Lingenau

In zweimonatlichem Rhythmus werden an drei verschiedenen Punkten der Lingenauer Kalktuffquelle unterschiedliche charakteristische Wasserparameter (Karbonathärte, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur) gemessen.

Messstellen:

- 1 Untersuchungspunkt 1: Quellaustritt (Oben), nur in den Monaten März und Mai gemessen
- 2 Untersuchungspunkt 2: unterhalb des Tuffvorhanges (Mitte)
- 3 Untersuchungspunkt 3: vor der Felskante zur Subersach (Unten)

Abb. 5: Sinkende Karbonathärte vom Quellaustritt nach unten

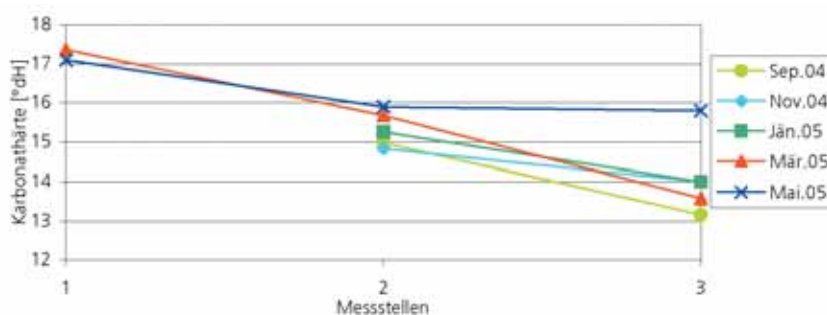


Abb. 6: Sinkende elektrische Leitfähigkeit vom Quellaustritt nach unten

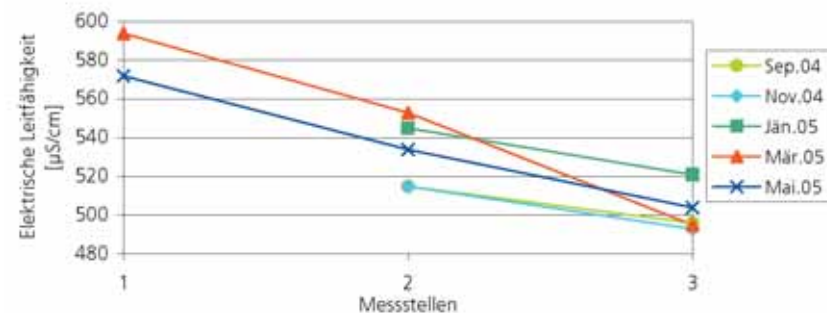
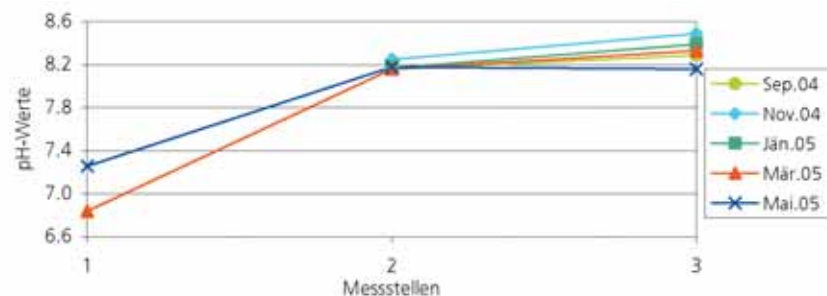


Abb. 7: Erhöhung des pH-Wertes vom Quellaustritt nach unten



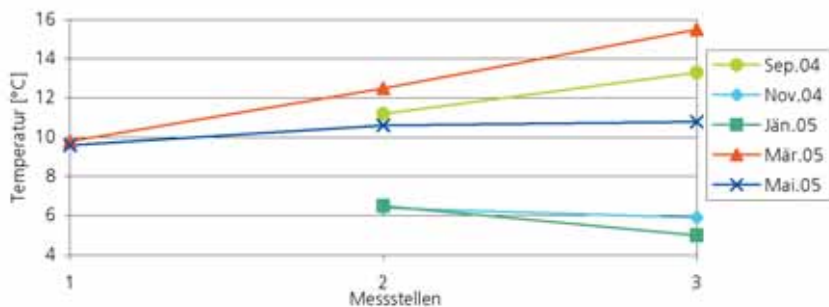


Abb. 8: Korrelation der Wassertemperatur mit der Außentemperatur. Erhöhung der Wassertemperatur bei warmer Außentemperatur vom Quellaustritt nach unten, Erniedrigung der Wassertemperatur bei kalter Außentemperatur vom Quellaustritt nach unten.

Die Fällung von Quelltuff kann vorwiegend anorganisch und/oder organisch beeinflusst ablaufen. Ein typischer Fall einer vorwiegend anorganischen Beeinflussung ist Kalkfällung durch rapide CO₂-Entgasung an sogenannten Wasserfall-Tuffen.

Eine organische Beeinflussung der Tuffbildung tritt dadurch auf, dass Pflanzen von Quell-Vernässungszonen wie etwa Moose, oder Phytoklasten wie Blätter und Fragmente von Zweigen und Stämmen eine große Fläche bereitstellen, die zur Verlangsamung des mittleren Wasserabflusses führen und damit auch die CO₂-Entgasung und Kalkfällung fördern. Darüberhinaus stellen zum Beispiel Moose einen Lebensraum für Mikroben zur Verfügung, welche durch ihre Stoffwechsellätigkeit die Fällung von Kalktuff fördern. Die weitere Möglichkeit einer direkten biologischen Vermittlung von Kalk-Fällung durch mikrobielle Tätigkeit ist noch im Stadium der Untersuchung.

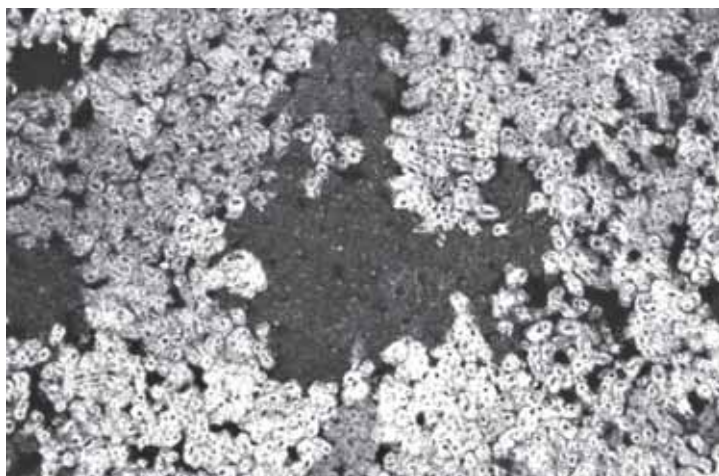


Abb. 9: Quelltuff vom Vorkommen Lingenau nahe Alberschwende. Die Probe stammt aus einem subvertikalen «Tuffvorhang» im obersten Teil des Vorkommens. Im Dünnschliff zeigen sich die Tuffvorhänge im Querschnitt als grösstenteils von (im petrographischen Mikroskop) rundlichen bis «subrhombohedralen» Kalzitkriställchen zusammen gesetzt, die jeweils zu grösseren Aggregaten mit optisch einheitlicher Auslöschung zusammengefasst sind. Jeder der Kalzitkristalliten hat ein kleines Loch in der Mitte, das höchstwahrscheinlich von primärer mikrobieller Besiedlung (Cyanobakterien) während der Kalzitfällung stammt. Bildlänge 4.2 mm. Gekreuzte Polarisatoren. Probe LIN 4A.

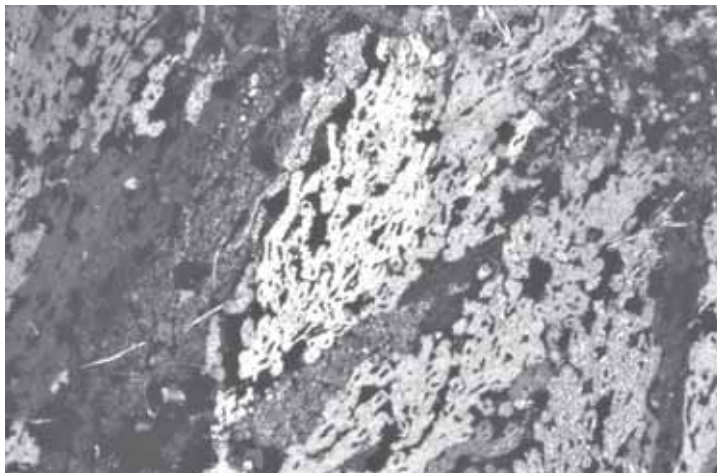


Abb. 10: Quelltuff vom Vorkommen Lingenau. Die Probe stammt aus einem subvertikalen «Tuffvorhang» im obersten Teil des Vorkommens. Längsschnitt von Kalzitkristall-Aggregaten. Im Längsschnitt zeigen sich die Aggregate als buschförmige Gebilde, die aus emporsteigenden, in etwa gabelig verzweigten Kalzitkristallen bestehen, deren jedes in der Mitte einen kleinen, schlauchförmigen Hohlraum zeigt. Der Hohlraum in der Mitte entspricht wahrscheinlich dem Filament von Mikroben (filamentöse Cyanobakterien), die mitsamt der Kalzitäufällung emporwuchsen. Der Kalzit jeden buschförmigen Gebildes zeigt eine einheitliche optische Auslöschung, die sich von den benachbarten Aggregaten unterscheidet. Bildlänge 4.2 mm. Gekreuzte Polarisatoren. Probe LIN 5.

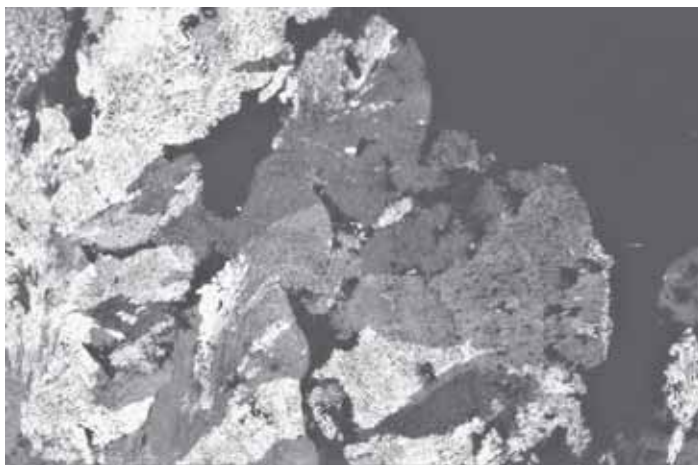


Abb. 11: Quelltuff vom Vorkommen Lingenau, aus dem obersten Teil des Vorkommens. Im Dünnschliff zeigt sich dieser Tuff undeutlich konzentrisch laminiert, vor allem aber als von regelmässig busch- bis fächerförmig gebauten, optisch einheitlich auslöschenden Bereichen zusammengesetzt, die von geraden, sehr dünnen Schläuchen durchzogen werden. Diese Art von Tuff bildete sich höchstwahrscheinlich in direktem Zusammenhang mit dem Wachstum von filamentös-mikrobiellen (cyanobakterialen) Gemeinschaften. Im Feld erscheint dieser Tuff als eine hellgelbliche bis hellbräunliche, glatte, botryoidale bis mammillare Kruste auf Litho- oder Phytoklasten. Bildlänge 12 mm. Gekreuzte Polarisatoren. Probe LIN 6.



Abb. 12: umkrustetes Blatt, Kruste aus Quelltuff

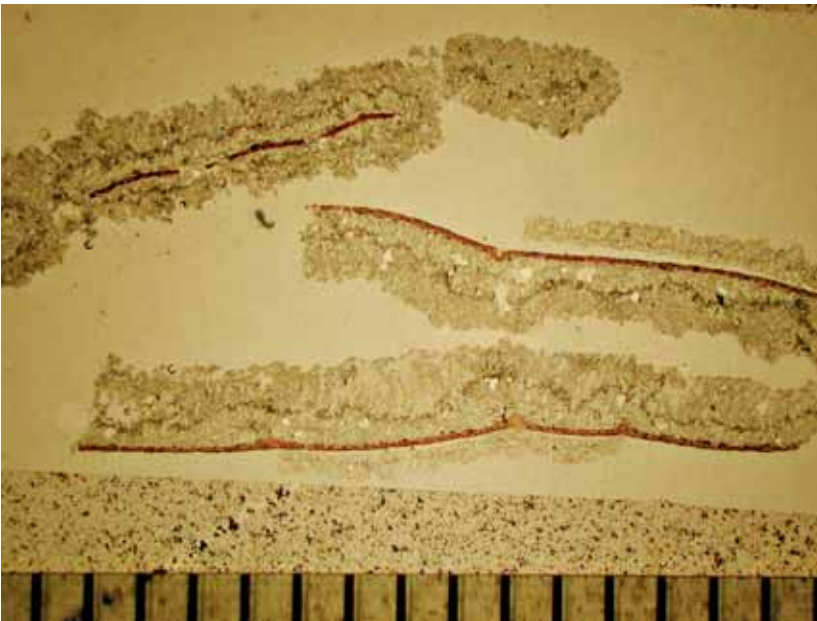


Abb. 13: Dünnschliffphoto eines umkrusteten Blattes, brauner Bereich: Blatt (organisches Material), heller, graubrauner Bereich: Kalzit, Bildbreite: 15 mm

Weiters gibt es Hinweise darauf, dass ein bedeutender Anteil des Kalziumkarbonats ursprünglich als Aragonit (und eventuell auch als Mg-Kalzit) ausfällt, jedoch rasch in Tief-Mg-Kalzit umkristallisiert. Hierzu sind weitere Untersuchungen im Gange.

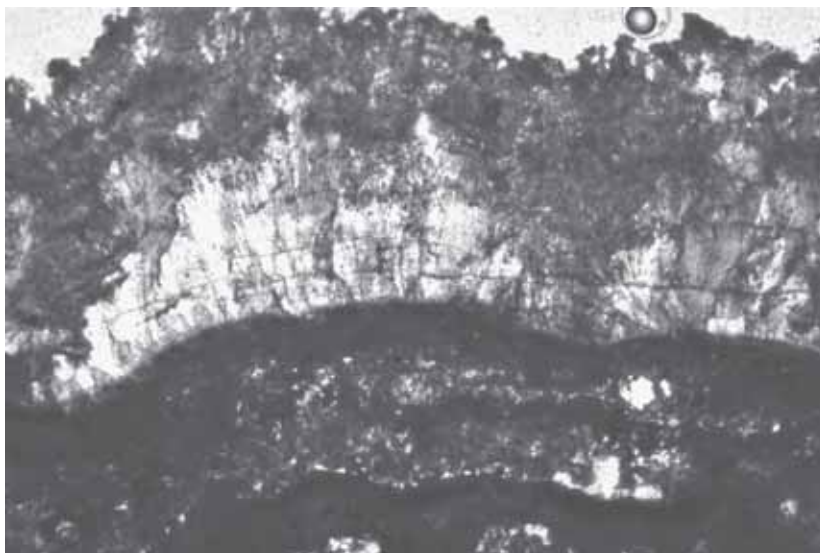
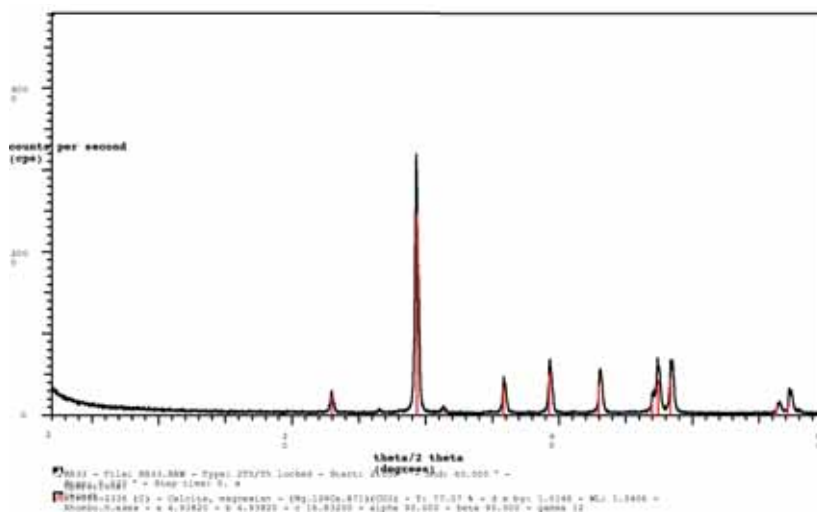


Abb. 14: Quelltuff vom Vorkommen Tugstein bei Hohenems. Detail eines Zementsaumes (hell) über einem früheren Blatt (im Bild nicht sichtbar). Der Zementsaum zeigt ein Gefüge aus fein-radialstrahligem Kalzit mit spitzen, zerfranst erscheinenden Enden. Solche Gefüge sind charakteristisch für Aragonit, der durch Lösung und Wiederausfällung in Kalzit umkristallisiert ist. Der Rest des Dünnschliffes besteht aus Laminae von Lime Mudstone und mikropeloidalem Grainstone bis Packstone, und ist höchstwahrscheinlich in Verbindung mit dem Stoffwechsel von Mikroben entstanden. Bildlänge 6 mm. Teilweise gekreuzte Polarisatoren. Probe TUG 5.

Abb. 15: Röntgen-diffraktogramm einer Quelltuffprobe



Im Gelände, sowie mittels mikroskopischer Untersuchungen können zwei Haupttypen von Quelltuffen unterschieden werden: 1) Phytoklastischer Tuff, 2) Moostuffe.

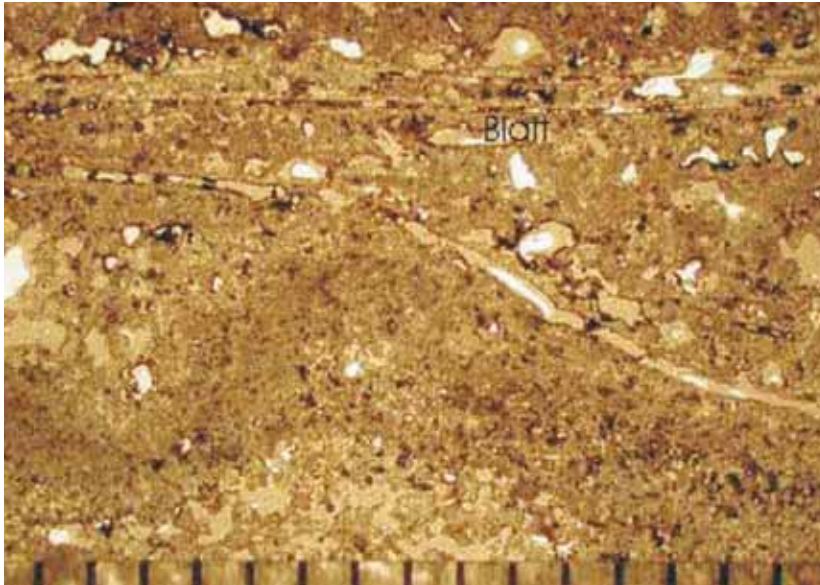


Abb. 16: Dünnschliff eines phytoklastischen Tuffes (Bildbreite: 16 mm)

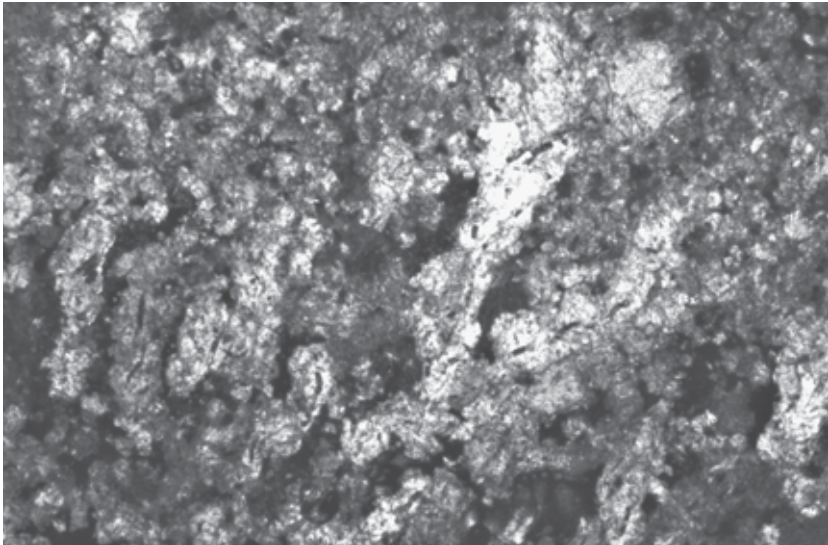


Abb. 17: Dünnschliff eines Moostuffes (Bildbreite: 16 mm)

Dünnschliff-Untersuchungen zeigen, dass Tuffe rapide «altern». Mit Alterung ist gemeint, dass sich die ursprünglichen Tuff-Gefüge vor allem durch Lösungs-Wiederausfällungsvorgänge von Kalziumkarbonat rasch zu wenigen Gefügearten hin verändern. Die Gründlichkeit und die Rate der Tuff-Alterung hängen wahr-

scheinlich vor allem mit dem Angebot an Wasser nach der ursprünglichen Tuff-Bildung zusammen: je mehr Wasser zur Verfügung steht (beispielsweise an Stellen innerhalb eines Quelltuff-Körpers, der stark von Wasser durchströmt wird), desto gründlicher und rascher vollzieht sich die Alterung, je weniger Wasser, desto besser bleiben die ursprünglichen Gefüge erhalten.

Abb. 18: Reliktische Gefüge (Röhrchenstrukturen in Kristallen) von mikrobiellem Tuff (vgl. obige Fotos) in einem gealterten Tuffgefüge aus cementstone. Bildlänge 3.5 mm. Gekreuzte Polarisatoren. Probe LIN.



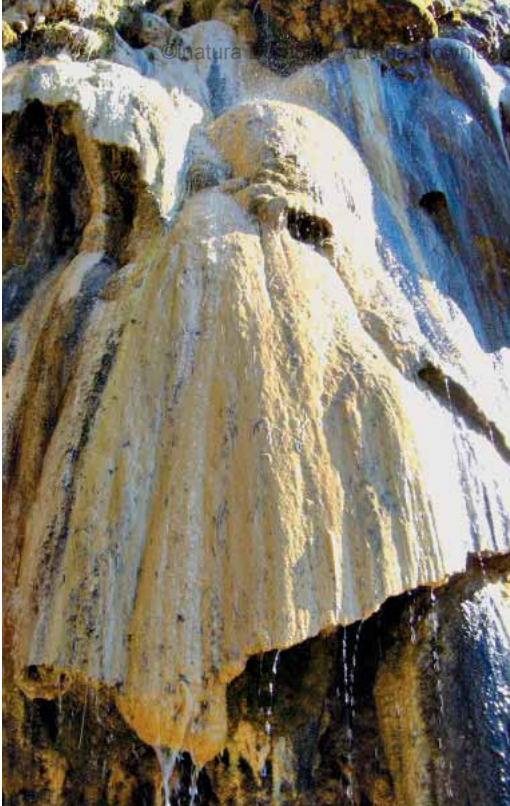
Durch die Alterung des Tuffs bleiben letztlich vor allem zwei Gefüge übrig:

- 1) Gefüge aus mehr oder weniger reinem «cementstone», wie sie zum Beispiel bei der Alterung von Moostuffen oder mikrobielitalischen Tuffen (siehe unten) beobachtet wurden,
- 2) Kombinierte Gefüge aus homogenem Mikrit (meist in Flecken oder Rinden) und cementstone, wobei Restporen offen blieben oder mit Sekundärmaterial (infiltrierter Sand aus Tuff-Klasten, Erde) verfüllt wurden.

3.2 Bauhistorische Aspekte

Seit Menschen Bauwerke errichten, ist die Auswahl der geeigneten Baustoffe von Bedeutung. Anfänglich wurden hauptsächlich Flusstone verwendet, die guter Qualität und leicht verfügbar waren. Mit dem Aufkommen entsprechender Abbau- und Bearbeitungstechniken konnten auch andere Gesteine gut genutzt werden. Auch Kalktuff war und ist ein beliebter Werkstein, der abgebaut und gerne verwendet wurde. Dieser Baustoff hatte einige Vorteile, aber auch Nachteile.

Einer der großen Vorteile ist, dass Quelltuff leicht abzubauen ist. Da er im nasen bzw. feuchten Zustand relativ weich ist, kann er mit einer Baumsäge zugeschnitten werden. Dies war insbesondere früher von großer Bedeutung, da es noch keine hochtechnischen Abbaugeräte gab. Der zweite Vorteil ist, dass er leicht be- und verarbeitbar ist. Quelltuff kann im Gegensatz zu Flussbausteinen leicht zu Quadern bearbeitet werden und gut weiterverwendet werden.



Einer der Nachteile war früher, dass es ohne elektrische Maschinen sehr aufwendig war Quelltuff abzubauen. Der Hauptnachteil von Kalktuff ist, dass er wie ein Schwamm sehr rasch und große Mengen an Feuchtigkeit aufnehmen kann. Dadurch können große Mengen an Feuchtigkeit ins Mauerwerk eingetragen werden, was zu entsprechenden Bauschäden führen kann.

Das wesentlichste Vorarlberger Tuffvorkommen ist sicher jenes bei Lingenau, das heute als Naturdenkmal unter Schutz steht, in der Vergangenheit aber als Bruch verwendet wurde.

Auch Tugstein bei Hohenems und das Vorkommen in Andelsbuch sind teilweise intensiv abgebaut worden. Abbauspuren sind heute noch teilweise zu erkennen.

Abb. 19 (l.): Vorkommen Lingenau (Tuffvorhang)

Abb. 20 (r.): Vorkommen Tugstein, Abbaukante

Römervilla Rankweil

An der Ausgrabungsstelle einer Römervilla in Rankweil-Brederis besteht das Gebäude hauptsächlich aus Flussgeröllen (Schrattenkalk, Drusbergsschichten), aber für die Kanten wurde Kalktuff verwendet, damit ein schöner rechtwinkliger Abschluss erzielt werden konnte. Diese Bauweise wurde auch einige Kilometer weiter bei der mutmaßlichen Poststation Clunia in Feldkirch-Altenstadt beobachtet.

Der Kalktuff wurde vermutlich an einer zentralen Stelle abgebaut und an mehreren Orten eingesetzt.

Abb. 21: Römervilla Rankweil, Mauereck aus Quelltuff



Ruine Neuburg

Für die Ruine Neuburg bei Koblach wurde Quelltuff für die Fenster und Türen verwendet, da damit eine rechteckige Form erzielt werden konnte.

Abb. 22: Ruine Neuburg, Elemente aus Quelltuff



Stallmauern von Bauernhöfen (z.B. Andelsbuch...)

Nördlich des Quelltuffvorkommens in Andelsbuch steht ein Bauernhof, dessen Stallmauern und zum Teil auch Wohnhausgrundmauern aus «Quelltuffziegeln» bestehen. Aufgrund der schnellen Aufnahme von Feuchtigkeit entstehen immer wieder Bauschäden, die sich im Abblättern des Putzes äussern.

Auch andere Stallmauern von Bauernhöfen in Andelsbuch und Umgebung wurden aus diesem Quelltuff errichtet.



Abb. 23: Bauernhaus in Andelsbuch, Stallmauern aus «Tugstein» (Quelltuff)

Grundmauern von Häusern

Bsp. Sparkassengebäude in Dornbirn (Bahnhofstraße 2)

Dieses Gebäude wurde 1910/11 erbaut und zumindest für die Grundmauern und das Erdgeschoss Quelltuff verwendet. Geplant haben es die Architekten Braun & Lukesch. Aus dem Bauakt von 1910 (Stadtarchiv Dornbirn) geht leider nicht hervor, woher das Baumaterial stammt.

Bsp. Wohnhaus in Au

Die Grundmauer eines Hauses in Au wurde mit «Quelltuffziegeln» saniert. Der Baustoff wurde in Andelsbuch abgebaut.

Kirche St. Martin (Ludesch)

Das Tuffmaterial in Ludesch ist sicher original und wurde am nahe gelegenen Vorkommen nördlich der Kirche abgebaut. Ein ähnliches Erscheinungsbild hat auch der Kalktuff, der in der Damülser Pfarrkirche und in der Kapelle (Rippen im Chor) Hl. Kreuz im Kehr, Feldkirch als Baumaterial verwendet wurde.

Abb. 24: Kirche St. Martin (Ludesch), Architekturelemente aus Quelltuff



3.3 Materialkundliche Aspekte

Kalktuff ist nicht nur optisch überaus ansprechend, weswegen er gerne für Architekturelemente verwendet wurde. Er ist insbesondere leicht bearbeit- und abbaubar und durch seinen hohen Porenraumanteil auch überaus leicht.

Ebendiese hohe Porosität und insbesondere die Art der Poren führen dazu, dass Kalktuff sehr schnell Wasser und Feuchtigkeit aufnimmt. Durch die große Oberfläche kann Wasser auch wieder schnell an die Umgebungsluft abgegeben werden.

Immer wieder wurde Quelltuff daher gezielt eingesetzt, um höhere Wandpartien vor Vernässung zu schützen.

Dies hatte jedoch auch Nachteile: in Gebäude verbauter und als Mauerstein verwendeter Kalktuff nimmt große Mengen an Wasser auf. Dieses Wasser wird später nach allen Seiten abgegeben. Die ständige Feuchte begünstigt Moosbewuchs, Putz hält nicht.

Wie jedes andere Gestein ist auch Quelltuff am Bauwerk der Verwitterung ausgesetzt. Neben biologischer und chemischer Verwitterung spielt im alpinen Raum durch ständige Temperaturwechsel auch die physikalische Verwitterung eine sehr bedeutende Rolle.

Diese Feldbeobachtungen gilt es nun mittels Laborexperimenten nachzubilden und zu erklären.

Mittels materialtechnischer Untersuchungen kann man bestimmte Parameter wie A-Koeffizient, spezifische innere Oberfläche des Gesteins, durchschnittlichen Porenradius,... ermitteln.

An Methoden werden kapillare Wasseraufnahme und -abgabe, Vollsättigung und Frost-Tau-Zyklen angewendet. Die Porendaten werden mittels BET (Stickstoffadsorption) und Hg-Porosimetrie ermittelt.



Abb. 25: Versuchsaufbau für Kapillare Wasseraufnahme: 5x5x5 cm große Gesteinswürfel werden auf eine wassergesättigte Unterlage gestellt, alle paar Minuten herausgenommen und gewogen. Aus den Daten wird ein Diagramm erstellt, aufgrunddessen unter anderem der A-Koeffizient berechnet werden kann.

Schließlich werden Veränderungen des Gesteins unter anderem mittels optischer Ansprache, Gewichts Differenz, Ultraschallmessungen und Röntgendiffraktometrie bestimmt.

Materialtechnische Untersuchungen an den Vorarlberger Kalktuffen zeigen sehr hohe Porositäten, extrem rasche Wasseraufnahme, jedoch große Beständigkeit bezüglich Frost-Tau-Wechseln.

Insbesondere Wasseraufnahmen von bis annähernd 80% des Trockengewichts überraschen.

6. Ausblick

Die weiteren Untersuchungen gelten insbesondere der biologischen Komponente des Quelltuff-Fällungssystems, hinsichtlich sowohl der beteiligten Moos-Arten als auch des möglichen Einflusses von Mikroben (Cyanobakterien) in der Tuff-Bildung. Auch die detaillierte Auswertung der materialtechnischen Daten stellt einen Schwerpunkt der Arbeit dar. Weiters interessiert die Frage, ob es möglich ist, mittels bestimmter Parameter eine Zuordnung von verbauten Kalktuffen zu bestimmten Brüchen herzustellen.

7. Literatur

- CHEN, J., ZHANG, D. D., WANG, S., XIAO, T., HUANG, R. (2004): Factors controlling tufa deposition in natural waters at waterfall sites. *Sediment. Geol.*, 166, 353-366.
- MILLIMAN, J. D. (1974): *Marine Carbonates*. 375 pp., Springer, Berlin.
- MURAWSKI, H. & MEYER, W. (2004): *Geologisches Wörterbuch*

Anschrift der Autoren

Michael Unterwurzacher

Institut für Mineralogie
und Petrographie
Universität Innsbruck
Innrain 52
A-6020 Innsbruck

Beate Rüf
Diethard Sanders

Institut für Geologie und
Paläontologie
Universität Innsbruck