

**Zeitschrift:** Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft  
**Herausgeber:** St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft  
**Band:** 95 (2024)

**Artikel:** Dopplerit, aus dem Torfmoor von Gontenbad AI : ein Mineral?  
**Autor:** Kürsteiner, Peter / Reynes, Julien / Soom, Michael / Meisser, Nicolas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1098731>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Dopplerit, aus dem Torfmoor von Gontenbad AI – ein Mineral?

Peter Kürsteiner, Julien Reynes, Michael Soom und Nicolas Meisser

### Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	319
Abstract .....	319
1 Einleitung .....	320
2 Dopplerit aus dem Torfmoor von Gontenbad – Angaben in der Literatur	320
3 Dopplerit aus dem Torfmoor von Gontenbad – In der Sammlung des Naturmuseums St. Gallen .....	322
4 Die Fundstelle Torfmoor von Gonten- bad .....	322
5 Beschreibung von Dopplerit .....	324
6 Ergänzende mineralogische Unter- suchungen an Dopplerit von Gonten- bad .....	325
6.1 Einfache chemische Tests .....	326
6.2 Radiokristallografische Analyse ...	326
6.3 Chemische Analyse mittels EDXS und REM .....	326
6.4 Chemische Analyse mittels Infrarot- spektroskopie .....	326
6.5 Ergebnisse .....	327
7 Dopplerit – ein Mineral? .....	329
8 Dank .....	330
9 Literaturverzeichnis .....	330

### Zusammenfassung

Bereits in der älteren Literatur wird Dopplerit, eine Asphalt-ähnliche, organische Verbindung, da und dort erwähnt. Dieser stammt von verschiedenen Lokalitäten, unter anderem auch aus dem Torfmoor von Gontenbad im Kanton Appenzell Innerrhoden. Entsprechendes Belegmaterial findet sich in den Sammlungsbeständen mehrerer Museen der Schweiz. In der vorliegenden Arbeit soll auf diese spezielle organische Verbindung sowie auf das Torfmoor von Gontenbad als einer der Fundorte eingegangen werden. Chemische Analysen mittels Infrarotspektroskopie zeigen, dass Dopplerit eine starke Polymerisation mit aromatischen und heterocyclischen Ringen (Polysaccharidderivate) aufweist, was seine pflanzliche Herkunft bestätigt. Trotz vertiefter chemischer Analysen scheint nach heutigem Wissensstand eine Zuordnung als eigenständige Mineralart nicht gerechtfertigt.

### Abstract

In literature, dopplerite, an asphalt-like organic compound, is mentioned here and there. It originates from various locations, including the peat bog of Gontenbad in the canton of Appenzell Innerrhoden. Corresponding refer-

ence material can be found in the collections of several museums in Switzerland. This paper will focus on this particular organic compound as well as on the Gontenbad peat bog as one of its type localities. Chemical analyses using infrared spectroscopy indicate that dopplerite exhibits strong polymerisation with aromatic and heterocyclic rings (polysaccharide derivatives) confirming its plant origin. Despite more in-depth chemical analyses, current knowledge suggests that assigning it as a distinct mineral species is not justified.

## 1 Einleitung

Im Buch «Mineralien im Alpstein» (KÜRSTEINER und SOOM 2007) sind aus dem Alpstein sowie aus dessen näherer Umgebung insgesamt 15 Mineralarten aufgeführt – das organische und heute diskreditierte Mineral Dopplerit fehlt. Nach der späteren Beschreibung eines weiteren Minerals, des Schichtsilikats Dickit (HOFMANN et al. 2014 sowie

KÜRSTEINER und SOOM 2015), soll hier als ergänzender Beitrag zur regionalen Mineralogie ([www.geo-alpstein.ch](http://www.geo-alpstein.ch)) auch noch das in der älteren Literatur als Dopplerit bezeichnete organische Material beschrieben werden. Dopplerit wurde besonders während des 19. Jahrhunderts beim Torfabbau bei Gontenbad gefunden. Exemplare dieser eigentümlichen organischen Verbindung, welche auch andernorts in der Schweiz sowie im Ausland nachgewiesen werden konnte, werden heute in verschiedenen öffentlichen Sammlungen aufbewahrt.

## 2 Dopplerit aus dem Torfmoor von Gontenbad – Angaben in der Literatur

Dopplerit von Gontenbad wird in der Literatur erstmals von TSCHUDY (1850) erwähnt. Als «corresp. Mitglied» teilt er mit: «Vor vierzehn Tagen übergab mir der, den Reisenden in der Schweiz durch sein Hotel auf der höchsten Spitze des Sentis sehr bekannte Rathsherr Dö-



Abbildung 1:

«Das Gontnerbad mit dem Appenzellergebirge. Les bains de Gonten avec les montagnes d'Appenzell.». Das Torfmoor befindet sich links, südlich, hinter dem grossen Gebäude. Kolorierte Aquatinta von Johann Baptist Isenring, erschienen 1839–1841 (Datierung nach WÄSPE 1985). Sammlung Peter Kürsteiner.



Abbildung 2:  
Torfstechen im Gontenmoos, um 1920. Blick gegen Osten, links der Himmelberg. Alte Fotografie.

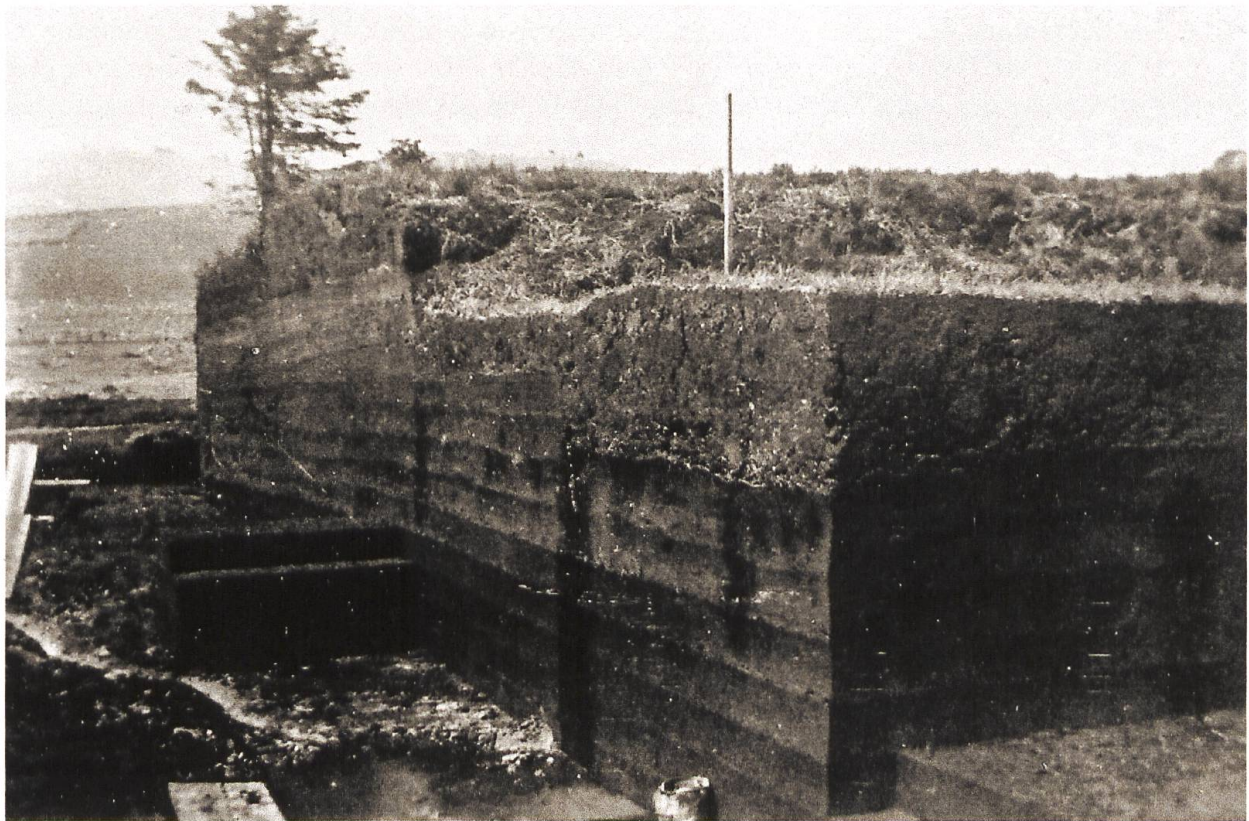


Abbildung 3:  
Torfabbaustelle bei der Liegenschaft Som, Gonten. Die Abbaustelle ist «circa acht Spaten» tief.  
Alte Fotografie.

*rig in Appenzell beifolgende Stücke von Dopplerit, die er in seinen Torflagern beim Bade Gonten, eine halbe Stunde vom Dorfe Appenzell gefunden hat. Nach seinen Angaben durchsetzt dieses Fossil die Torflager in vielen Gängen, von denen der stärkste fünf Zoll breit ist und schon neun Fuss tief zu Tage liegt. Die Gänge sind so zahlreich, dass in diesem Lager binnen Kurzem mehrere Wagen damit beladen werden könnten. Das Ausgraben hat nicht die geringste Schwierigkeit, indem der Dopplerit ohne irgend ein Instrument, bloss mit der Hand aus den ihm umgebenden Torfe gelöst werden kann.»*

Später schreibt WANNER (1874, S. 22 und 1877, S. 81): *«Im Torflager von Gonten findet sich ein eigenthümliches seltenes Mineral, der sogenannte Dopplerit, ein organisches Zersetzungsprodukt».*

LUDWIG et al. (1931, S. 138) erwähnen die Torfmoore von Gonten und Gontenbad als die einzige Stelle, *«wo heute noch Dopplerit gefunden wird, jenes eigentümliche elastische Mineral, das früher fälschlich als <Pechkohlentorf> bezeichnet wurde».*

Angaben zur einstigen Ausdehnung des Torflagers bei Gonten finden sich in DEICKE (1862, S. 106): *«Das Torflager bei Gonten z. B. misst 300 Juchart bei einer Mächtigkeit von 12 bis 20 Fuss.»* Zur damaligen Verwendung von Torf schreibt er: *«Der Torf macht in den Kantonen St. Gallen und Appenzell einen bedeutenden Theil des verbrauchten Brennstoffes aus».* Eine ausführliche Beschreibung über das damalige Torfmoor von Gonten findet sich in FRÜH (1883, S. 10–12).

### **3 Dopplerit aus dem Torfmoor von Gontenbad – In der Sammlung des Naturmuseums St. Gallen**

Als Sammlungseingang des Naturmuseums St. Gallen sind im «Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft während des Vereinsjahres 1881/82» (WARTMANN 1883, S. 13 und S. 48) Proben von Dopplerit aufgeführt. Gleichenorts steht:

*«eigenthümliche, im frischen Zustande fast gallertartige Kohle, welche unter dem Namen Dopplerit bekannt ist und bisher in der Schweiz nur an zwei Localitäten: Obbürgen (Unterwalden) und Gonten (Appenzell I.Rh.) gefunden wurde».*

Auch in der Sammlung des Lehrers, Alpinisten und Geologen Dr. h.c. Andreas Ludwig (seine Sammlung ist heute im Besitz des Naturmuseums St. Gallen) finden sich Dopplerit-Proben. Diese sind im Katalog der Sammlung von Andreas Ludwig auf Seite 190 mit der Herkunftsbezeichnung «Torfmoor Gontenbad» unter der Katalognummer 3524 aufgeführt.

### **4 Die Fundstelle Torfmoor von Gontenbad**

Zwischen Gonten und Gontenbad erstreckt sich auf einer Fläche von ca. 1,0 km<sup>2</sup> eine versumpfte Ebene, welche durch den Hügelzug von Büel und jenen westlich von Mooshüsli in ein nördliches und südliches Moor aufgeteilt wird. In diesem Gebiet wurde bereits vor der Mitte des 18. Jahrhunderts Torf abgebaut. Gegen Ende des 1. Weltkrieges wurde der Abbau intensiviert, indem Maschinen eingesetzt wurden. Um 1980 wurde die Torfgewinnung aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes eingestellt.

Die Talung Gonten verdankt ihre Entstehung einem Seitenarm des eiszeitlichen Sittergletschers (KELLER und KRAYSS 1991; KELLER 2024). Dieser stiess während der letzten Vergletscherung von Appenzell Richtung Urnäsch vor und hinterliess feinkörnige, wasserstauende Moränenablagerungen. Nach dem Rückzug des Gletschers blieb eine Senke übrig, in welcher ein See entstand, dessen Abfluss durch Bachschuttablagerungen behindert wurde. In der Folge breitete sich von den Ufern eine torfbildende Vegetation aus. Die Wasserflächen verringerten sich zusehends, bis ein durchgehendes Moor vorlag.

FRÜH (1883) beschreibt ein Schichtenprofil am Ostende des Moores bei Gontenbad. Unter einer 1 bis 2 m mächtigen Schicht aus Hochmoor-Torf tritt eine 1 m mächtige Schicht aus



Abbildung 4:  
Blick in östlicher Richtung über das Torfmoor von Gontenbad. In der Streuehütte der linken Bildhälfte befindet sich das «Toobe»-Museum. Foto: Peter Kürsteiner.

kompaktem, homogenem Rasenmoor-Torf auf, welche gegenüber dem überlagernden Hochmoor-Torf scharf abgegrenzt ist. Der Hochmoor-Torf zeigte ein schwammiges und wenig verfestigtes Aussehen. Dies erschwerte den Abstich und führte zu Rutschungen. Im Hochmoor-Torf fanden sich zahlreiche Resten von Wollgräsern (*Eriophorum*) und Torfmoosen (*Sphagnum*). Der Rasen-Torf enthielt demgegenüber zahlreiche Holzreste von Birken (*Betula*) und Erlen (*Alnus*). Diese Schicht eignete sich besonders gut für die Torfgewinnung. Darunter folgte eine wenige Zentimeter mächtige Schicht aus «Päcklitorf» mit erhöhten mineralischen Beimengungen über eiszeitlichen Moränenablagerungen.

Dopplerit wurde ausschliesslich im Rasenmoor-Torf gefunden (FRÜH 1883). In diesen Schichten trat Dopplerit in der Form einzelner Nester oder zusammenhängender horizontaler Flözchen oder wurzelartig gewundener Einla-

gerungen oder Adern auf. Daneben wurden auch schräg orientierte, mit Dopplerit gefüllte Spalten beobachtet. Diese Art des Auftretens scheint auch für andere Vorkommen charakteristisch zu sein. So stellt POTONIÉ (1911) fest, dass Dopplerit sich oft in den unteren Partien



Abbildung 6:  
«Toobe»-Museum – Ansicht einer alten Streuehütte, in welcher heute eine kleine Ausstellung untergebracht ist. Foto: Peter Kürsteiner.

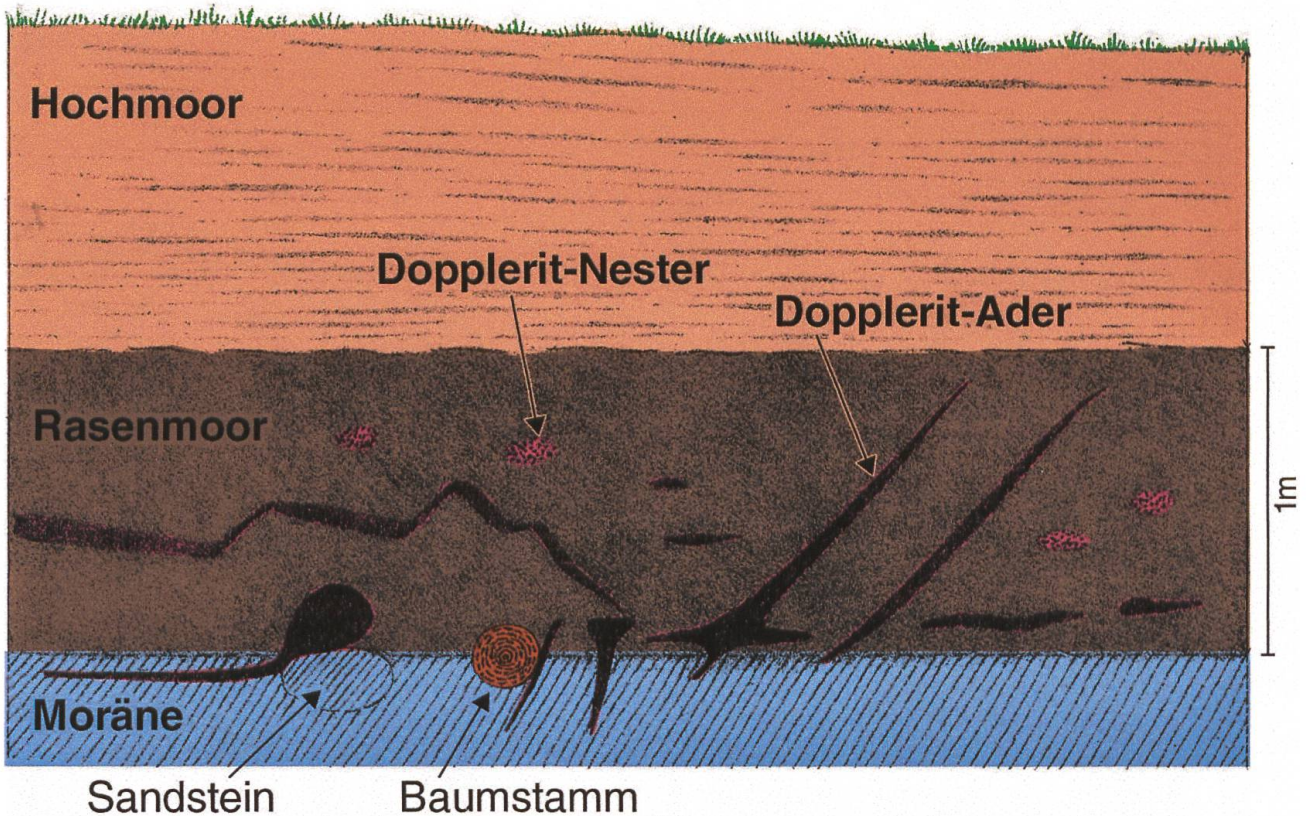


Abbildung 5:  
Schematisches Schichtenprofil aus dem Gontenmoos mit Torflager und Vorkommen von Dopplerit in der Form einzelner, im Torf eingebetteter Nester und Adern. Darstellung aus FRÜH (1883), grafisch bearbeitet von Joëlle Soom.

der Schichtabfolge findet oder die unterhalb der Torfschichten befindlichen Gesteine infiltriert.

Nahe der Liegenschaft Som, Gonten, und zwar an der Kaustrasse südöstlich Punkt 897, befindet sich heute in einer ehemaligen Streuehütte eine sehenswerte, kleine Ausstellung zum Thema Torfgewinnung im Gontenmoos. Auf verschiedenen Tafeln werden Wissen zur Landschaftsgeschichte, zur Torfbildung und zur früheren Torfnutzung vermittelt. Alte, im Gontenmoos einst verwendete Gerätschaften lassen zudem die Arbeit des Torfstechens erahnen. Die Ausstellung ist frei zugänglich.

## 5 Beschreibung von Dopplerit

Beim oxidischen Kohlenwasserstoff Dopplerit handelt es sich um eine Asphalt-ähnliche, amorphe, im Fundzustand elastische oder gelatinöse Masse, welche sehr weich ist und eine Dichte von  $1,09 \text{ g/cm}^3$  aufweist (NAUMANN 1885). Sie verändert sich an der trockenen Luft und verliert bei  $80^\circ\text{Celsius}$  12% an Wasser. Die Dichte nimmt dabei auf  $1,46 \text{ g/cm}^3$  zu. Gleichzeitig verändert sich ihr Aussehen in eine pechschwarze Masse mit muscheligen Bruch und einer Mohs'schen Härte von 2,0 bis 2,5. Das trockene Material verbrennt oder verglimmt mit einem Geruch von brennendem Torf.

Dopplerit wird als Endglied der Torfbildung betrachtet und besteht vorwiegend aus Huminsäuren, die durch die organische Zersetzung unter Luftabschluss entstanden sind (POTONIE 1911). Er tritt oft zusammen mit Sapropel

(Faulschlamm) auf und wird auch als «Torfleber» bezeichnet.

NAUMANN (1885) führt Dopplerit nach Haidinger als eigenständige Mineralart in der Klasse der organischen Verbindungen auf. Er zitiert eine Analyse der getrockneten Masse des Fundortes Aussee (Salzkammergut, Steiermark, Österreich), welche eine chemische Summenformel von  $C_{12}H_{14}O_6$  mit einem Aschegehalt von 5,1 % ergab, bestehend aus Kalk, Tonerde, Eisen und Schwefel. KLOCKMANN (1892) ordnet Dopplerit in der gleichen Klasse wie Naumann ein, aber in der Gruppe von Asphalt, Erdpech und Bergpech. STALDER et al. (1998) geben für Dopplerit (nach Haidinger) die chemische Formel «(ca.)  $CaC_{24}H_{22}O_{12}$ » an.

Dopplerit wurde von HAIDINGER (1849) erstbeschrieben. Die von ihm untersuchten Proben stammen von Äussere Kainisch, Bad Aussee, Steiermark, Österreich (Typlokalität). Benannt wurde er nach dem Österreichischen Mathematiker und Physiker Bergrat Prof. Dr. Christian Andreas Doppler (1803–1853), dem Erstfinder des Minerals. Doppler wurde vor allem durch seine als «Doppler-Effekt» bekannt gewordene Entdeckung berühmt. Von KENNGOTT (1850) stammt eine ausführliche Beschreibung von Dopplerit, welche interessante Einblicke in die damaligen Untersuchungsme-

thoden gibt. So kam Kenngott unter anderem zum Schluss, dass Dopplerit sowohl in Wasser als auch in Alkohol unlöslich ist und sich demgegenüber in Ätzkali bis auf einen unbedeutenden Rückstand löst.

Dopplerit ist weltweit von mehreren Lokalitäten beschrieben. Solche finden sich unter anderem in Deutschland (GÜMBEL 1858) sowie in den Niederlanden, Norwegen, Österreich und Polen (www.mindat.org). Aus der Schweiz ist Dopplerit hauptsächlich von zwei Lokalitäten bekannt: Gontenbad sowie Obbürgen bei Stansstad (KAUFMANN 1865, FRÜH 1883 und STALDER et al. 1998). Als weitere Fundstellen in der Schweiz führen FRÜH und SCHRÖTER (1904) Eggerstanden, Eigental, Hofgut bei Gais, Kungmoos bei Einsiedeln, La Brévine, Les Ponts-de-Martel, Ricken, Rothenthurm-Altmatte und Schwantenu auf. DEICKE (1858) beschreibt zudem Dopplerit aus dem Torfmoos des ehemaligen Finkenbacher Weihers in Häggenschwil. In der Sammlung des Naturhistorischen Museums Bern findet sich Dopplerit auch aus einem Hochmoor von Zugerberg. Ob die chemischen Eigenschaften des an den zitierten Lokalitäten gefundenen Materials einheitlich sind, geht aus den Beschreibungen nicht hervor.

## 6 Ergänzende mineralogische Untersuchungen an Dopplerit von Gontenbad

Ein Fragment des Dopplerit-Topotyps von Gontenbad (Sammlung des Naturmuseums St. Gallen, Inventarnummer M 2822, ehemals Teil der Sammlung Andreas Ludwig, siehe Abbildung 7) wurde einer umfassenden physikalisch-chemischen Analyse unterzogen. Der verbleibende Teil des Fragments wird nun in den Sammlungen der Geologieabteilung des Muséum cantonal des sciences naturelles in Lausanne (Naturéum) unter der Nummer MGL 087094 (Dopplerit TL «Typicus locus») aufbewahrt. Zur Vergleichsanalyse wurden auch zwei weitere Proben mittels Infrarotspektroskopie untersucht: Dopplerit von Obbürgen (NW), Nr. 4539, und Dopplerit von Zugerberg



Abbildung 7:  
Dopplerit, Torfmoor von Gontenbad. Höhe 2,8cm. Naturmuseum St. Gallen, M 2822, ex. Sammlung Andreas Ludwig. Foto: Thomas Schüpbach.

(ZG) Nr. 4542, beide aus den Sammlungen des Naturhistorischen Museums Bern.

### 6.1 Einfache chemische Tests

Fein pulverisiert ist der Dopplerit von Gontenbad unlöslich in entmineralisiertem Wasser sowie in den folgenden wasserfreien, aprotischen Lösungsmitteln: n-Hexan, Perchlorethylen, Kohlenstoffdisulfid, Dimethylsulfoxid, Chloroform, Kohlenstofftetrachlorid, Benzol, Aceton, Chlorbenzol und Nitrobenzol. Eine sehr geringe Löslichkeit, die sich durch eine Gelbfärbung des Lösungsmittels äussert, ist zu beobachten, wenn der Dopplerit in wasserfreie protische Lösungsmittel wie Ethanol, Nitromethan, Dimethylformamid und Tetrahydrofuran eingetaucht wird. In Gegenwart von basischen, wässrigen Lösungen von Kaliumhydroxid, Ammoniak, Hydrazin, Pyridin und Methylamin ist eine ausgeprägtere Löslichkeit festzustellen.

### 6.2 Radiokristallografische Analyse

Über einen Zeitraum von 70 Stunden, unter Einwirkung einer Röntgenstrahlung  $F_{K\alpha}$  von  $1,9373 \text{ \AA}$  ( $0,19373 \text{ nm}$ ) ( $40 \text{ kV}$ ;  $20 \text{ mA}$ ) mit einem Isodebyflex 3003-Generator der Geologieabteilung des Muséum cantonal des sciences naturelles in Lausanne (Naturéum), zeigt der Gontenbad-Dopplerit eine einzige, sehr diffuse Beugung bei etwa  $\sim 7,6 \text{ \AA}$ . Dieser Wert ist charakteristisch für Polymere oder Makromoleküle mit aromatischen Kernen, die sich im Prozess der Graphitisierung befinden. Tatsächlich liegt der interplanare Abstand zwischen diesen Schichten aromatischer Kerne im Bereich von  $3,90$  bis  $3,35 \text{ \AA}$ . Je intensiver die Diagenese durch die Einwirkung von Zeit, Dehydratisierung und Decarboxylierung wird, desto mehr sinkt dieser Wert. Im Extremfall von reinem Graphit beträgt er  $3,35 \text{ \AA}$ . Im Gontenbad-Dopplerit entspricht der Abstand zwischen benachbarten parallelen Ebenen etwa der Hälfte von  $\sim 7,6 \text{ \AA}$ , also etwa  $3,8 \text{ \AA}$ .

### 6.3 Chemische Analyse mittels EDXS und REM

Semi-quantitative chemische Analysen wurden mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDXS) in Kombination mit einem Tescan Mira II LMU Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop (REM) am Institut für Geowissenschaften der Universität Lausanne durchgeführt. Mit dieser Labortechnik können ganze Objekte oder Mikroproben, die mit einem Elektronenstrahl bestrahlt werden, punktuell (auf einigen Quadratmikrometern) analysiert und unter sehr hoher Vergrößerung sichtbar gemacht werden. Die analysierte Fläche beträgt  $0,1 \text{ mm}^2$ , die Messdauer beträgt 30 Sekunden bei einer Spannung von  $15 \text{ kV}$  und einem Probenstrom von  $600 \text{ pA}$ . Die leichten Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die die Hauptbestandteile von Dopplerit sind, wurden nicht quantifiziert, da dies mit dieser Methode nicht möglich ist. Lediglich die metallischen Elemente und Schwefel wurden quantifiziert. Ihr Gesamtgehalt beträgt nur wenige Prozent. So ist Kalzium neben Schwefel das dominierende Element in den Doppleriten der drei untersuchten Lokalitäten. Magnesium ist in Dopplerit von Gontenbad vorhanden, fehlt aber in Dopplerit von Obbürgen und von Zugerberg. Natrium ist in der Probe von Gontenbad nicht vorhanden, jedoch in jenen von Obbürgen und von Zugerberg.

### 6.4 Chemische Analyse mittels Infrarotspektroskopie

Die Infrarotspektroskopieanalysen wurden am Departement für Geologie des Kantonalen Museums für Naturwissenschaften in Lausanne durchgeführt. Das verwendete Infrarotspektrometer mit Fourier-Transformation (FTIR) ist ein PerkinElmer® Spectrum Two, ausgestattet mit einem Attenuated Total Reflection (ATR) Modul. Die Infrarotspektroskopie nutzt die spezifischen Eigenschaften chemischer Bindungen, die bestimmte Fre-

quenzen der Infrarotstrahlung absorbieren, wenn man sie zum Schwingen bringt.

Durch Messung, bei welchen Infrarotfrequenzen eine Substanz absorbiert, können die Arten chemischer Bindungen bestimmt werden. Die zu analysierende Probe wird gegen einen Sensor gepresst, einen flachen Diamanten von  $1 \times 1 \text{ mm}$ . Ein Infrarotstrahl wird durch den Sensor gesendet und interagiert in einem sehr kleinen Volumen nahe der Oberfläche der Probe. Damit erhält man ein Absorptionsspektrum, das eine chemische Signatur der Verbindungen dieser Probe ist, mit Absorptionsbändern, die den verschiedenen Vibrationsmodi der chemischen Bindungen der analysierten Verbindung entsprechen. Jede Messung wurde mit einem Durchschnitt von 64 Scans durchgeführt, um die Genauigkeit der Daten zu verbessern. Zudem wurde eine spektrale Auflösung von  $4 \text{ cm}^{-1}$  festgelegt, was eine feine Unterscheidung der Absorptionsbänder ermöglichte. Das Spektrum wurde zwischen  $4000$  und  $550 \text{ cm}^{-1}$  aufgezeichnet, was dem mittleren Infrarot entspricht, unter Anwendung einer Standard-Baseline-Korrektur mit der Software Spectrum<sup>®</sup> von PerkinElmer<sup>®</sup>.

## 6.5 Ergebnisse

Die Spektren der analysierten Substanzen für die drei verschiedenen Standorte sind in Abbildung 8 dargestellt. Die Spektren zeigen sehr grosse Ähnlichkeiten, bei allen drei Proben ergaben sich dieselben Absorptionsbänder, und die relativen Intensitäten sind ebenfalls praktisch identisch; die Verbindungen sind daher chemisch sehr ähnlich. Durch den Vergleich der Position der Absorptionsbänder und ihrer relativen Intensität mit Daten aus der Literatur werden grosse Ähnlichkeiten mit Verbindungen festgestellt, die in anderen Ländern wie in Polen (SASS-GUSTKEIWICZ und KWIECINSKA 1999), Schottland (VAUGHAN et al. 1989) und Norddeutschland (HELLER et al. 2015) als «Huminsäure» oder «Dopplerit» beschrieben wurden. Es gibt auch gemeinsame Bänder in industriellen Verbindungen (Dünge-

mittel) auf der Basis von Huminsäure (KARPUKHINA et al. 2018) und Huminsäure, die aus Boden extrahiert wurde (SENESI et al. 2003).

Aufgrund der Literatur können verschiedene Molekülgruppen identifiziert werden. Die Synthese dieser Analyse wird in Tabelle 1 dargestellt. Die wichtigsten identifizierten Gruppen sind:

- Carboxylatgruppen  $-\text{COO}^-$ , in grosser Zahl aufgrund der sehr hohen Absorption der Bänder bei  $1590$  und  $1375 \text{ cm}^{-1}$ , die jeweils den asymmetrischen und symmetrischen Streckungen der  $-\text{COO}^-$ -Gruppen zugeschrieben werden, sowie das Vorhandensein eines Bandes bei  $1680\text{--}1700 \text{ cm}^{-1}$ , das die Streckungsvibrationen der  $\text{C}=\text{O}$ -Bindungen (SASS-GUSTKEIWICZ und KWIECINSKA 1999; PRETSCH et al. 2009; KARPUKHINA et al. 2018) wiedergibt.
- Alkoholgruppen ( $\text{C-OH}$ ) und insbesondere Phenole ( $\text{OH}$ -Gruppe an einen aromatischen Ring gebunden), durch mehrere Absorptionsbänder hervorgehoben. Das sehr breite Band bei  $3240 \text{ cm}^{-1}$  entspricht den Streckungsvibrationen der  $\text{O-H}$ -Bindungen

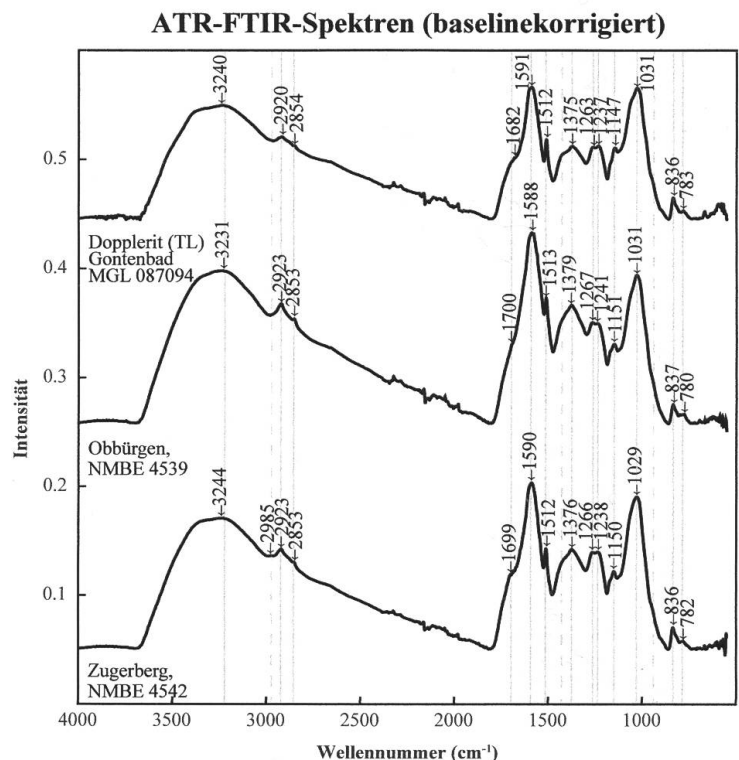


Abbildung 8: Infrarotspektren der Dopplerit-Proben von Gontenbad (Topotyp MGL 087094), von Obbürgen (NMBE 4539) und von Zugerberg (NMBE 4542).

Dopplerit Topotyp, Gontenbad, MGL 087094	Obbürgen, NMBE 4539	Zugerberg, NMBE 4542	Bandenzuweisung
3000–3500 (breit)	3000–3500 (breit)	3000–3500 (breit)	O-H-Streckung in Alkohol, Carbonsäuren und Wasser
–	–	2985 (schwach)	C-H-Streckung in C-H (aromatisch)
2920 (scharf)	2923 (scharf)	2923 (scharf)	CH <sub>2</sub> symmetrische Streckung
2853 (mittel, scharf)	2854 (mittel, scharf)	2853 (mittel, scharf)	CH <sub>2</sub> asymmetrische Streckung
1682 (mittel, Schulter)	1700 (mittel, Schulter)	1699 (mittel, Schulter)	C=O-Streckung von Carbonylgruppen, die an C=C oder aromatisches C gebunden sind.
1591 (stark)	1588 (stark)	1590 (stark)	COO- asymmetrische Streckung, aromatisches C
1512 (mittel, scharf)	1513 (mittel, scharf)	1512 (mittel, scharf)	Streckung des Skelett-C in aromatischen Ringen (C=C)
1410–1420 (Schulter)	1410–1420 (Schulter)	1410–1420 (Schulter)	O-H-Deformation und C-O-Streckung des phenolischen OH
1375 (mittel)	1379 (mittel)	1376 (mittel)	COO- symmetrische Streckung, CH <sub>2</sub> - und CH <sub>3</sub> -Biegung
1237–1263 (mittel)	1241–1267 (mittel)	1238–1264 (mittel)	Streckung von C-OH (Phenol), C-O-Me, OH-Biegung von COO-
1147 (mittel, scharf)	1151 (mittel, scharf)	1150 (mittel, scharf)	C-O-Streckung in Alkohol
1031 (stark)	1031 (stark)	1029 (stark)	C-O- oder C-O-C-Streckung von Polysacchariden
~ 920 (schwach, Schulter)	~ 920 (schwach, Schulter)	~ 920 (schwach, Schulter)	OC-OH-Biegung ausserhalb der Ebene, =CH-Deformation, CH-Deformation in Aromaten
836 (schwach, scharf)	837 (schwach, scharf)	836 (schwach, scharf)	
780 (schwach, scharf)	780 (schwach, scharf)	780 (schwach, scharf)	

Die Bandpositionen sind in Wellenzahlen (cm<sup>-1</sup>) angegeben.

Tabelle 1:

Zusammenfassung der Interpretationen der Infrarotspektren der untersuchten Dopplerit-Proben von Gontenbad (Topotyp MGL 087094), von Obbürgen (NMBE 4539) und von Zugerberg (NMBE 4542).

(PRETSCH et al. 2009; KARPUKHINA et al. 2019). Das Band bei etwa 1150 cm<sup>-1</sup> wird der Streckungsvibration der C-O-Bindungen einer Alkoholgruppe C-OH zugeordnet. Darüber hinaus sind die Bänder bei 1410–1420 cm<sup>-1</sup> und 1237–1263 cm<sup>-1</sup> mit den Streckungsvibrationen der C-OH-Bindungen von Phenolgruppen verbunden (PRETSCH et al. 2009; KARPUKHINA et al. 2019). Es sei darauf hingewiesen, dass dieses letzte Doppeltband bei 1237–1263 cm<sup>-1</sup> auch als Anzeichen für Komplexierung betrachtet wird, mit der Hypothese von C-O-Me-Bindungen (wobei Me ein Kation ist)

(VAUGHAN et al. 1989; PRADHAN et al. 2018; SENESI et al. 2003).

Aromatische Ringe, mit der hervorragenden Prominenz des Bands bei 1590 cm<sup>-1</sup>, das zuvor den Carboxylgruppen zugeordnet wurde und welches möglicherweise Absorptionsbänder im Zusammenhang mit aromatischen C-C-Bindungen (VAUGHAN et al. 1989; SASS-GUSTKEIWICZ und KWIECINSKA 1999; KARPUKHINA et al. 2019) verdecken könnte. Ein Band bei 1512 cm<sup>-1</sup> wird ebenfalls den Streckungsvibrationen der C-C-Bindungen aromatischer Ringe zugeschrieben (VAUGHAN et al. 1989;

PRETSCH et al. 2009). Es sei darauf hingewiesen, dass die zuvor identifizierten Phenolverbindungen auch ein Indiz für das Vorhandensein aromatischer Ringe sind.

- Wichtige Polysaccharidderivate, mit einem bedeutenden Absorptionsband bei  $1030\text{ cm}^{-1}$ , das den Streckungsvibrationen der C-O- und C-O-C-Bindungen entspricht, ein gemeinsames Band vieler pflanzlicher Polymere wie Cellulose (PRETSCH et al. 2009; SENESI et al. 2003; KARPUKHINA et al. 2019).
- Aliphatische Strukturen (Kohlenstoffketten) in geringerem Masse; sie werden durch einige Schulterbänder bei etwa  $2923$  und  $2853\text{ cm}^{-1}$  angezeigt, welche den symmetrischen und asymmetrischen Streckschwingungen der C-H-Bindungen der  $-\text{CH}_2$ -Gruppen zuzuordnen sind. Die starke Absorption bei etwa  $1375\text{ cm}^{-1}$ , die zuvor den Carboxylatgruppen zugeordnet wurde, könnte auch Absorptionsbänder von Deformationsvibrationen der  $\text{CH}_2$ -Gruppen verbergen (PRETSCH et al. 2009; KARPUKHINA et al. 2019).

Zusammenfassend weisen die analysierten Substanzen eine starke Polymerisation auf, mit dem Vorhandensein von aromatischen und sogar heterocyclischen (Polysaccharidderivate) Ringen, was auf ihre pflanzliche Herkunft hinweist. Aliphatische Ketten sind in geringem Masse vorhanden. Viele funktionelle Gruppen wie Carboxylat- und Alkoholgruppen sind oft direkt an den Ringen substituiert. Diese Funktionen erklären die Chelatfähigkeiten (COO-Me- oder C-O-Me-Gruppen) und ermöglichen die Bindung von Kationen wie  $\text{Ca}^{2+}$ , die in allen chemischen Analysen der hier untersuchten Dopplerit-Proben beobachtet wurden.

## 7 Dopplerit – ein Mineral?

Dopplerit wird in der Fachwelt als «diskreditiertes, nicht anerkanntes Mineral» angesehen. Im Folgenden soll darauf eingegangen werden, wieweit Dopplerit sich von den anerkannten Mineralien unterscheidet.

Als Mineral wird ein natürlicher Bestandteil der festen Erdkruste mit einer homogenen che-

mischen Zusammensetzung bezeichnet. Solche Bestandteile entstehen durch geologische Prozesse, entweder auf der Erde oder in extraterrestrischen Körpern wie z. B. Meteorite. Minerale liegen in der Regel in fester Form vor; selten sind sie flüssig wie etwa gediegenes Quecksilber. Mineralien sind fast ausnahmslos kristallisierte Formen von Mineralen und nur selten amorph, also ohne Kristallgitter.

Eine Mineralart zeichnet sich durch eine einheitliche chemische Beschaffenheit und – bei Mineralien im festen Aggregatzustand – durch eine definierte Kristallstruktur aus (Nickel und Grice 1998). Bei amorphen Substanzen wie Gele, Glas und Bitumen fehlt eine Kristallstruktur und die Bestimmung basiert auf speziellen Analysemethoden wie Infrarot- oder Ramanspektroskopie. Bei solchen Substanzen besteht oft die Unsicherheit, ob es sich dabei um eine chemisch einheitliche Phase oder um ein Gemisch aus verschiedenen Stoffen handelt, wobei es sich im zweiten Fall eher um ein Gestein (und kein Mineral) handelt.

Ob eine Probe als Mineral anerkannt wird, entscheidet eine Kommission der Internationalen Mineralogischen Vereinigung (International Mineralogical Association IMA: Commission on New Minerals and Mineral Names). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen werden neue Ergebnisse zur chemischen Charakterisierung von Dopplerit vorgestellt. Diese bestätigen die Vermutung von FRÜH und SCHRÖTER (1904), wonach es sich beim Dopplerit um keine einheitliche Verbindung, sondern um ein Gemenge verschiedener Huminsäuren handelt. Dadurch erscheint nach heutigem Wissensstand eine Zuordnung als Mineral nicht gerechtfertigt. Aus diesem Grund dürfte Dopplerit von der IMA weiterhin als diskreditierte Mineralart bezeichnet werden. Im «Mineralienlexikon der Schweiz» (STALDER et al. 1998) wird Dopplerit zwar nicht im eigentlichen Mineralienverzeichnis aufgeführt, immerhin aber im Anhang unter «Organische Mineralien und andere organische Materialien».

Trotzdem ist Dopplerit der Vollständigkeit halber in die Mineralogischen Tabellen von

Strunz-mindat (2023, [www.mindat.org/strunz.php](http://www.mindat.org/strunz.php)) mit der Nummer 10.CA.70 (10: Organische Verbindungen, C: Verschiedene Organische Mineralien, CA: Verschiedene Organische Mineralien) aufgenommen worden. Strunz-mindat (2023) basiert auf der Klassifizierung von STRUNZ (2001, 9. Ausgabe), die von Jim Ferraiolo und anderen erweitert und von mindat.org gepflegt wird.

## 8 Dank

Prof. Dr. Beda Hofmann, Institut für Geologie der Universität Bern und Naturhistorisches Museum Bern, danken wir für das Zurverfügungstellen der Doppleritproben von Obbürgen und von Zugerberg. Roland Inauen, Landammann des Kantons Appenzell Innerrhoden, hat uns alte Photographien sowie Informationen zum Torfabbau im Gontenmoos vermittelt – vielen Dank. Für das Transkribieren historischer Sammlungsetiketten möchten wir uns bei Dr. Urs Leu, Zentralbibliothek Zürich, bedanken. Ebenso bedanken wir uns bei Joëlle Soom, Kirchberg, für die grafische Bearbeitung der Abbildung 5.

Die physikalisch-chemischen Analysen und ihre Interpretation wurden finanziell durch das SwissCollNet-Projekt SCN201-VD der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften unterstützt. Die Autoren profitierten von den Einrichtungen der Labors für Mineralsynthese, Radiokristallographie und Infrarotspektroskopie der Abteilung für Geologie des Muséum cantonal des sciences naturelles in Lausanne (Naturéum) sowie von den Möglichkeiten, die ihnen dort zur Verfügung standen. Die chemischen Analysen wurden im Labor für Elektronenmikroskopie des Instituts für Geowissenschaften der Universität Lausanne durchgeführt.

## 9 Literaturverzeichnis

- DEICKE J.C. (1858): Über die Diluvial-Kohle bei Mörschwyl im Kanton St.Gallen. – Neues Jahrbuch für Mineralogie und Paläontologie 1858, 659–663.
- DEICKE J.C. (1862): Die nutzbaren Mineralien der Kantone St.Gallen und Appenzell. – Bericht über die Thätigkeit der St.Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft während des Vereinsjahres 1861–62, 90–112.
- FRÜH J.J. (1883): Über Torf und Dopplerit. Eine minerogenetische Studie für Geognosten, Mineralogen, Forst- und Landwirthe. – Verlag von J. Wurster & Cie, Zürich.
- FRÜH J.J. und SCHRÖTER C. (1904): Die Moore der Schweiz mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. – Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, 3. Lieferung. A. Francke (vormals Schmid & Francke), Bern.
- GÜMBEL C.W. (1858): Über das Vorkommen von Torf-Pechkohle (Dopplerit) im Dachelmoos bei Berchtesgaden. – Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 278–286.
- HAIDINGER W. (1849): Bericht über die von dem k. und k. Akademiker Herrn Bergrath Chr. Doppler vorgelegte Substanz (Dopplerit). Wien.
- HELLER C., ELLERBROCK R.H., ROSSKOPF N. KLINGENFUSS C. und ZEITZ J. (2015): Soil organic matter characterization of temperate peatland soil with FTIR-spectroscopy: effects of mire type and drainage intensity. – European Journal of Soil Science 66: 847–858. <https://doi.org/10.1111/ejss.12279>
- HOFMANN B., SOOM M., KÜRSTEINER P. und GRAESER S. (2014): Wenig bekannte Tonmineralien: Neufunde von Dickit, Palygorskit und Rectorit aus der Schweiz. – Schweizer Strahler 4, 23–34.
- KARPUKHINA E., MIKHEEV I., PERMINOVA I., VOLKOV D. und PROSKUMIN M. (2019): Rapid quantification of humic components in concentrated humate fertilizer solutions by FTIR spectroscopy. – Journal of Soils and Sediments 19: 2729–2739. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2133-x>
- Katalog der Sammlung von Andreas Ludwig. Aufbewahrt im Naturmuseum St. Gallen.
- KAUFMANN F.J. (1865): Über den Dopplerit von Obbürgen und über das Verhältniss zu Torf und mineralischen Kohlen nebst Bemerkungen über künstliche pechkohlenartige Substanzen. – Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt, Band 15, Heft 3, 283–296. Wien.

- KELLER O. (2024): Eiszeitflüsse haben «tiefe» Spuren hinterlassen. – *Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft*, Band 95, 245–276.
- KELLER O. und KRAYSS E. (1991): Geologie und Landschaftsgeschichte des voralpinen Appenzellerlandes. – *Das Land Appenzell*, Heft 21/22. Verlag Appenzeller Hefte, Herisau.
- KENNGOTT G.A. (1850): Ueber den Dopplerit. *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* 1, 303–306. Wien.
- KLOCKMANN F. (1892): *Lehrbuch der Mineralogie für Studierende und zum Selbstunterricht*. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart.
- KÜRSTEINER P. und SOOM M. (2007): *Mineralien im Alpstein*. Appenzeller Verlag, Herisau.
- KÜRSTEINER P. und SOOM M. (2015): Erstnachweis des Minerals Dickit in der Subalpinen Molasse – Fund von Dickit im Ibachtobel bei Steinegg, Appenzell. – *Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft* 92, 233–242.
- LUDWIG A., EUGSTER H. und BÄCHLER E. (1931): *Berichte über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft im st.gallisch-appenzellischen Molasseland, im Fähnern- und Wildkirchligebiet vom 9.–11. September 1930*. – *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 24/1, 125–157.
- NAUMANN C.F. (1885): *Elemente der Mineralogie*. 12. vollständig neu bearbeitete und ergänzte Auflage von Dr. Ferdinand Zirkel. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- NICKEL E.H. und GRICE J.D. (1998): The IMA Commission on new minerals and mineral names: procedures and guidelines on mineral nomenclature, 1998. – *The Canadian Mineralogist* 36, 1–15.
- POTONIÉ H. (1911): *Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten*. – Band II: *Die Humusbildungen* (1. Teil). Königliche Geologische Landesanstalt, Berlin.
- PRADHAN S., HEDBERG J., ROSENQVIST J., JONSSON C.M., WOLD S., BLOMBERG E. und ODNEVALL W.I. (2018): Influence of humic acid and dihydroxy benzoic acid on the agglomeration, adsorption, sedimentation and dissolution of copper, manganese, aluminum and silica nanoparticles – A tentative exposure scenario. – *PLoS One* 13(2). e0192553. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192553>
- PRETSCH E., BÜHLMANN P. und BADERTSCHER M. (2009): *Structure Determination of Organic Compounds – Tables of Spectral Data*, 4<sup>th</sup> edition. Springer Berlin, Heidelberg, ISBN 978-3-540-93809-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-93810-1>
- SASS-GUSTKIEWICZ. M. und KWIECINSKA B. (1999): Organic matter in the Upper Silesian (mississippi valley-type) deposits, Poland. – *Economic Geology* 94 (7), 981–992. doi: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.94.7.981>
- SENESE N., D’ORAZIO V. und RICCA G. (2003): Humic acids in the first generation of EURO-SOILS. – *Geoderma* 116 (3–4): 325–344. ISSN 0016-7061. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00107-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00107-1)
- STALDER H.A., WAGNER A., GRAESER S. und STUKER P. (1998): *Mineralienlexikon der Schweiz*. Wepf & Co., Basel.
- STRUNZ H. (2001): *Mineralogical tables: chemical structural mineral classification system*. 9. Edition. Schweizerbart, Stuttgart.
- TSCHUDY J.J. (1850): Vorkommen von Dopplerit in den Torflagern beim Bade Gonten nächst Appenzell. – *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, 4. Band, 274. Wien.
- VAUGHAN D., RUSSELL J.D., ORD B. G., ANDERSON H.A. und FRASER A.R. (1989): Characterization of a Scottish dopplerite. – *Geoderma* 43(4): 325–335. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(89\)90061-X](https://doi.org/10.1016/0016-7061(89)90061-X)
- WÄSPE R. (1985): *Johann Baptist Isenring 1796–1860 Druckgraphik*. Staatsarchiv St. Gallen. Kommissionsverlag: Buchhandlung am Rösslior, St. Gallen.
- WANNER S. (1874): *Naturhistorische Skizzen aus dem Appenzellerland*. Vortrag gehalten am Clubfest in Herisau den 7. September 1873 von Stefan Wanner, Lehrer an der Kantonsschule in Trogen. Trogen, Druck der Schläpfer’schen Buchdruckerei (Bächinger & Kübler).
- WANNER S. (1877): *Naturhistorische Skizzen aus dem Appenzellerland*. Vortrag des Herrn Stefan Wanner, Lehrer an der Kantonsschule in Trogen, am Clubfest in Herisau den 7. Sept. 1873. – *Appenzellische Jahrbücher* 1877, 62–107.
- WARTMANN B. (1883): Bericht über das 63. Vereinsjahr. – Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft während des Vereinsjahres 1881/82, 1–54.

**Internet-Links**

[www.geo-alpstein.ch](http://www.geo-alpstein.ch)

[www.mindat.org](http://www.mindat.org)

[www.unil.ch/mcg/home.html](http://www.unil.ch/mcg/home.html)