

**VERKIESELTE BAUMSTÄMME
AUS DEM UNTERPERM DES DRAUZUGES
BEI LAAS (KÄRNTEN)**

BACHELORARBEIT

eingereicht von

Johanna KOTHE

an der

LEOPOLD-FRANZENS-UNIVERSITÄT INNSBRUCK
FAKULTÄT FÜR GEO- UND ATMOSPÄRENWISSENSCHAFTEN

Betreuer:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Karl Krainer

Innsbruck, September 2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
I Zusammenfassung.....	3
II Abstract.....	4
III Danksagung.....	5
1. Einleitung und Problemstellung.....	6
2. Geographische und Geologische Lagebeschreibung.....	9
2.1 Geographie.....	9
2.2 Geologie.....	10
3. Methodik.....	11
3.1 Feldarbeit. Profilaufnahme, Beprobung,.....	11
3.2 Durchlichtmikroskopie.....	12
3.3 Röntgenpulverdiffraktometrie (XRPD).....	12
3.4 Energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (EDXRFA).....	13
3.5 Ramanspektroskopie.....	13
3.6 Lignin-Nachweis mit salzsaurer Phloroglucin-Lösung.....	14
4 Das Perm bei Laas.....	14
4.1 Laas Formation.....	15
4.2 Gröden Formation.....	16
5 Pflanzenfossilien in der Laasformation.....	16
6. Ergebnisse.....	17
6.1 Feldarbeit.....	17
6.2 Durchlichtmikroskopie.....	26
6.3 Röntgenpulverdiffraktometrie (XRPD).....	31
6.4 Röntgenfluoreszenzanalyse(EDXRFA).....	33
6.5 Ramanspektroskopie.....	35
6.6 Lignin-Nachweis.....	36
7. Interpretation.....	38
8 Schlussbetrachtung.....	39
9 Quellenverzeichnis.....	40
Abbildungsverzeichnis.....	42

I Zusammenfassung

In der vorliegenden Bachelorarbeit geht es darum, verkieselte Baumstämme in der unterpermischen Laas Formation zu untersuchen und eine sedimentologische Untersuchung der Laas Formation, durchzuführen. Das Untersuchungsgebiet liegt nördlich von Kötschach in den westlichen Gailtaler Alpen in Kärnten.

Die Untersuchung umfasst die genaue Aufnahme der Baumstämme, also Größe und Orientierung, sowie die Rekonstruktion von Ablagerungs- und Verkieselungsbedingungen. Des Weiteren werden Laas und Gröden Formation genau beschrieben und miteinander verglichen, da es bisher immer hieß, die Baumstämme lägen in der Gröden Formation (NIEDERMAYR et al., 1978; NIEDERMAYR & SCHERIAU-NIEDERMAYR, 1982).

Dafür wurden Proben von Holz und Sedimenten genommen und Dünnschliffe und Pulver angefertigt, um mittels Röntgenpulverdiffraktometrie, Ramanspektroskopie und Röntgenfluoreszenzanalyse, Informationen über die Mineralogie und Chemie der Kieselhölzer zu bekommen und um am Durchlichtmikroskop Strukturen von Holz und Gesteinen zu erkennen.

Zusammenfassend lässt sich zu den Gesteinen sagen, dass die Kieselhölzer tatsächlich in der Laas Formation liegen, dass es auch im Unterperm schon vereinzelt zu Vulkanismus kam und dieser vermutlich auch den Ursprung der Kieselsäure in den Hölzern bildet. Die graue Farbe der Sedimente ist ein Hinweis auf ein feuchteres Klima. Bezüglich der Kieselhölzer lässt sich festhalten, dass sie höchstwahrscheinlich eingekieselt sind, alle Hohlräume sind mit reinem Quarz verfüllt und in den Zellwänden ist noch Kohlenstoff enthalten. Die ursprüngliche Holzstruktur ist meistens noch sehr gut erhalten. Bei den Baumstämmen handelt es sich um Dirfthölzer.

II Abstract

The aim of this bachelor thesis is the analysis of petrified wood and the sedimentology of the Laas Formation, where the wood is deposited. The location where the petrified wood was found is near Laas in the western Gailtaler Alpen in Carinthia, Austria.

The analysis includes the measuring of the logs – their orientation and size as well as the reconstruction of the depositional environment and petrification. Furthermore I described and compared the Laas Formation and the Gröden Formation because in the literature the petrified wood was ascribed to the Gröden Formation.

We collected samples of wood and rocks and prepared thin sections as well as powder to get information about the chemical composition of the petrified wood by x-ray powder diffraction, raman spectroscopy and x-ray fluorescence analysis. We used the optical microscope to study the structure of wood and the petrography of the sedimentary rocks.

The results show that the petrified wood occurs within the Laas Formation and not, as hitherto believed in the Gröden Formation. Sedimentary petrography indicates that volcanic activity was present during deposition of the Laas Formation. The acid volcanic material is probably the source of silica for the permineralisation.

The wood was silicified in that way that the original cell structures were well preserved.

All cell lumina is filled with quartz, the cell wall still contains carbon

III Danksagung

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, ein paar Menschen zu danken, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zu allererst möchte ich dem Geopark Karnische Alpen danken, der die Anregung zu dieser Arbeit gegeben hat, insbesondere Gerlinde Ortner, die uns vor Ort tatkräftig unterstützt hat.

Großer Dank gilt Herrn Ao.Univ.-Prof. Dr. Krainer für die gute Betreuung, für seine Geduld und seine Hilfe!

Des Weiteren danke ich Julia Wallraf für die Herstellung der Dünnschliffe, sowie Ass.-Prof. Dr. Richard Tessadri und Ph.D. Ralf Tappert für die chemische Analyse der Kieselhölzer.

Stefan, ich danke dir für die motivierenden Telefonate, wenn ich nicht weiterwusste, mich in der Arbeit verrannt hatte oder die Motivation fehlte!

Und da der Bachelor mit dieser Arbeit abgeschlossen sein wird, möchte ich noch all meinen Studienkollegen danken – es war eine super Zeit mit euch! Danke!!

1. Einleitung und Problemstellung

Verkieselte Hölzer treten weltweit auf. Oft werden nur vereinzelte Baumstämme oder Bruchstücke davon gefunden, teilweise sind aber auch Holzlagerplätze, an denen Baumstämme angeschwemmt wurden, und manchmal sogar ganze Wälder mit Bäumen in ihrer ursprünglichen aufrechten Wuchsposition und Hinweisen auf die „Lebensgemeinschaft Wald“ mit beispielsweise Farnen, Bärlappen und Pilzsporen erhalten. Geographische und zeitliche Einschränkungen gibt es kaum, Verkieselung erfolgt(e) in tropischen Klimaten ebenso wie in der Wüste oder den Polregionen (z.B. STUBBLEFIELD & TAYLOR, 1986; KALKOWSKY, 1901; LEO & BARGHOORN, 1976) und die bislang ältesten Funde werden auf das frühe Devon vor 400 Millionen Jahre (Ma) datiert, während die jüngste Funde unter optimalen Bedingungen innerhalb der letzten –zig Jahre entstanden (AKAHANE et al., 2004; LEO & BARGHOORN, 1976). Beispiele für bekannte Fundstellen sind der Petrified Forest Nationalpark in Arizona, der versteinerte Wald in Khorixas, Namibia, der versteinerte Wald in Patagonien, sowie Nevada, Thailand, Indonesien oder Ecuador. Ein bekanntes Beispiel in Europa ist der versteinerte Wald in Chemnitz, wo die Bäume noch in ihrer aufrechten Orientierung erhalten sind. Auch in Österreich kommen Kieselhölzer vor, allerdings sind diese meist nur vereinzelt. Eine der wenigen Ausnahmen stellen die Kieselhölzer von Laas in Kärnten dar, die in dieser Bachelorarbeit untersucht werden. In den 30er Jahren wurde dort bei Sprengungsarbeiten der sogenannte „Baumstamm von Laas“ freigelegt. Der knapp 9 m lange Baumstamm mit einem Durchmesser von über einem halben Meter wird als das größte Pflanzenfossil Österreichs angesehen (Informationsmaterial des Geoparks Karnische Alpen). Der Baumstamm ist laut Infotafel des Geoparks auf ein Alter von 280 Ma datiert und stammt somit aus dem Unterperm, bzw. soll er in der Gröden Formation liegen, allerdings gibt es Zweifel an der korrekten Zuordnung des Stammes zur Stratigraphie. Seit er in den 60er Jahren zum Naturdenkmal erklärt wurde, gab es einige weitere Funde im direkten Umfeld des „Baumstammes von Laas“. Der Geopark Karnische Alpen betreibt einige Geotrails und stellt auf seiner Homepage, bzw. im Besucherzentrum in Dellach/Gail Informationen zu Geotopen zur Verfügung. Da der „Baumstamm von Laas“ in den Laaser Geotrail mit eingebunden werden sollte, entstand die Idee, eine Bachelorarbeit zu vergeben, im Rahmen derer die Kieselhölzer genauer untersucht werden sollen.

Kieselhölzer - Stand der Forschung

Normalerweise wird Holz nach seinem Absterben innerhalb weniger Jahre zersetzt. Der Abbau von organischem Material durch Mikroorganismen, insbesondere Pilze, spielt dabei eine entscheidende Rolle. Ob und wie aktiv diese Organismen sind, hängt von den

jeweiligen Umweltbedingungen ab: Feuchtigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Sedimenteintrag sind die wichtigsten Parameter: Feuchtes Holz wird schneller abgebaut, als trockenes. Bei Temperaturen zwischen 2 und 30°C sind die Bedingungen für Pilze optimal, sich zu vermehren und die Zersetzung zu beschleunigen. Bei höheren oder geringeren Temperaturen steigen die Chancen für den Erhalt des Holzes. Für die Aktivität von Pilzen ist der pH-Bereich zwischen 4,5 und 7 optimal, aber erst unter 4, sowie über 9 geht die Pilzaktivität entscheidend zurück. Die wohl wichtigste Voraussetzung für die Entstehung von Kieselhölzern ist der Abschluss von Sauerstoff, ohne den die holzabbauenden Pilze nicht leben können. Häufig erfolgt dieser durch die schnelle Einlagerung in vulkanische Asche. Eine andere Möglichkeit ist Wassersättigung kombiniert mit schnellem Eintrag feinkörniger Sedimente, wenn z.B. ein Baumstamm in eine Senke fällt, in der sich Schlamm oder Wasser staut und reichlicher Sedimenteintrag gegeben ist. In beiden Fällen wird die Sauerstoffzufuhr unterbunden und somit die mikrobielle Aktivität unterbunden (LEO & BARGHOORN, 1976). Eine weitere Voraussetzung für die Entstehung von Kieselhölzern ist das Vorhandensein von Kieselsäure, die sowohl in vulkanischer Asche, als auch in geringer Menge in meteorischem Wasser enthalten ist. Es ist zu beachten, dass die Kieselholzentstehung vermutlich durch verschiedene Prozesse ablaufen kann. KALKOWSKY (1901) unterschied erstmals zwischen Verkieselung und Einkieselung. Als Verkieselung bezeichnet er einen Prozess, bei dem vorhandenes Material durch Kieselsäure, bzw. Chalcedon verdrängt und ersetzt wird, die Einkieselung hingegen „ist nach Analogie mit einseifen, einfetten, u.s.w. gebildet“, hierbei bleibt die Struktur des Ausgangsmaterials erhalten. Diese zwei Vorgänge sind als „zwei ganz verschiedene Arten der Imprägnation mit Kieselsäure“ anzusehen (KALKOWSKY, 1901, S. 71f.). STORZ (1925, S. 369) ging darauf genauer ein und formulierte als Voraussetzungen für die Einkieselung „Hohlräume [...], in denen sich Kieselsäure abscheidet“ und für die Verkieselung „ein bereits vorhandener Mineralstoff, der durch Kieselsäure verdrängt wird“. Ein vollständig verkieselter Baumstamm enthält kein organisches Material mehr und nur selten histologische Strukturen des einstigen Baumes – von Mineralen nachgebildet. Allerdings sind bezüglich der Verkieselung noch viele Fragen offen.

Wesentlich besser erforscht ist die Einkieselung. Hier wird eine dünne Schicht aus Kieselsäure auf der Zellulose der Zellwände abgelagert, indem die beiden über Wasserstoffbindungen miteinander verbunden werden. Dieser Prozess wirkt wie eine Imprägnierung, die das Holz zunächst vor weiterer Zersetzung schützt (VINEY, 2008, LEO & BARGHOORN, 1976). Zum weiteren Ablauf schildern LEO & BARGHOORN (1976) einen Prozess der Polymerisation und Umkristallisation: Die durch Wasserstoffbindungen mit der Zellulose verbundene Kieselsäure polymerisiert zu amorphem Opal (Opal-A), der in weiterer Folge zu stabileren Formen auskristallisiert. Auf Opal-A folgen Opal-CT, eine ungeordnete Wechsellagerung von Christobalit und Tridymit, Opal-C (reiner Christobalit) und Chalcedon,

bis schließlich die stabilste und energetisch günstigste Form, der reine Quarz, erreicht ist (auch SCURFIELD & SEGNET, 1984).

Dagegen postuliert MUSTOE (2008), dass je nach Siliziumgehalt im umgebenden Milieu unterschiedliche Formen von SiO_2 auskristallisieren. Bei einer hohen Siliziumkonzentration fällt Opal aus, bei niedriger Konzentration Chalcedon. Und nur bei sehr geringer Siliziumkonzentration kann es zu direktem Auskristallisieren von Quarz kommen.

Zu diesem Schluss kamen auch HARDER & FLEHMIG (1969), die die Quarzsynthese in direkten Zusammenhang mit Aluminium-, Eisen- und anderen Hydroxiden stellen. Nur bei stark „untersättigten SiO_2 -Lösungen – bezogen auf die Löslichkeit der amorphen Kieselsäure“ (HARDER & FLEHMIG, 1969, S. 295) kommt es zur Adsorption der Kieselsäure durch verschiedene Hydroxide, wodurch Hydroxid-Kieselsäureniederschläge entstehen. Diese enthalten bis zu 90mol% amorphes SiO_2 enthalten, welches mit der Zeit zu Quarz auskristallisiert.

Diese Theorien liefern nur Hinweise auf die Einlagerung von Kieselsäure, nicht aber darauf, wie der Kohlenstoff verschwindet. Und in der Tat sind bei eingekieselten Hölzern häufig Reste der ursprünglichen Holzsubstanz vorhanden.

Ein möglicher Grund dafür könnte die anfängliche Imprägnierung sein, aber auch ein Mangel an SiO_2 oder die Zeit, welche wiederum von den Umweltbedingungen abhängt, könnten dafür mitverantwortlich sein.

In seltenen Fällen kommt es auch zu Versteinierung durch andere Minerale wie Karbonate oder Sulfide, allerdings ist in diesen Fällen der Erhalt des versteinerten Holzes nicht in dem Maße gegeben, wie bei Quarz, da Karbonate und Sulfide nicht so resistent gegen Säure und mechanische Beanspruchung sind (LEO & BARGHOORN, 1976).

Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden die Kieselhölzer aus Laas, sowie die sedimentologischen Gegebenheiten genauer untersucht. Bei einem 2,5-tägigen Aufenthalt in Kärnten wurden Proben gesammelt, Größe und Orientierung der 6 derzeit zugänglichen Baumstämme gemessen und zwei Profile aufgenommen. Aus den Proben wurden Dünnschliffe und Pulver hergestellt, um sie mikroskopisch zu beschreiben und Analysen ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung (Röntgenpulverdiffraktometrie, Röntgenfluoreszenzanalyse, Ramanspektroskopie) durchzuführen. Überraschenderweise hat die Ramanspektroskopie der Kieselhölzer aus Laas Kohlenstoff als Bestandteil der Zellwände gezeigt. Um zu klären, ob es sich dabei lediglich um Abbauprodukte organischen Materials handelt, oder ob noch Strukturelemente des Holzes nachweisbar sind, wurden die

gewonnenen Proben mit salzsaurer Phloroglucin-Lösung behandelt, um gegebenenfalls Lignin nachzuweisen.

Mithilfe der Ergebnisse sollen Ablagerungs- und Verkieselungsbedingungen rekonstruiert werden. Weiterhin soll kritisch hinterfragt werden, ob die stratigraphische Einordnung der Stämme in der Gröden Formation korrekt ist.

2. Geographische und Geologische Lagebeschreibung

2.1 Geographie

Im Westen des österreichischen Bundeslandes Kärnten in der Gemeinde Kötschach-Mauthen liegt an der Plöckenpassstraße zwischen Kötschach-Mauthen und Oberdrauburg auf einer Seehöhe von ca. 830 m die Ortschaft Laas. Dort liegt unterhalb des Landeskrankenhauses an einem Steig hinter dem alten Kraftwerk der „Baumstamm von Laas“.

Abb. 1 zeigt die Lage von Laas auf bundesweitem Maßstab, Abb. 2 geht mehr ins Detail und zeigt Laas zwischen Gail- und Drautal.



Abbildung 1: Übersichtskarte. Beim roten Punkt liegt die Ortschaft Laas. Quelle: BEV

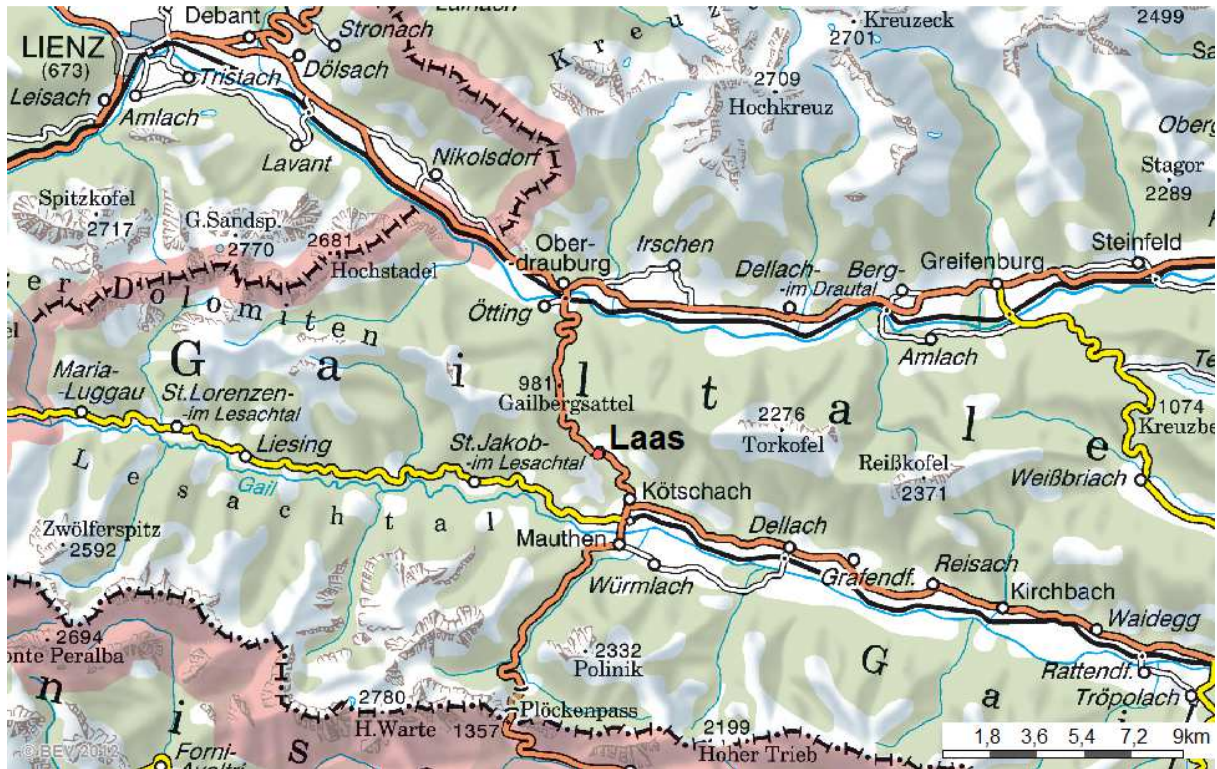


Abbildung 2: Geographische Karte mit Lage der Ortschaft Laas, Quelle BEV

2.2 Geologie

Die Gailtaler Alpen und der Drauzug

Geographisch gesehen befinden wir uns hier in den westlichen Gailtaler Alpen, die zusammen mit drei weiteren Gebirgsgruppen (Lienzer Dolomiten, Goldeckgruppe und Nordkarawanken) die geologische Einheit des Drauzuges bilden. Der Drauzug gehört zum Oberostalpin, verläuft mehr oder weniger Ost-West und erstreckt sich von Sillian im Westen bis Villach im Osten und dann, ein Stück durch die dextrale Drautalstörung nach Süden versetzt, weiter an der Südgrenze Kärntens entlang bis Slowenien.

Tektonisch wird der Drauzug von der Periadriatischen Naht im Süden und der Drautalstörung im Nordosten begrenzt.

Der Drauzug wird in vier Gesteinseinheiten unterteilt: in das Kristalline Grundgebirge („Gailtalkristallin“), das metamorphe Altpaläozoikum der Goldeckgruppe, das Karbon von Nötsch und das Permomesozoikum. Im Weiteren soll lediglich auf das Permomesozoikum eingegangen werden.

Die permomesozoischen Sedimentgesteine überlagern das kristalline Grundgebirge und das metamorphe Altpaläozoikum primär. Im Unterperm beginnt die Abfolge dieser klastischen Sedimentgesteine mit der Laas Formation. Darauf folgt die Gröden Formation (im Oberperm)

und durch einen markanten Sedimentations- wechsel durch plötzliche Klimaänderungen an der Perm-Trias-Grenze, liegt darauf scharf getrennt der Alpine Buntsandstein aus dem Unterskyth (Induan), welcher wiederum überlagert wird von der oberskythischen (Olenekian) Werfen Formation (s. Abb. 3).

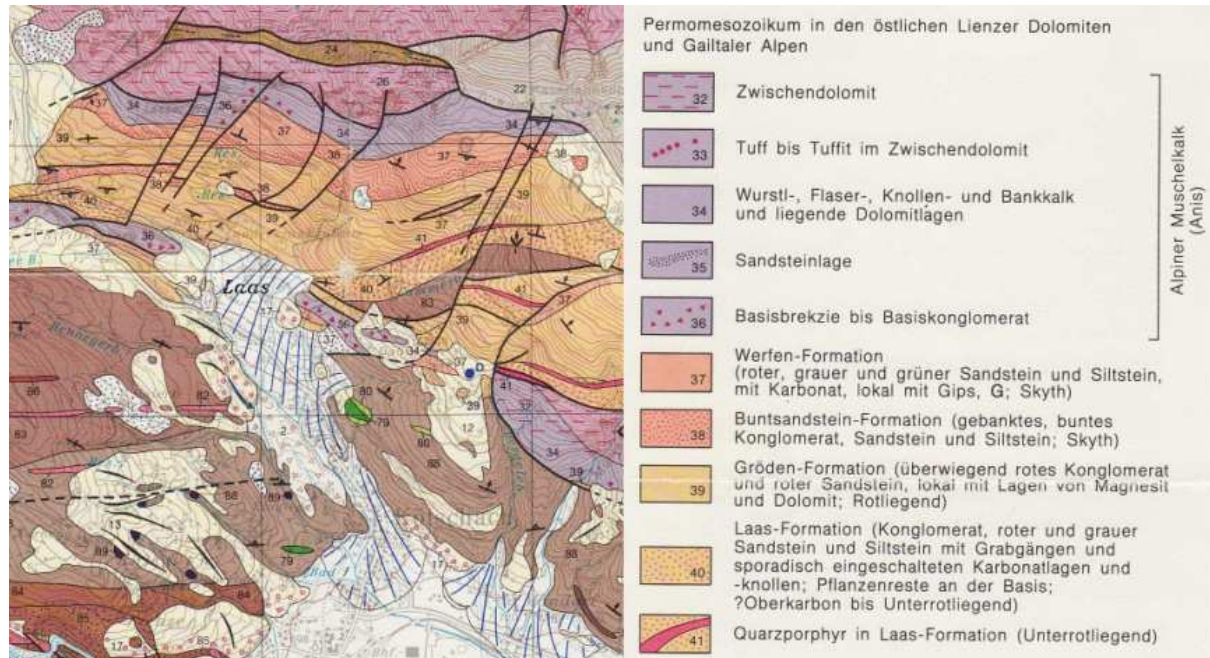


Abbildung 3: Ausschnitt aus der Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 197, Kötschach

3. Methodik

In diesem Kapitel sollen die verschiedenen Schritte der Untersuchungen und Analysemethoden beschrieben werden.

3.1 Feldarbeit: Profilaufnahme, Beprobung, Dokumentation

Vom 22. bis 24. Mai 2012 fand eine geologische Exkursion nach Laas unter Beteiligung von Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. Karl Krainer, Frau Mag. Gerlinde Ortner vom Geopark Karnische Alpen und der Autorin, Johanna Kothe, statt. Im Rahmen der Exkursion wurden Proben genommen, Größe und Lage der Baumstämme aufgenommen, Fotos gemacht, Profile gezeichnet und Schichtflächen eingemessen.

Insgesamt wurden 16 Proben gesammelt, doch darauf wird später (Kapitel 6: Ergebnisse) näher eingegangen.

3.2 Durchlichtmikroskopie

Das Durchlichtmikroskop dient dazu, optisch anisotrope Medien im Dünnschliff zu betrachten und anhand verschiedener optischer Eigenschaften z.B. Minerale zu bestimmen.

Für Farbe und Lichtbrechung der Minerale reicht einfach polarisiertes Licht aus, um z.B. die Doppelbrechung zu bestimmen werden gekreuzte Polarisatoren benötigt und für die Bestimmung des optischen Charakters wird die Betrachtung im konoskopischen Strahlengang angewendet. Diese Eigenschaften sind lediglich für die Dünnschliffe der Sandsteinproben von Relevanz.

Mindestens genauso wichtig ist das Mikroskop aber für die Betrachtung der erhaltenen Strukturen im Holz. Denn je nach Erhaltungszustand der Hölzer gibt es weitreichende Übereinstimmung zwischen der Struktur der Kieselhölzer einerseits und der Histologie frischer Hölzer andererseits, sodass in günstigen Fällen anhand der mikroskopischen Aufnahmen eine Artbestimmung möglich ist.

Deshalb wurden aus den gesammelten Proben petrographische Dünnschliffe gefertigt.

3.3 Röntgenpulverdiffraktometrie (XRPD)

Bei der Röntgenpulverdiffraktometrie wird die Probe mit monochromatischer Röntgenstrahlung bestrahlt. Die Strahlung trifft auf das Material und wird an den Gitterebenen gebeugt (Diffraktion). Der Diffraktionswinkel ist materialtypisch¹ und ist letztendlich abhängig vom Netzebenenabstand im Kristall, sowie von der Wellenlänge der Röntgenstrahlung (Braggsches Gesetz: $n \cdot \lambda = 2 d \cdot \sin \theta^2$). Der Diffraktionswinkel wird bestimmt, indem der Betrachtungswinkel kontinuierlich geändert wird und die Intensität der gebeugten Röntgenstrahlung in Abhängigkeit vom Winkel von einem Detektor aufgezeichnet wird.

So entsteht ein charakteristisches Diffraktogramm mit materialspezifischen Peaks, welches durch den Vergleich mit Diffraktogrammen bekannter Materialien die Identifikation der Materialien in der bestrahlten Probe ermöglicht.

Zur Erzeugung der Diffraktogramme reicht polykristallines Material aus. Deswegen wird Pulver verwendet, da bei der zufälligen Lage der einzelnen Körner statistisch gesehen alle

¹ Materialtypisch im Sinne der Kristallstruktur, nicht der chemischen Zusammensetzung.

² n...eine natürliche Zahl

λ ...Wellenlänge der Röntgenstrahlung

d...Netzebenenabstand

θ ...Diffraktionswinkel

Bedingungen der Bragg-Gleichung erfüllt sind. Für die vorliegende Arbeit wurden die Proben erst mit dem Hammer zerkleinert und anschließend im Achattigel fein gemörsert, bis zu einer puderartigen, „nicht mehr knirschenden“ Konsistenz. Möglicher Abrieb des Achattigels würde bei diesem Vorgehen im zu erwartenden Quarzpeak der Hölzer „untergehen“.

3.4 Energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (EDXRFA)

Die Röntgenfluoreszenzanalyse beruht darauf, dass Materie, die mit Röntgenstrahlung beschossen wird, ihrerseits auch wieder Röntgenstrahlung emittiert, deren Wellenlänge abhängig von Ordnungszahl und Konzentration der enthaltenen Elemente ist. Die emittierten Röntgenstrahlen werden mit einem Halbleiterkristall detektiert, aufgearbeitet und im Röntgenspektrum dargestellt. Die Darstellung kann energiedispersiv (in der vorliegenden Arbeit verwendet) oder wellenlängendispersiv vorgenommen werden. So ist also die qualitative und quantitative Bestimmung von Haupt- und Spurenelementen möglich. Bei der Röntgenfluoreszenzanalyse wird die Probe ebenfalls in Pulverform benötigt.

3.5 Ramanspektroskopie

Das Funktionsprinzip der Ramanspektroskopie beruht darauf, dass Materie mit Licht wechselwirkt. Mit monochromatischem Licht, in diesem Fall ein grüner Laser mit der Wellenlänge 532 nm, wird die Probe bestrahlt. Der Großteil des Lichts geht hindurch, während ein Bruchteil des Lichts gestreut wird. Hierbei treten zwei Arten von Streuung auf. Die elastische Raleigh-Streuung, die jedoch keine Änderung der Energie der Streustrahlung bewirkt, und die inelastische Raman-Streuung, welche eine Veränderung der Wellenlänge des gestreuten Lichts verglichen mit der Ausgangswellenlänge bewirkt. Dieser Effekt, Raman-Verschiebung genannt, entsteht durch Wechselwirkung des Lichts mit den Atomkernen (Oszillatoren), indem diese von einem Energie-Niveau der Schwingung in ein anderes übergehen.

Die Frequenz der Atomschwingung ist abhängig von Größe, Ladung und Masse der Atome, sowie der Bindungskraft zwischen den Atomen und der Symmetrie der atomaren Anordnung. Dadurch sind Raman-Spektren zur Identifizierung und strukturellen Charakterisierung von Substanzen geeignet. Konkret bedeutet das für diese Arbeit, dass zwischen Quarz, Chalcedon und Opal unterschieden werden kann.

Für diese Untersuchung wurde ein petrographischer Dünnschliff benötigt.

3.6 Lignin-Nachweis mit salzsaurer Phloroglucin-Lösung

Der Test zum Nachweis von Lignin wurde zusätzlich zu den anderen Analyseverfahren durchgeführt, da bei der Ramanspektroskopie Kohlenstoff als Bestandteil der Zellwände identifiziert wurde.

Da Lignin sehr verwitterungsresistent ist, war es naheliegend, dem weiter nachzugehen und seine Anwesenheit zu bestätigen, bzw. zu widerlegen, um evtl. dem Verbleib des Kohlenstoffes nach dem Prozess der Einkieselung auf die Spur zu kommen. Dafür wurden Proben der Kieselhölzer mit salzsaurer Phloroglucin-Lösung beträufelt und abgewartet, ob es zu einer Rotfärbung kommt, welche Beweis für die Anwesenheit von Lignin wäre.

4 Das Perm bei Laas

Das Perm ist der jüngste Abschnitt des Paläozoikums. Es begann vor ca. 299 Ma und endete vor 252 Ma (International Chronostratigraphical Chart). Während des Perms kam es in Mitteleuropa zu kontinentaler Sedimentation, meist durch fluviatile Prozesse (NIEDERMAYR et al., 1978). Das Unterperm ist (auch im Drauzug) durch sauren Vulkanismus geprägt, durch welchen Quarzporphyr und Tuffite abgelagert wurden (NIEDERMAYR & SCHERIAU-NIEDERMAYR, 1982, KRÄINER, 1990). Abb. 4 zeigt ein Profil durch die permoskythische Sedimentabfolge des Drauzuges.

Im Untersuchungsgebiet bei Laas treten Laas- und Gröden Formation auf.

Die Definition und Unterscheidung der beiden, bzw. die Zuordnung von Gesteinen zu diesen Namen gestaltet sich bisweilen aufgrund zahlreicher tektonischer Verwerfungen im Gelände schwierig und hat schon für viel Diskussionsmaterial gesorgt. Bis zur Untergliederung in diese Formationen durch NIEDERMAYR & SCHERIAU-NIEDERMAYR (1982) wurden Laas Formation, Gröden Formation und Alpiner Buntsandstein als „Permoskythsandstein“ zusammengefasst.

Zwei Kriterien scheinen geeignet zur Unterscheidung der beiden:

- die Anwesenheit von vulkanischen Aufarbeitungsprodukten
- die Anwesenheit von Kristallingeröllen.

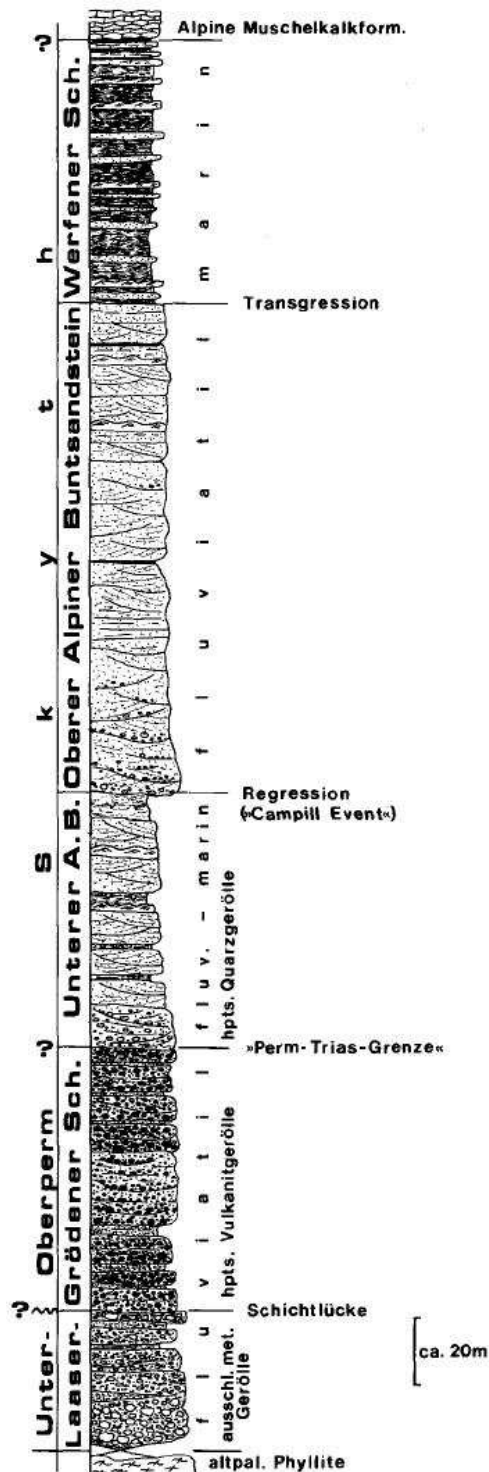


Abbildung 4: Profil durch die permoskythischen Sandsteine des Drauzuges (KRAINER, 1990).

4.1 Laas Formation

Die Laas Formation ist eine Abfolge von Silt- und Sandsteinen mit zwischengeschalteten Konglomeraten und teilweise feinkörnigen lakustrinen Ablagerungen, die im Unterperm über dem kristallinen Basement (Gailtalkristallin) in Form von alluvialen Schuttfächern kontinental

Bei NIEDERMAYR & SCHERIAU-NIEDERMAYR (1982, S. 42) heißt es, „die Sedimentation der Gröden Schichten [...] setzt [...] erst nach dem Quarzporphyrvulkanismus ein“. Daher findet man typischerweise in der Gröden Formation reichlich Aufarbeitungsprodukte und Gerölle dieser Vulkanite, die sich dem Quarzporphyrvulkanismus zuordnen lassen. Dagegen fand die Sedimentation der Laas Formation unmittelbar vor der vulkanischen Aktivität statt, bzw. wird der Vulkanismus an das obere Ende der Laas Formation gestellt. Dennoch finden sich auch in der Laas Formation gelegentlich aufgearbeitete Vulkanitgerölle, allerdings in deutlich geringeren Mengen als in der Gröden Formation und so fein aufgearbeitet, dass sie makroskopisch nicht erkennbar sind. Diese Vulkanite werden als Folge von leichtem Vulkanismus im frühen Unterperm interpretiert, der auch schon aus anderen Quellen bekannt ist und zum Beispiel in der Werchzirm Formation beschrieben wurde (KRAINER, 1987a, b 1990).

Da die Laas Formation direkt auf dem Gailtalkristallin liegt, findet sich in diesen Sedimenten auch erosiv aufgearbeitetes Material des Gailtalkristallins, welches in der Gröden Formation nur sehr selten vorkommt.

abgelagert wurde und deren Obergrenze am Top der unterpermischen Vulkanite liegt (NIEDERMAYR & SCHERIAU-NIEDERMAYR, 1982; KRAINER 1990). Die Farbe der Gesteine ist meist rot, jedoch gibt es an der Basis und im mittleren Teil grau-graugrüne Bereiche.

Die Mächtigkeit der Laas Formation variiert von wenigen Metern bis zu maximal 150 m.

Vulkanite

Nachdem die Sandsteine und Konglomerate der Laas Formation abgelagert wurden, kam es im Unterperm zu saurer vulkanischer Aktivität und Ablagerung von Ignimbriten und Tuffen.

Da die Vulkanite stellenweise von Sedimenten überlagert werden, die der Laas Formation entsprechen, werden sie noch zur Laas Formation gezählt (NIEDERMAYR & SCHERIAU-NIEDERMAYR, 1982). Es handelt sich hierbei um Quarzporphyr aus einer dunkelroten Matrix mit hellen Quarz-Einsprenglingen.

Des Weiteren ist bekannt, dass es auch schon im frühen Unterperm vereinzelt zu vulkanischer Aktivität kam (KRAINER, 1987a, b), die sich durch zwischengeschaltete dünne Tufflagen äußert.

4.2 Gröden Formation

Die Sedimentation der Gröden Formation beginnt unmittelbar nach Ablagerung der sauren Vulkanite. Es handelt sich, verglichen mit der Laas Formation, um grobkörnigere Sedimentgesteine. Meist Konglomerate, deren Hauptkomponenten Aufarbeitungsprodukte der Quarzporphyrvulkanite, sowie Quarze sind. Die Grundmasse der Konglomerate ist rot, bis faustgroß liegen darin die dunkelroten Vulkanitgerölle. In den einzelnen Bänken ist oft eine Gradierung der Komponenten vorhanden.

Die Mächtigkeit der Gröden Formation liegt bei maximal 350m (NIEDERMAYR & SCHERIAU-NIEDERMAYR, 1982; KRAINER 1990).

5 Pflanzenfossilien in der Laas Formation

Bei der Bildung von Sedimentgesteinen wird nicht nur anorganisches Material abgelagert, sondern auch organische Materialien der entsprechenden geologischen Zeitspanne. Unter

günstigen Bedingungen findet dabei keine Verrottung der organischen Bestandteile statt, sondern eine Verkieselung oder Erhaltung in Form von Abdrücken z. B. in tonigen Lagen. Die genaue Analyse von Sedimenten kann uns also auch Informationen über die Lebewesen dieser Zeit geben.

Während die permoskythischen Sedimentabfolgen allgemein sehr fossilarm sind, finden sich im unteren Abschnitt der Laas Formation an vereinzelt Fundstellen einige Pflanzenfossilien. So wurden zum Beispiel bei Kötschach 25 verschiedene Taxa der Paläoflora beschrieben (FRITZ & BOERSMA, 1987). In Laas finden sich als besonders eindrucksvolle Pflanzenfossilien verkieselte Baumstämme. Der erste Baumstamm wurde in den 30er Jahren freigelegt und erstmals in einem Artikel von VAN BEMMELEN (1957) erwähnt. 1964 erfolgte eine genauere Beschreibung und eine taxonomische Einordnung. Es handelt sich um „*Dadoxylon Schrollianum* (Goepp.) FRENTZEN“ (ANGER, 1964, S. 30), welches eine der häufigsten Coniferen des Unterperm sein soll (LAUSBERGER, 2002).

Zwischenzeitlich sind hinter dem alten Kraftwerk in Laas weitere verkieselte Baumstämme identifiziert worden, die im Gegensatz zum ersten allerdings nur als Baumstümpfe aus dem umgebenden Gestein herausragen. Da nur der große „Baumstamm von Laas“ als Naturdenkmal geschützt ist, sind einige weitere Baumfossilien „geborgen“ worden – mit unbekanntem Verbleib. Zurzeit sind nur insgesamt sechs Baumstämme zugänglich und sollen im Rahmen eines Geotrails im Geopark Karnische Alpen präsentiert werden. Bereits beim Ausbau des Geotrails wurden weitere Baumfossilien gefunden, es ist davon auszugehen, dass dort noch viele weitere Exemplare im Untergrund verborgen liegen.

6. Ergebnisse

6.1 Feldarbeit

Abb. 5 und Tabelle 1 geben Auskunft über die Lage der Fundorte aller Proben, bzw. darüber, wie die Proben weiterverarbeitet wurden und um was für eine Probe es sich handelt.

Etwa die Hälfte der Proben stammt aus unmittelbarer Nähe der Baumstämme (LA1, LA2, LA5B, LA6, LA7, LA8, LA9), etwas weiter nördlich (LA3, LA4, LA5), östlich (LA14, LA15), bzw. ostsüdöstlich (LA10, LA11 und LA13) wurden weitere Proben von Laas Formation und verkieselten Baumstämmen, sowie von der Gröden Formation und Vulkaniten entnommen.

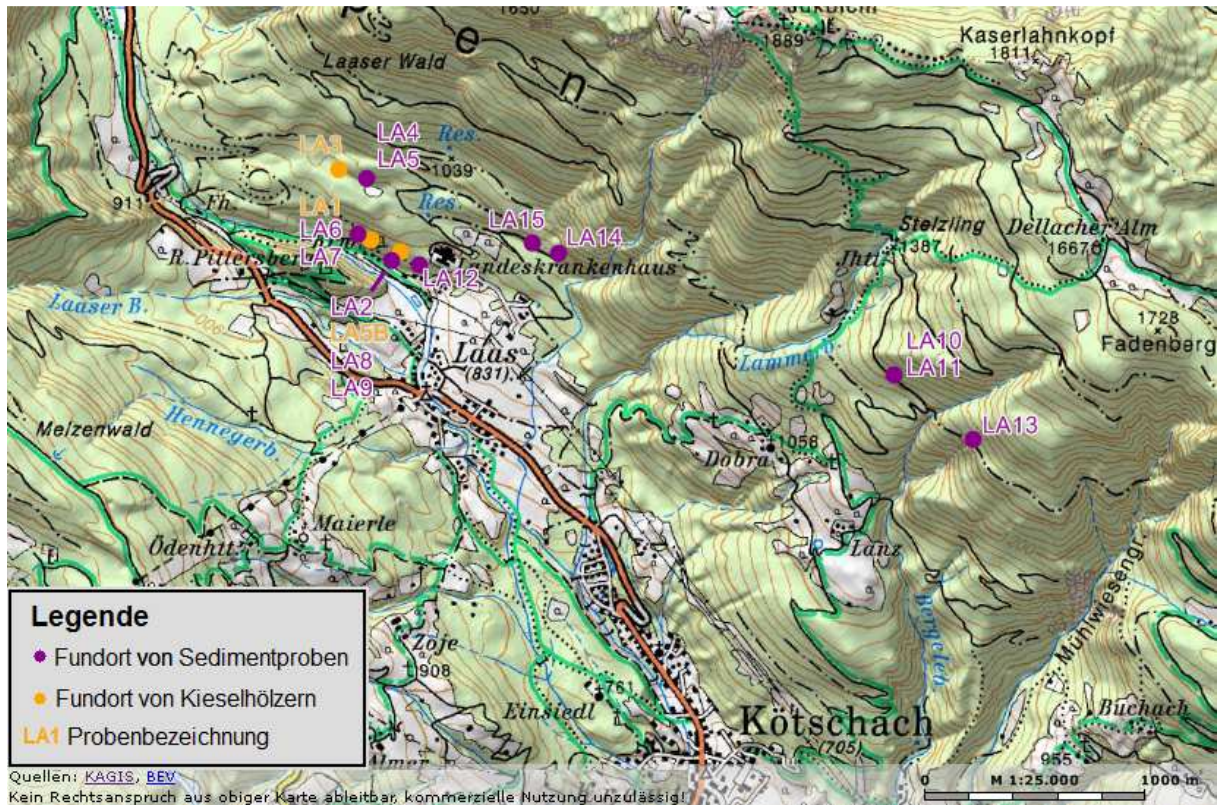


Abbildung 5: Lage der Probenfundorte. Als Grundlage wurde die ÖK 50 im KAGIS verwendet.

Tabelle 1: Übersicht über die Proben.

Probe	Für Analyse	Was?
LA1	Dünnschliff(DS) LA1 + Pulver	Baumstamm 1
LA2	DS LA2	grauer Sandstein neben Baumstamm 4
LA3	DS LA3 + Pulver	Kieselholz am Wegesrand
LA4	DS LA4	grauer Sandstein neben dem Forstweg
LA5	DS LA5	grauer Feinkonglomerat neben dem Forstweg
LA5B	Pulver	Baumstamm 5, allerdings zu klein für DS
LA6	DS LA6	grauer Sandstein bei Baumstamm 1
LA7	DS LA7	grauer Sandstein bei Baumstamm 1
LA8	-	(Sandstein bei Baumstamm 4)
LA9	DS LA9	grauer Sandstein + Kieselholz von Baumstamm 5
LA10	DS LA10	Vulkanit (Quarzporphyr)
LA11	DS LA11	Vulkanit (Quarzporphyr)
LA12	DS LA12	roter Sandstein, dunkelrot, ganz feinkörnig
LA13	DS LA13	roter Sandstein, eher grobkörnig
LA14	DS LA14	roter Sandstein, eher grobkörnig
LA15	DS LA15	roter Sandstein, sehr grobkörnig

6.1.1 Die Kieselhölzer im Überblick

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die einzelnen Baumstämme gegeben werden.

Der größte Baum (s. Abb. 6) hat eine Länge von knapp 9 m und einen Durchmesser von ca. 55 cm. Seine Orientierung wurde gemessen und beträgt 110/35. Probe LA1 wurde dort entnommen.



Abbildung 6 (oben): Der als Naturdenkmal geschützte "Baumstamm von Laas"



Abbildung 7 (links): Baumstamm 2, eine Länge ist nicht messbar, da der Stamm nur wenig aus dem Gestein herauschaut

Nur wenige Meter daneben stecken noch zwei weitere Baumstämme. Sie sind kleiner als Baumstamm 1. Von Baumstamm 2 (s. Abb. 7) schaut nur ein Stück mit einem Durchmesser von 14 cm aus dem umliegenden Gestein. Seine Orientierung beträgt circa 313/20.



Abbildung 8: Baumstamm 3

Baumstamm 3 (s. Abb. 8) ist stark verformt. Ein ovales Stück Kieselholz steckt dort mit einer Orientierung von 318/55 im Gestein, ansonsten ist auch noch sein Abdruck im Gestein sichtbar.

Ungefähr 100 m östlich der Fundstelle der Baumstämme 1-3 befinden sich die anderen 3 Baumstämme. Ein Pfad wurde angelegt, sodass auch sie nun gut erreichbar sind. Baumstamm 4 (s. Abb. 9) ragt 48 cm aus dem Sandstein

und hat einen Durchmesser von etwa 30 cm. Er steht fast senkrecht mit einer Orientierung von 324/83. Bemerkenswert ist eine Störung, die den Baumstamm „köpft“ und einen Kieselholzkeil um einige dm versetzt.

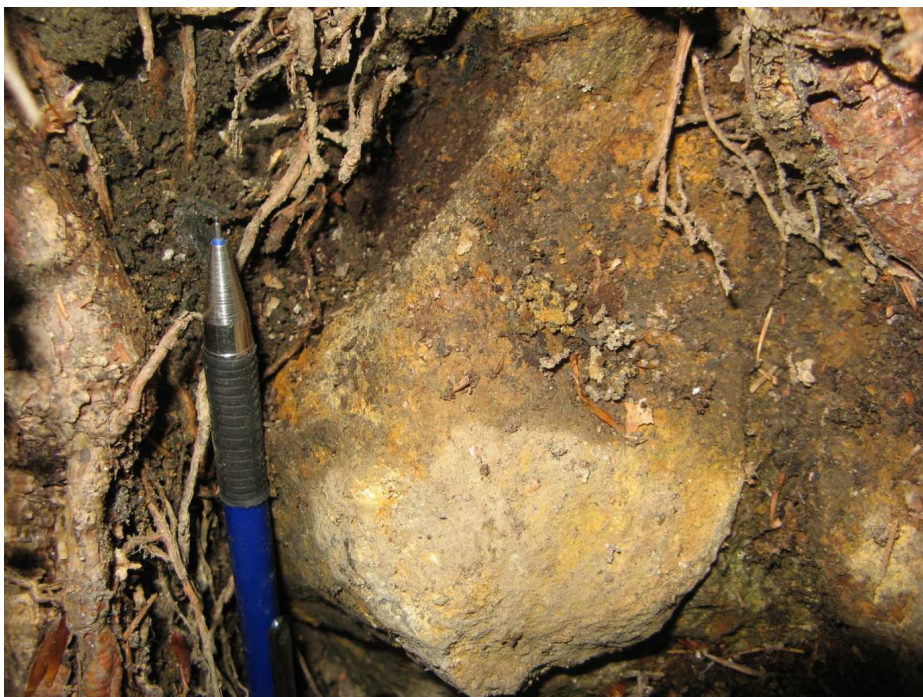


Abbildung 9: Baumstamm 4



Abbildung 10: Baumstamm 5

Baumstamm 5 (s. Abb. 10) ist leicht oval, die kürzere Achse misst 40 cm, die längere 57 cm. Er ragt mit einer Orientierung von 119/55 15 cm weit aus dem Sandstein. Probe LA5B und LA9 (mit Übergang zum Nebengestein) stammen von diesem Baumstumpf.



Baumstamm 6 (s. Abb. 11) steckt oberhalb von Baumstamm 5 im Fels. Er hat nur einen Durchmesser von 7 cm, ragt 11 cm heraus und hat eine Orientierung von 113/55.

**Abbildung 11:
Baumstamm 6**

Außer den oben genannten Baumstämmen finden sich an einem Forstweg etwa 350 m oberhalb der Fundstellen weitere Kieselhölzer (Probe LA3), allerdings sind diese nicht anstehend, sondern liegen zusammen mit anderem Schutt neben dem Weg. Dies zeigt ziemlich sicher, dass oberhalb des Weges weitere Stämme im Gestein stecken müssen. Des Weiteren finden sich kleinere Kieselholzweige, wie in Abb. 12, in Gesteinsblöcken, die in der Umgebung der Baumstämmen liegen.



Abbildung 12: Kieselholzweig in der Umgebung der Baumstämmen.

6.1.2 Das Gestein – die Proben

Bei dem Gestein im direkten Umfeld der Baumstämmen handelt es sich um graue Sandsteine, sowie ein paar mächtige Konglomeratbänke. Die Schichtabfolgen neben den Baumstämmen sind in den 2 Profilen in Abb. 14 und 15 zu sehen. Profil 1 liegt gleich neben den Baumstämmen 1-3, während Profil 2 bei den Baumstämmen



Abbildung 13: Probe des grauen Sandsteins, entnommen im Profil 1.

4-6 aufgenommen wurde.

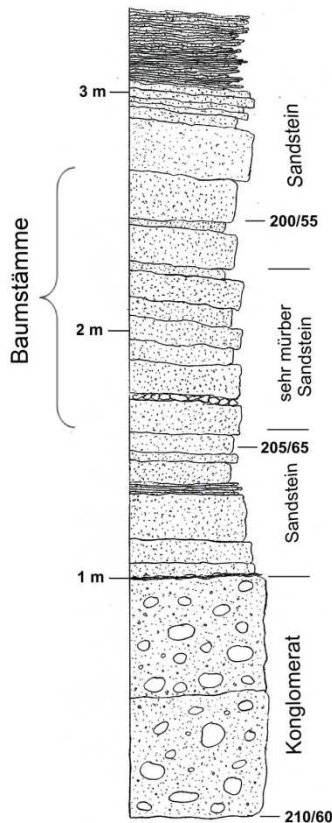


Abbildung 14: Profil Nr. 1, die Klammer markiert ungefähr den Bereich, in dem die verkieselten Baumstämme liegen.

Profil 1 beginnt mit zwei Konglomeratbänken mit einer Mächtigkeit von jeweils 50 cm, deren Komponenten bis zu 5 cm groß sind und bei denen es sich meistens um Quarz oder Glimmerschiefergeröll handelt. Interne Sedimentstrukturen sind nicht zu sehen. Auf diese Bänke folgt eine Lage mit dunkelbraunem, vermutlich organischem Material, das evtl. von Pflanzenresten stammen könnte. Darauf folgt grobkörniger Sandstein (s. Abb. 13), welcher Bankung aufweist, die eine Mächtigkeit zwischen einem und etwa 20 cm aufweist. Der mittlere Bereich des Sandsteins ist extrem mürb und weist eine starke oberflächliche braune Verwitterung auf, die etwa 2 cm tief ins Gestein fortschreitet. Die Sandsteine zeigen keine oder nur undeutliche Horizontalschichtung. Zwischen zwei Bänken ist ein Horizont mit Quarzklasten eingebettet. Außerdem ist das Gestein von vielen Störungen durchzogen, deren Versatz jedoch in diesem Aufschluss meist nur wenige dm beträgt. Die Orientierung der Konglomerat- und Sandstein- bänke ist ebenfalls Abb.

15 zu entnehmen.

Profil 2 ist ganz ähnlich aufgebaut, wie Profil 1. Es beginnt mit einer 1,5 m mächtigen Konglomeratbank. Darauf folgt ebenfalls ein grauer Sandstein, der jedoch kompakter ist und Bankmächtigkeiten bis zu 70 cm aufweist.

Die verkieselten Baumstämme liegen jeweils etwa in dem mit der Klammer im Profil markierten Bereich.

Baumstamm 4 steckt in einer Konglomeratbank, die ca. 80 cm mächtig ist. Sie enthält viele Quarzkomponenten, die eine Größe bis zu 10 cm aufweisen. Des Weiteren finden sich gelegentlich Glimmerschieferknödel, die Komponenten sind mäßig gerundet.

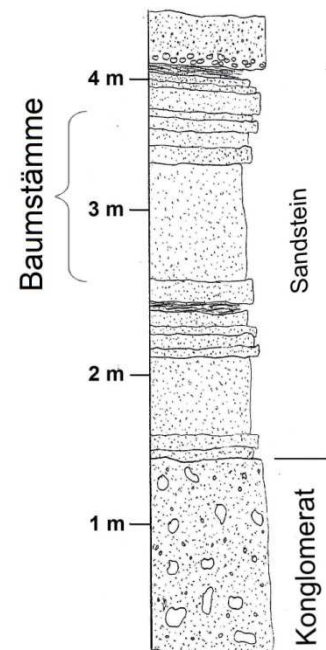


Abbildung 15: Profil Nr. 2, die Klammer markiert ungefähr den Bereich, in dem die verkieselten Baumstämme liegen.



Nur etwa 100 Meter östlich von Baumstamm 5 und 6 wird das Gestein sehr feinkörnig und die Farbe wechselt von grau zu dunkelrot (Probe LA12, s. Abb. 16).

Abbildung 16: LA12: Sehr feinkörniger, dunkelroter Sandstein.

An dem Forstweg, wo auch die Kieselholzblöcke gefunden wurden, wurden weitere Gesteinsproben von Sandsteinen genommen (LA4 und LA5). Von dort einen knappen km nach Südosten liegt ein großer Block der Gröden Formation (s. Abb. 17), mit der typischen roten Farbe und vielen Quarzporphyrgeröllen. Zwar ist er nicht anstehend, dennoch wird eine Probe (LA14) für den Vergleich mit den Sandsteinen bei den Baumstämmen genommen. Außerdem wird noch eine Probe (LA15) der Laas Formation mitgenommen.



Abbildung 17: Ein Block der Gröden Formation, Vulkanitgerölle und Gradierung sind sichtbar.



Abbildung 18: Probe LA11 der Vulkanite.

Am dritten Tag führt die Exkursion noch auf die Forststraße nördlich von Kötschach, die von Lanz zur Dellacher Alm führt. Dort werden Proben von Vulkanit (LA 10 und LA11, siehe Abb. 18), sowie eine weitere Probe der Gröden Formation (LA13) genommen.

Die Vulkanite (s. Abb. 18) sind typische Quarzporphyre: dunkelrote Matrix mit hellen Einsprenglingen aus Quarz und Feldspat.

Die Aufschlüsse der Gröden Formation (s. Abb. 19 und 20) am Straßenrand werden von mächtigen Kataklysezonen (s. Abb. 20), die durch Störungen verursacht werden, durchzogen.



Abbildung 19: Anstehende Gröden Formation an der Forststraße zur Dellacher Alm.



Abbildung 20: Große Kataklysezonen durchziehen die Aufschlüsse der Gröden Formation am Straßenrand.

6.2 Durchlichtmikroskopie

6.2.1 Kieselhölzer

Mit Hilfe des Durchlichtmikroskopes konnten eindrucksvolle Aufnahmen der Kieselhölzer gemacht werden. Der als Naturdenkmal geschützte Baumstamm 1 ist sehr gut erhalten, die Porenstrukturen sind bestens erkennbar (s. Abb. 21).

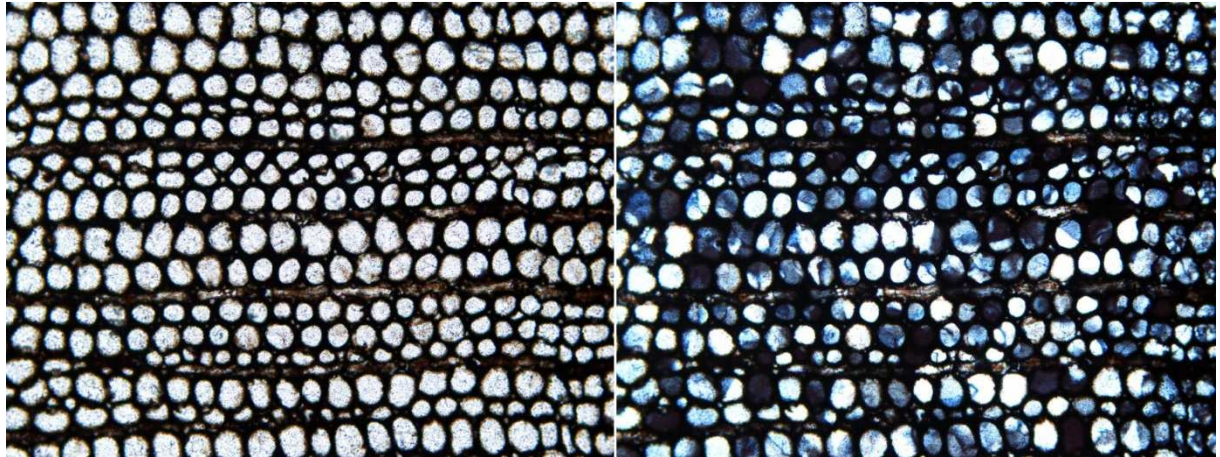


Abbildung 21: Foto des Kieselholzes LA1 im Durchlichtmikroskop betrachtet, BB jeweils 1,2mm, bei // und X Nic.

In LA3 kommen sehr verschiedene Strukturen (s. Abb. 22, 23 und 24) vor. Dies ist vermutlich auf verschiedene Verwitterungszustände und unterschiedliche Schnittlagen zurückzuführen.



Abbildung 22: LA3, BB 1,2 mm, // Nic.

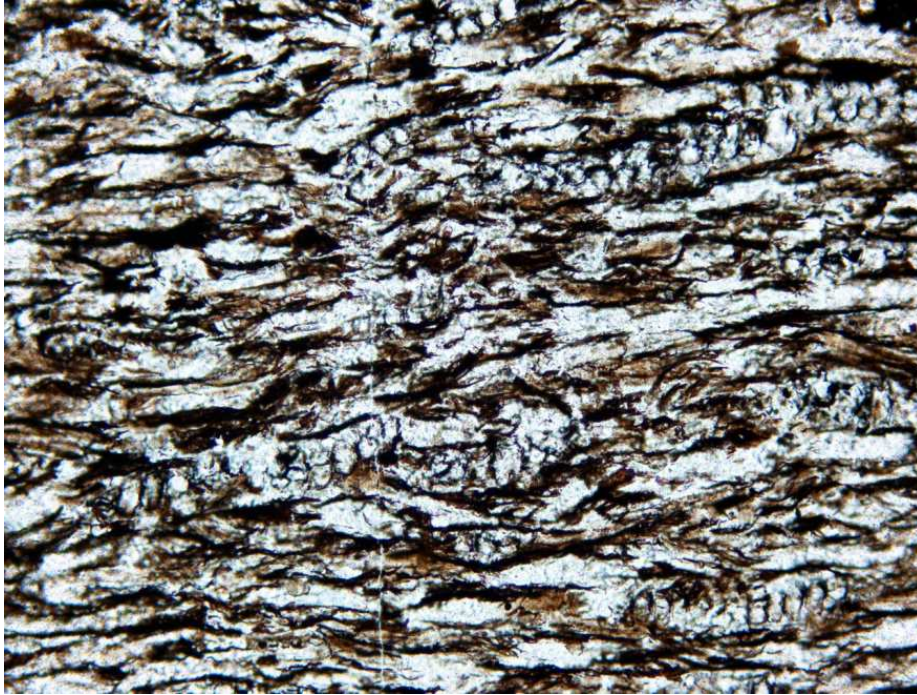


Abbildung 23: LA3, 1,2 mm, // Nic.

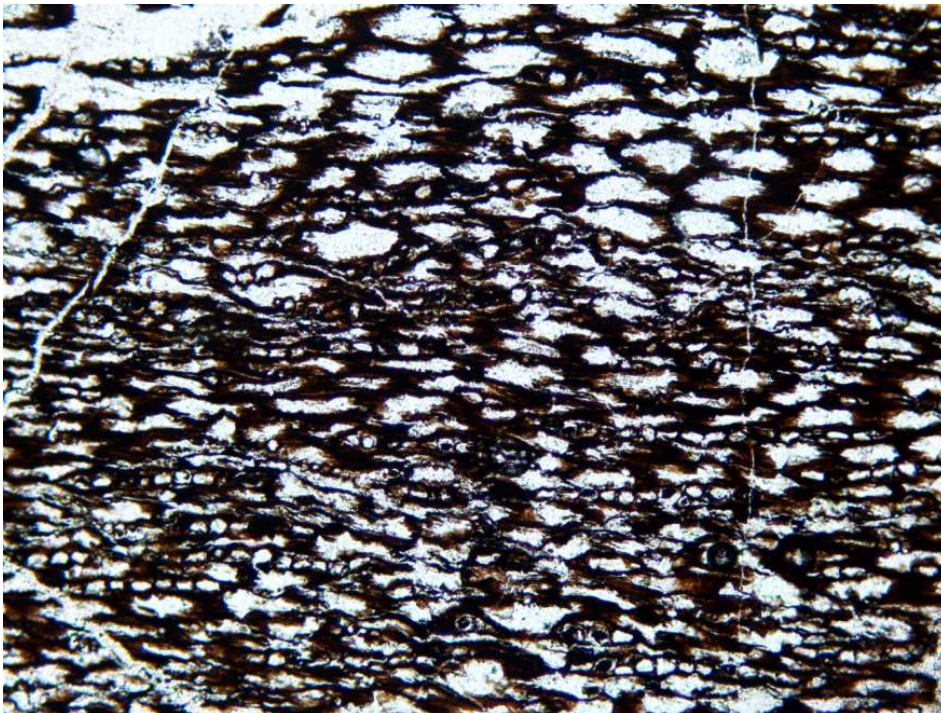


Abbildung 24: LA3, 1,2 mm, // Nic.

Die Schlitze zu LA9 zeigen den direkten Kontakt zwischen Kieselholz und Nebengestein (s. Abb. 25). Der Rand des Holzes ist ein wenig ausgefranst und es sieht so aus, als würden Quarzkörner in das Holz „wandern“. Ob dieses Bild eine Art Momentaufnahme der Einkieselung darstellt, wäre jedoch genauer zu überprüfen.

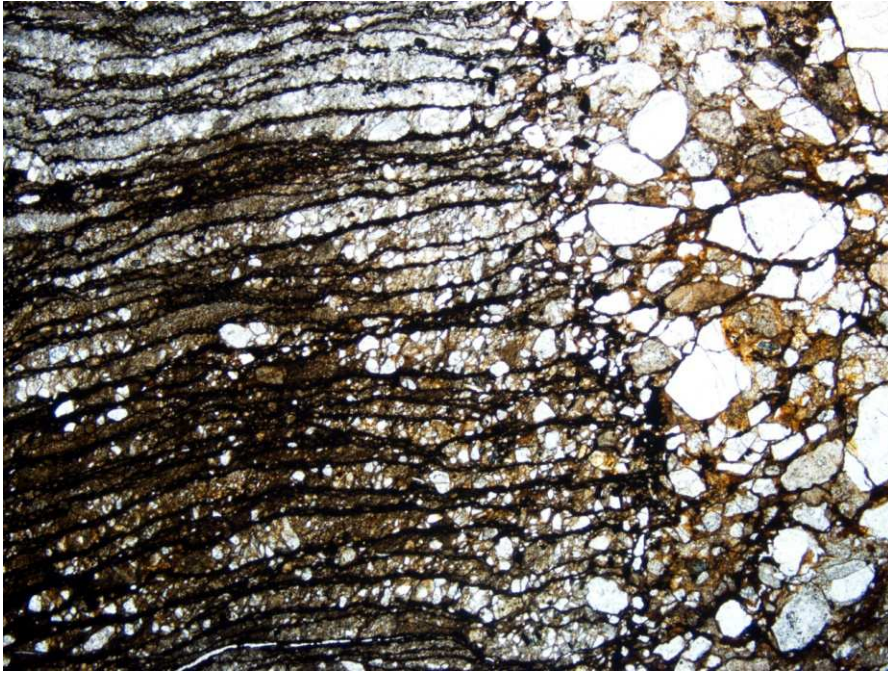


Abbildung 25: LA9, Übergang Holz - Nebengestein, BB: 6,3 mm, // Nic.

6.2.2 Sedimentpetrographie

a) Laas Formation

Im Dünnschliff sind Laas- und Gröden Formation leicht unterscheidbar. Die Dünnschliffe der Laas Formation zeigen einen korngestützten Sandstein mit schlechter bis mäßiger Sortierung, der hauptsächlich aus Quarz besteht. Der Quarz tritt mono- und polykristallin auf und ist subgerundet bis kantig. Des Weiteren kommen Gesteinsbruchstücke, z.B. von einem Sandstein (s. Abb. 26), Plagioklas, Chertfragmente, Biotit und Muskovit, sowie vereinzelt tuffitische, vulkanische Gesteinsbruchstücke in einer serizitischen Matrix vor. Gelegentlich tritt Kalzit auf, der Feldspat verdrängt (s. Abb. 27), ein häufiges Akzessorium ist Zirkon.

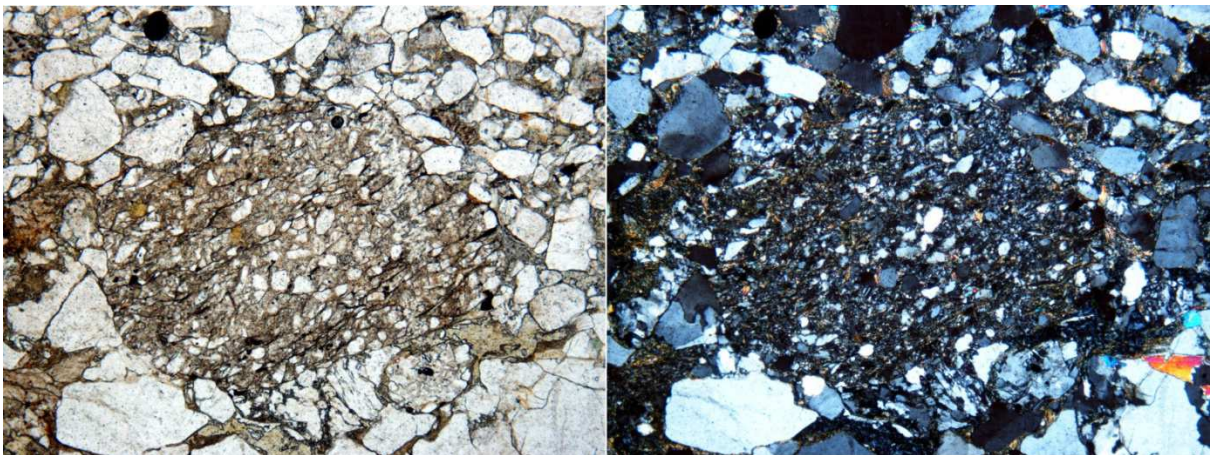


Abbildung 26: Sandsteinbruchstück in einem Schliff der Laas Formation (LA4) bei // und X Nic., die Bildbreite beträgt 3,2 mm.

Allgemein ist das Erscheinungsbild der Laas Formation unter dem Mikroskop sehr hell (s. Abb. 28), die Korngröße liegt je nach Probe im Bereich von 0,1 bis 2 mm, und festzuhalten ist auch, dass die makroskopische rote oder graue Färbung unter dem Mikroskop nicht mehr unterscheidbar ist.

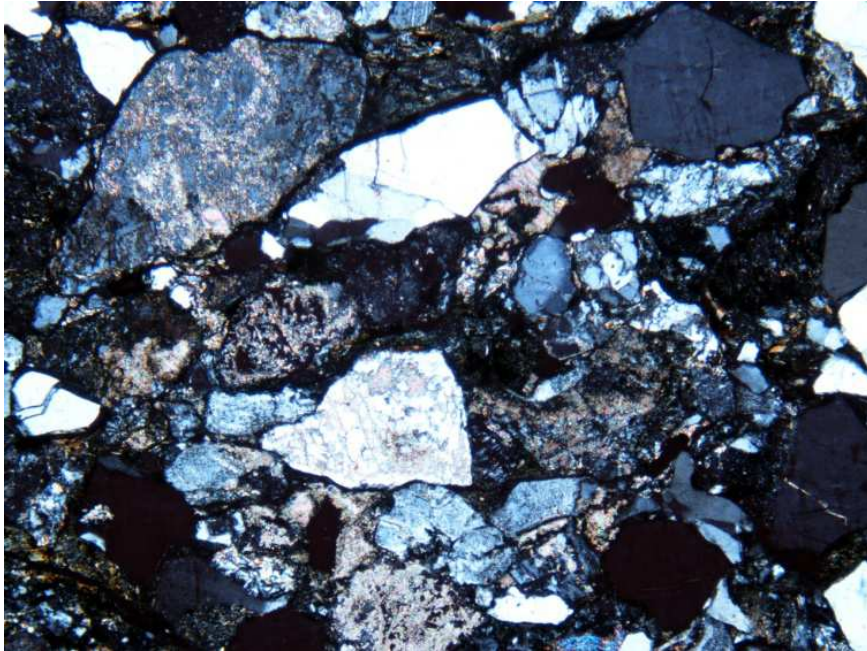


Abbildung 27: Feldspat wird durch Kalzit verdrängt (LA6), BB: 3,2 mm.



Abbildung 28: Die Laas Formation zeigt typischerweise ein helles Erscheinungsbild, mäßige Sortierung, subgerundete bis kantige Körner mit einer Größe von 0,1 bis 2 mm. BB: 3,2 mm, // Nic.

b) Vulkanite der Laas Formation

Die Vulkanite zeichnen sich durch eine bräunlich-graue Grundmasse mit hellen Einsprenglingen aus. Die Grundmasse wird aus rekristallisiertem vulkanischem Glas

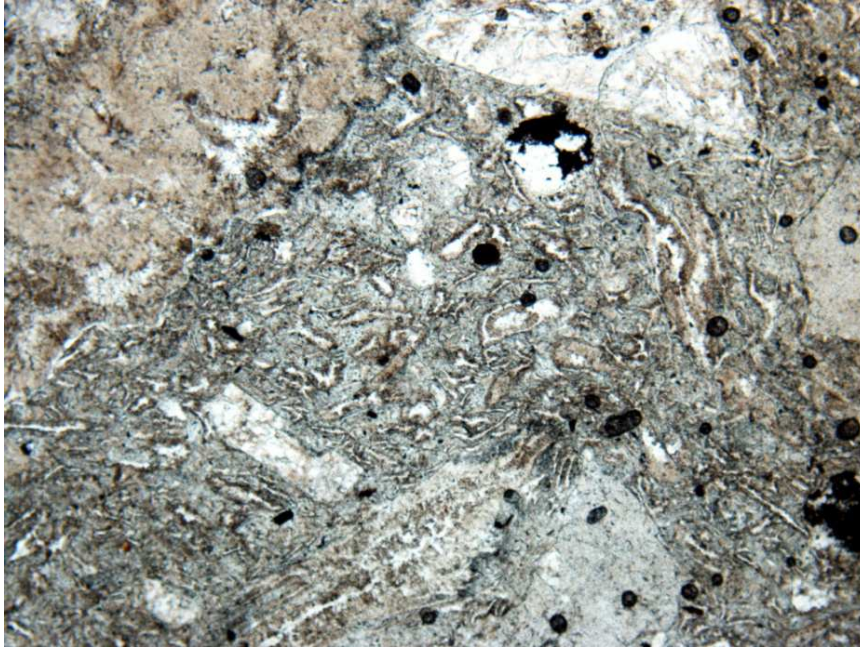


Abbildung 29: Ignimbrit. BB: 3,2 mm, // Nic.

gebildet, die Einsprenglinge sind meistens Quarz und Feldspat, selten auch Biotit. Häufig sind Ignimbrite an dem typischen Glasscherbengefüge erkennbar (s. Abb. 29).

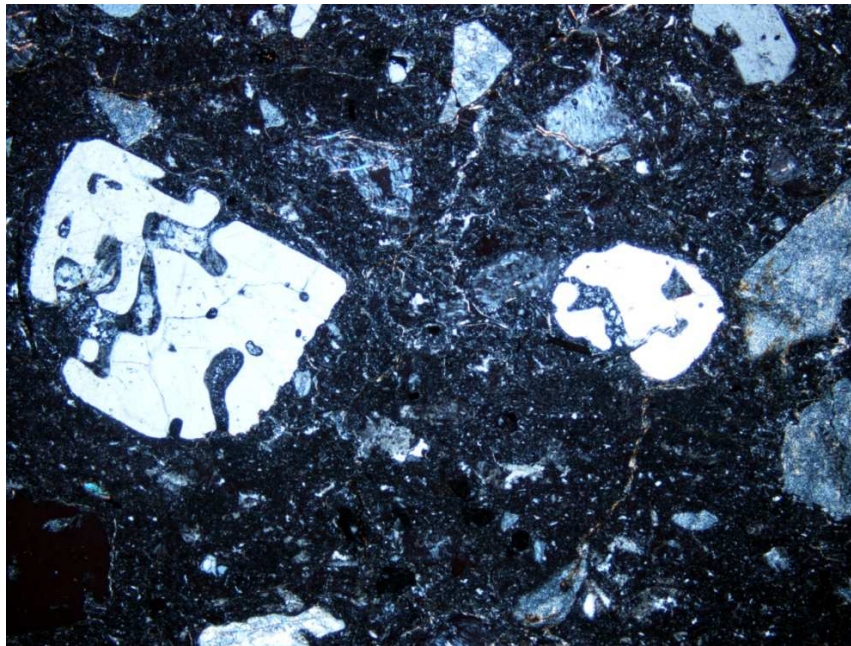


Abbildung 30: Tiefe Korrosionsbuchten im Quarz. BB: 6,3mm, X Nic.

Die Porphy Quarze im Vulkanit weisen häufig tiefe Korrosionsbuchten auf (s. Abb. 30).

c) Gröden Formation

Die Gröden Formation (s. Abb. 31) zeichnet sich durch einen hohen Anteil an vulkanischen Gesteinsfragmenten aus, dadurch wird auch das Gesamterscheinungsbild dunkler. Zu den vulkanischen Gesteinsfragmenten zählen Porphyrquarze, vulkanische Gesteinsbruchstücke (aus vulkanischer Grundmasse und Einsprenglingen aus Quarz und Feldspat) und vulkanischer Chert (rekristallisierte glasige vulkanische Grundmasse). Ansonsten handelt es sich ebenfalls um einen schlecht sortierten, recht grobkörnigen Sandstein mit eckigen Komponenten, der hauptsächlich mono- und polykristallinen Quarz beinhaltet. Des Weiteren ist eine feinkörnige Matrix aus Tonmineralen vorhanden. Auffallend ist das Fehlen von Feldspat, auch sind detritische Glimmer selten.

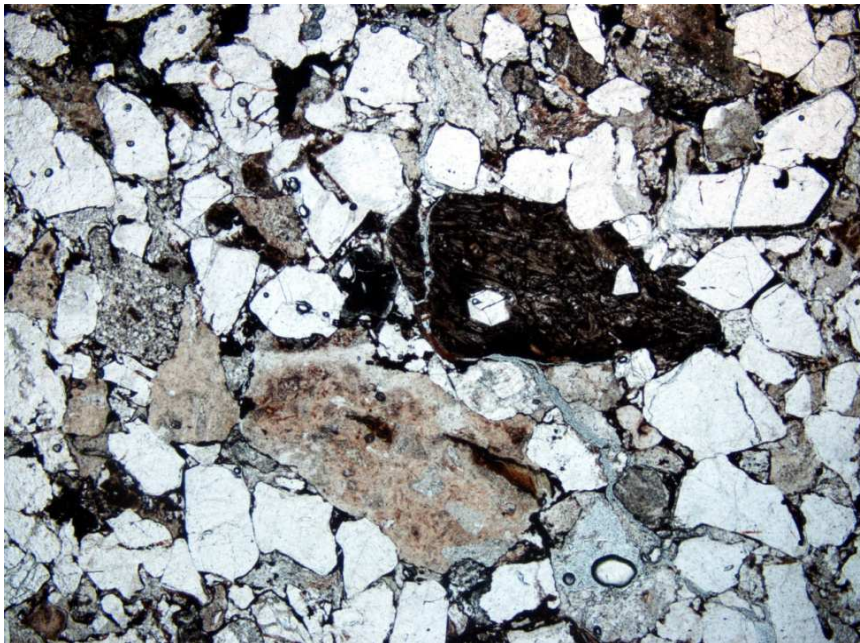


Abbildung 31: Die Gröden Formation im Dünnschliff. Viele vulkanische Fragmente prägen das Bild. // Nic., BB: 6,3mm

6.3 Röntgenpulverdiffraktometrie (XRPD)

Die Ergebnisse der Röntgenpulverdiffraktometrie zeigen eindeutig, dass in allen drei Proben der verkieselten Hölzer reiner Quarz vorliegt (s. Abb. 32, 33, 34). Nur Probe LA1 (s. Abb. 32) weist zusätzlich geringe Mengen an Baryt auf.

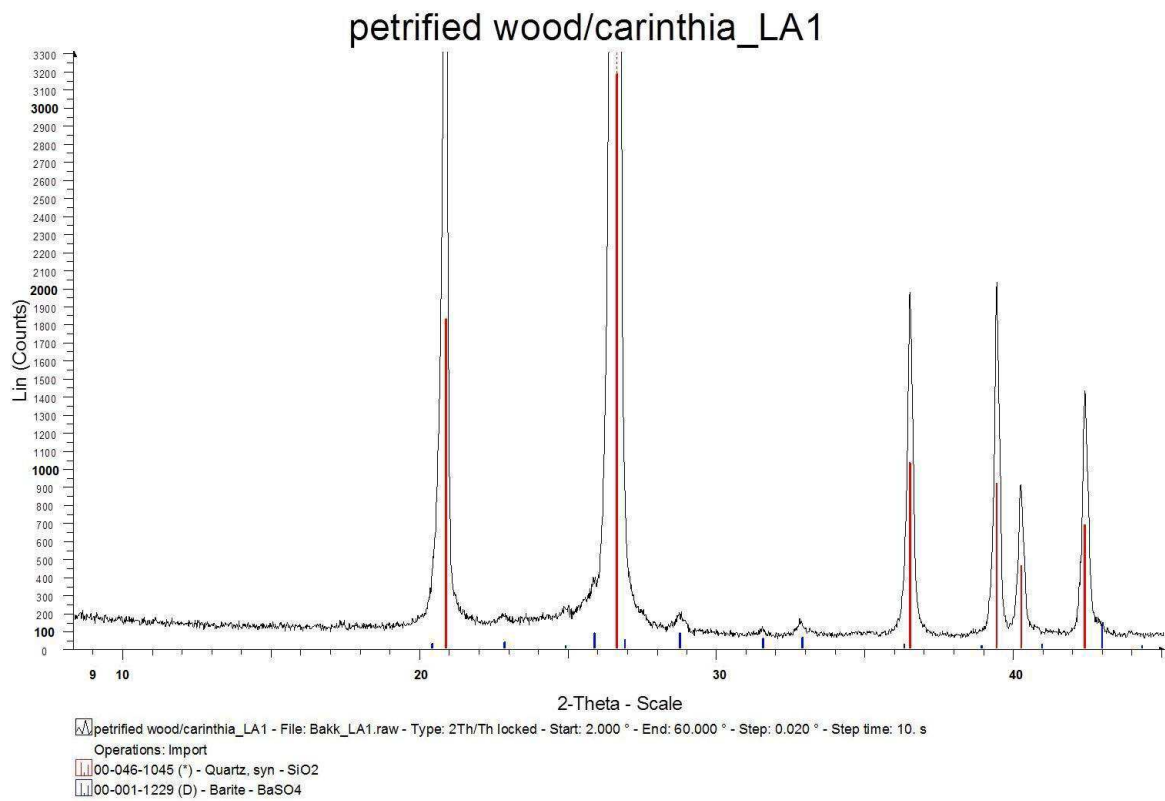


Abbildung 32: Diffraktogramm der Probe LA1

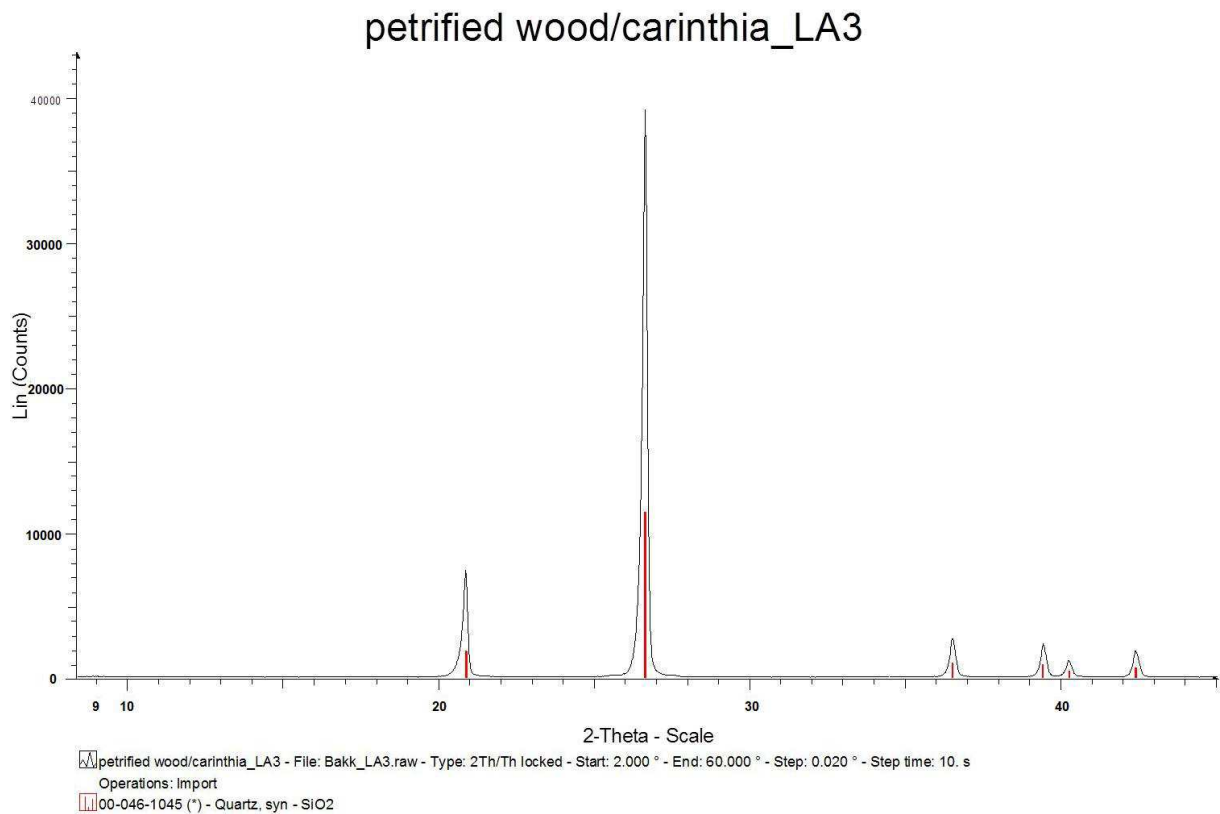


Abbildung 33: Diffraktogramm der Probe LA3

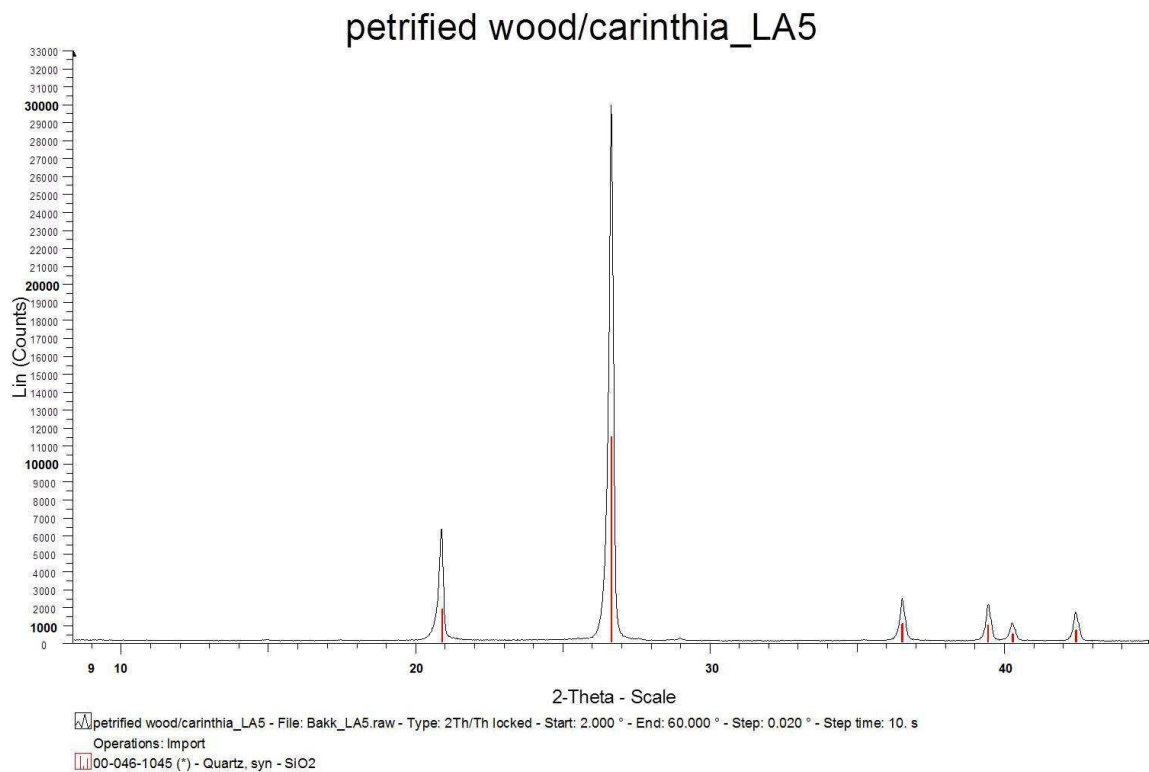


Abbildung 34: Diffraktogramm der Probe LA5

6.4 Röntgenfluoreszenzanalyse(EDXRFA)

Die Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die Angaben sind in ppm. Bemerkenswert ist, dass die Konzentrationen von Baumstamm zu Baumstamm sehr verschieden sind. Während in LA_1 große Mengen an Eisen, Titan, Barium, Schwefel und Vanadium enthalten sind, fallen bei LA_5 die Konzentrationen von Aluminium, Eisen, Arsen, Blei, Schwefel und Zirkon auf. Lediglich in Probe LA_3 gibt es keine bemerkenswert hohen Spurenelementkonzentrationen. Die Werte variieren teilweise extrem, zum Beispiel ist der Eisenanteil in LA_5 um einen Faktor 10 größer, als der in LA_3, Barium ist in LA_1 sogar 20mal so groß, wie in LA_3 und LA_5. LA_5 weist fast die 10-fache Bleikonzentration von LA_1 auf.

Tabelle 2: Die Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse, Angaben in ppm.

	LA_1	LA_3	LA_5
SiO2	> 95 wt. %	> 99 wt. %	> 95 wt. %
MgO	< 100	< 100	< 100
CaO	310	< 20	< 20
P2O5	210	< 20	290
Na2O	< 200	< 200	< 200
K2O	420	210	750

Al ₂ O ₃	210	1250	4980
Fe ₂ O ₃	18580	2200	24100
MnO	28	15	170
TiO ₂	2670	55	1120
As	377	226	692
Ba	2970	144	118
Bi	< 1	< 1	< 1
Br	< 1	< 1	< 1
Cl	190	40	120
Co	< 3	< 3	< 3
Cr	5	< 1	8
Cu	10	5	13
Ga	3	< 1	< 1
Ge	13	7	25
Hf	2	< 1	2
Mo	154	20	54
Nb	< 1	< 1	< 1
Ni	6	4	8
Pb	59	115	487
Rb	< 1	< 1	< 1
S	7180	770	4410
Sb	< 3	< 3	< 3
Se	< 1	< 1	< 1
Sn	< 5	< 5	< 5
Sr	21	2	6
Ta	< 2	< 2	< 2
Th	4	< 2	< 2
Tl	< 1	< 1	< 1
U	9	< 2	14
V	150	< 1	29
W	< 2	< 2	< 2
Y	17	2	20
Zn	113	97	279
Zr	102	14	86

6.5 Ramanspektroskopie

Bei jeder Probe von den verkieselten Baumstämmen wurde eine Messung an einer Zellwand und eine im Zellinneren durchgeführt. Dabei rausgekommen ist bei allen drei Proben, dass die Zellen mit Quarz gefüllt sind, die Zellwände jedoch noch Kohlenstoff enthalten. In Abb. 35 und 36 werden exemplarisch zwei Ramanspektren jeweils mit Vergleichsspektren aus der Datenbank gezeigt.

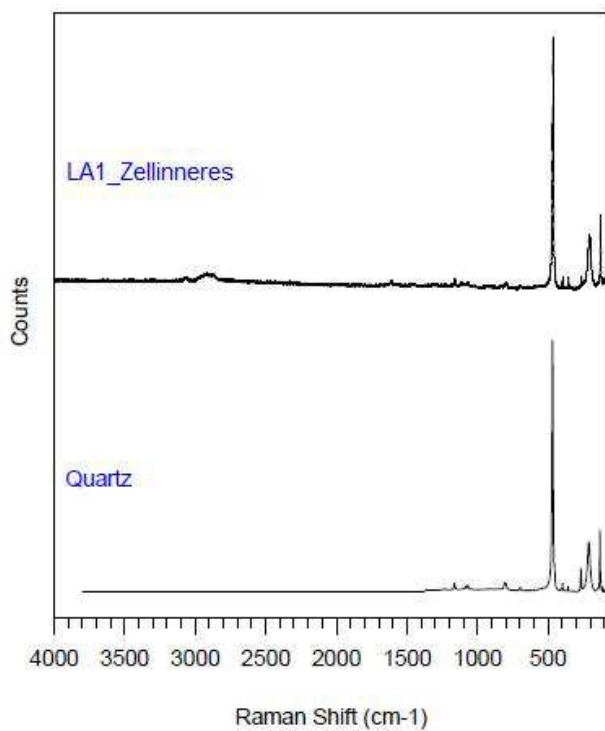


Abbildung 35: Ramanspektrum von LA_1 im Zellinneren mit Quarz-Vergleichsspektrum aus der Datenbank.

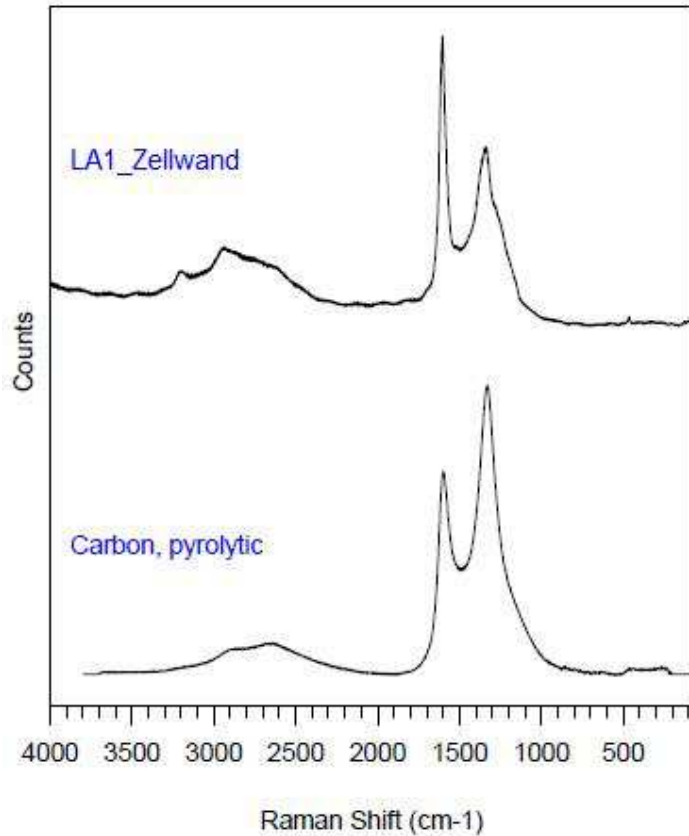


Abbildung 36: Ramanspektrum von LA_1 der Zellwand mit Kohlenstoff-Vergleichsspektrum aus der Datenbank.

6.6 Lignin-Nachweis

Für den Lignintest wurde Phloroglucinol, ein weißes Pulver, in Salzsäure aufgelöst. In einem ersten Schritt wurden verschiedene Materialien, in denen entweder sicher Lignin enthalten ist, oder sicher kein Lignin enthalten sein sollte mit dieser Lösung beträufelt, in erster Linie, um zu testen, ob der Nachweistest funktioniert (s. Abb. 37). Es zeigt sich, dass Toilettenpapier und Papierhandtücher wie vermutet Lignin enthalten, während Zellstoff und Kopierpapier Holz- und damit auch Ligninfrei sind. Sowohl Laub- als auch Nadelholz zeigen eine intensive rot-violette Färbung. Allerdings fällt hier schon auf, dass die Färbung nur dort gut erkennbar ist, wo vorher die dunkle Rinde entfernt wurde. Nachdem sich gezeigt hat, dass der Test funktioniert, wurden Pulver und kleine Stücke der Holzproben mit Phloroglucin-Lösung beträufelt (s. Abb. 38). Es kommt zu keiner Verfärbung des Kieselholzes.



Abbildung 37: Der Test mit Ligninhaltigen und Ligninfreien Materialien zeigt: Der Nachweis funktioniert.



Abbildung 38: Versuch des Lignin-Nachweises bei den Kieselhölzern. Es ist keine Verfärbung erkennbar.

7. Interpretation

Eine erste wichtige Erkenntnis ist die Tatsache, dass die Kieselhölzer nicht in der Gröden-, sondern in der Laas Formation liegen. Schon die ersten Zweifel an der korrekten Zuordnung konnten durch die Untersuchung der Dünnschliffe schnell bestätigt werden. Die Tatsache, dass die Sedimente eine Lage aus tuffitischem Material enthalten, ist kein Widerspruch zur Laas Formation, sondern vielmehr ein weiterer Beweis für leichte vulkanische Aktivität, schon im Unterperm.

Außerdem bilden die vulkanischen Gläser der sauren Vulkanite eine mögliche Herkunft der Kieselsäure.

Dass die Baumstämme ohne jegliche Ordnung im Raum orientiert sind und dass an den Stämmen keine Astabzweige und keine Rinde vorhanden sind, bzw. keinerlei Hinweise auf eine Lebensgemeinschaft Wald existieren, lässt darauf schließen, dass es sich um angeschwemmte Hölzer handelt.

Dies passt auch zur Ablagerung der Sedimente, bei welchen es sich um alluviale Schwemmfächersedimente, bestehend aus Debris Flows (Konglomerate) und Schichtflutablagerungen (Sandsteine) handelt. Offensichtlich wurde nicht nur anorganisches Material abgelagert, sondern auch diese Baumstämme.

Weiters ist wichtig, dass die Laaser Kieselhölzer nicht ver- sondern eingekieselt wurden. Alle Hohlräume in den Hölzern sind mit Quarz aufgefüllt und die ursprüngliche Holzstruktur ist noch erhalten. Dass der Nachweis von Lignin nicht möglich war, kann an der dunklen Farbe der Kieselhölzer liegen oder daran, dass kein oder nur noch ganz wenig Lignin vorhanden ist. Dies wiederum wirft die Frage auf, was mit dem Lignin in den Zellwänden passiert ist. Sauerstoffabschluss ist eine Grundvoraussetzung für die Kieselholzentstehung und anschließend gibt es durch die Imprägnierung keine Möglichkeit mehr für den Sauerstoff, die Holzsubstanz anzugreifen, das heißt, es muss ein reduzierendes Milieu vorgelegen haben, in dem durch Temperatureinwirkungen zum Beispiel Kohle entstehen konnte. Dies wiederum würde auch die dunkle Farbe der Kieselhölzer erklären.

Die Tatsache, dass die Kieselsäure in den Hohlräumen bereits als Quarz vorliegt und nicht als Opal oder Chalcedon, deutet darauf hin, dass es sich um sehr alte Baumstämme handelt, dies passt also mit dem Alter von 280 Ma zusammen.

8 Schlussbetrachtung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Sedimentologie, also die Einordnung der Kieselhölzer zur Laas Formation gelungen ist.

Allerdings gibt es im Bereich der Kieselholzforschung einige Detailfragen, die es noch zu klären gilt. Was genau hat es mit der **Verkieselung** auf sich? Und auf welche Weise kann Kohlenstoff zersetzt, bzw. abgebaut und wegtransportiert werden, obwohl eine dünne Kieselsäureschicht ihn durch eine Art Imprägnierung vor Zersetzung schützt?

Die zukünftige Forschung auf diesem Gebiet hat also noch einige Fragen zu klären.

9 Quellenverzeichnis

Fachartikel

AKAHANE, H., FURUNO, T., MIYAJIMA, H., YOSHIKAWA, T., YAMAMOTO, S. (2004): *Rapid wood silicification in hot spring water: an explanation of silicification of wood during the Earth's history*, *Sedimentary Geology*, Vol. 169, S. 219-228

ANGER, H. (1964): *Geologie der Gailtaler Alpen zwischen Gailbergsattel und Jauken*, *Unveröff. Dissertation Universität Innsbruck*, 97 S.

FRITZ, A. & BOERSMA, M. (1987): *Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1987. Beitrag 16: Kötschach, Gailtaler Alpen (Unterperm)*, *Carinthia II*, Vol. 177, S.395-407

HARDER, H. & FLEHMIG, W. (1969): *Quarzsynthese bei tiefen Temperaturen*, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 34, S. 295-305

KALKOWSKY, E. (1901): *Die verkieselung der Gesteine in der nördlichen Kalahari*, *Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden*, Jg. 1901, S.55-107

KRAINER, K. (1987a): *Das Perm der Gurktaler Decke: eine sedimentologische Analyse*, *Carinthia II*, 177./97., S. 49-92, Klagenfurt

KRAINER, K. (1987b): *Der geologische Rahmen zu einem jungpaläozoischen Pflanzenvorkommen im Raum Wunderstätten (St. Pauler Berge, Kärnten)*, *Carinthia II*, 177./97., S. 275-281, Klagenfurt

KRAINER, K. (1990): *Fazielle und sedimentpetrographische Untersuchungen im Perm des Drauzuges*, *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, Vol. 82, S. 49-78

LANDMESSER, M. (1994): *Zur Entstehung von Kieselhölzern*, *ExtraLapis No. 7 Versteinertes Holz*, München

LAUSBERG, S. (2002): *Neue Kenntnisse zur saarpfälzischen Rotliegendflora unter besonderer Berücksichtigung der Coniferentaxonomie und des Hinterlandes*, *Unveröff. Diss., Universität Münster*, 266 S.

LEO, R.F. & BARGHOORN, E.S. (1976): *Silicification of Wood*, *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, Vol. 25, No. 1

MOSTLER, H. (1972): *Die permoskythische Transgressions-Serie der Gailtaler Alpen*, *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Vol. 20, S. 143-149

MUSTOE, G. E. (2008): *Mineralogy and geochemistry of late Eocene silicified wood from Florissant Fossil Beds National Monument, Colorado*, *Paleontology of the Upper Eocene Florissant Formation, Colorado*, Hsgb: Meyer, H.W. an Smith, D.M., Geological Society of America Special Paper 435, S. 127-140

NIEDERMAYR, G., SEEMANN, R., SCHERIAU-NIEDERMAYR, E. (1978): *Die Perm-Trias-Grenze im westlichen Drauzug, Kärnten – Osttirol*, *Ann. Naturhistor. Mus. Wien*, Vol. 81, S.1-17

NIEDERMAYR, G. & SCHERIAU-NIEDERMAYR, E. (1982): Zur Nomenklatur, Seriengliederung und Lithofazies der permo-skythischen Basisschichten des westlichen Drauzuges, *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Vol. 2, S. 33-51

SCURFIELD, G. & SEGNET, E.R. (1984): Petrification of wood by silica minerals, *Sedimentary Geology*, Vol. 39, S. 149-167

SIGLEO, A. C. (1978): Organic geochemistry of silicified wood, Petrified Forest National Park, Arizona, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 42, S. 1397-1405

STORZ, M. (1925): *Über die Einteilung authigene Kieselsäure führender Gesteine*, Centralblatt Mineral. Geol. Paläont., Abt. B: Geol. Paläont., Jg. 1925, S. 369-371

STUBBLEFIELD, S. P. & TAYLOR, T. N. (1986): Wood decay in silicified Gymnosperms from Antarctica, *Botanical Gazette*, Vol. 147, Nr. 1, S. 116-125

VAN BEMMELEN, R. W. (1957): Beitrag zur Geologie der westlichen Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich) (1. Teil), *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Wien*

VINEY, M. (2008): Petrified Wood: The Silicification of Wood by Permineralization, *The Virtual Petrified Wood Museum*, <http://petrifiedwoodmuseum.org>

Internetquellen

Homepage der international Commission on Stratigraphy: www.stratigraphy.org

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte. Beim roten Punkt liegt Laas. Quelle: BEV	9
Abbildung 2: Laas, Quelle BEV	10
Abbildung 3: Auszug aus der Geologischen Karte von Kärnten (Krainer, 1988)	11
Abbildung 4: Profil durch die permoskythischen Sandsteine des Drauzuges (KRAINER, 1990).....	15
Abbildung 5: Lage der Probenfundorte. Als Grundlage wurde die ÖK 50 im KAGIS verwendet.....	18
Abbildung 6 (oben): Der als Naturdenkmal geschützte "Baumstamm von Laas"	19
Abbildung 7 (links): Baumstamm 2, eine Länge ist nicht messbar, da der Stamm nur wenig aus dem Gestein herauschaut	19
Abbildung 9: Baumstamm 4	20
Abbildung 8: Baumstamm 3	20
Abbildung 10: Baumstamm 5.....	21
Abbildung 11: Baumstamm 6.....	21
Abbildung 12: Kleiner Kieselholzast in der Umgebung der Baumstämme.....	22
Abbildung 13: Probe des grauen Sandsteins, entnommen im Profil 1.....	22
Abbildung 14: Profil Nr. 1.....	23
Abbildung 15: Profil Nr. 2.....	23
Abbildung 16: LA12: Sehr feinkörniger, dunkelroter Sandstein.	24
Abbildung 17: Ein Block der Gröden Formation, Vulkanitgerölle und Gradierung sind sichtbar.	24
Abbildung 18: Probe LA11 der Vulkanite.	25
Abbildung 19: Anstehende Gröden Formation an der Forststraße zur Dellacher Alm.	25
Abbildung 20: Große Kataklysezonen durchziehen die Aufschlüsse der Gröden Formation am Straßenrand.	25
Abbildung 21: Foto des Kieselholzes LA1 im Durchlichtmikroskop betrachtet, BB jeweils 1,2mm, bei // und X Nic.	26
Abbildung 22: LA3, BB 1,2 mm, // Nic.....	26
Abbildung 23: LA3, 1,2 mm, // Nic.	27
Abbildung 24: LA3, 1,2 mm, // Nic.	27
Abbildung 25: LA9, Übergang Holz - Nebengestein, BB: 6,3 mm, // Nic.	28
Abbildung 26: Sandsteinbruchstück in einem Schliff der Laas Formation (LA4) bei // und X Nic., die Bildbreite beträgt 3,2 mm.....	28
Abbildung 27: Feldspat wird durch Kalzit verdrängt (LA6), BB: 3,2 mm.	29
Abbildung 28: Die Laas Formation zeigt typischerweise ein hellse Erscheinungsbild, mäßige Sortierung, subgerundete bis kantige Körner mit einer Größe von 0,1 bis 2mm. BB: 3,2 mm, // Nic.....	29
Abbildung 29: Die Gröden Formation im Dünnschliff. Viele vulkanische Fragmente prägen das Bild. // Nic., BB: 6,3mm.....	31
Abbildung 30: Ignimbrit. BB: 3,2 mm, // Nic.	30
Abbildung 32: Diffraktogramm der Probe LA1	32
Abbildung 31: Korrosionsbuchten im Quarz. BB: 6,3mm, X Nic.....	30
Abbildung 33: Diffraktogramm der Probe LA3	32
Abbildung 34: Diffraktogramm der Probe LA5	33
Abbildung 35: Ramanspektrum von LA_1 im Zellinneren mit Quarz-Vergleichsspektrum aus der Datenbank.....	35

Abbildung 36: Ramanspektrum von LA_1 der Zellwand mit Kohlenstoff-Vergleichsspektrum aus der Datenbank.....	36
Abbildung 37: Der Test mit Ligninhaltigen und Ligninfreien Materialien zeigt: Der Nachweis funktioniert.....	37
Abbildung 38: Versuch des Lignin-Nachweises bei den Kieselhölzern. Leider sind diese zu dunkel, um eine Färbung zu zeigen.....	37