

## Kristallkieselhölzer aus dem basalen Schilfsandstein des württembergischen Keupers (km<sub>2</sub>), Trias

Von SIEGFRIED NIKEL, Bühlerzell

- 1 Einführung
- 2 Geologie und Stratigraphie im Fundgebiet
  - 2.1 Geologische Situation und stratigraphische Position des Fundgebietes
  - 2.2 Basiskonglomerat
  - 2.3 Tonhorizont
  - 2.4 Kolkmarken
  - 2.5 Relikte einer Steinmergelbank
  - 2.6 Horizontale Erstreckung
  - 2.7 Basiskonglomerat – keine intraformationelle, resedimentäre Breccie
- 3 Fossile Treibhölzer
- 4 Mineralogische Beobachtungen zur Kristall- und Achatbildung
  - 4.1 Strukturbietende Kieselhölzer
  - 4.2 Kristallkieselhölzer
  - 4.3 Kristallisationskeime und Holosphärolithe
  - 4.4 Tracheidenholosphärolithe
  - 4.5 Festungsachate
  - 4.6 Achatbildung zwischen sich abspaltenden Zellverbänden
  - 4.7 Quarzrosetten
  - 4.8 Sternquarz
  - 4.9 Nadel-Sphärolithe
  - 4.10 Kristallkieselholz Büh I 004
  - 4.11 Beobachtungen zur Verkieselung
- 5 Phytotaphonomische und paläobotanische Beobachtungen
  - 5.1 Phytotaphonomische Aspekte
  - 5.2 Der *Pinus*-Typ
  - 5.3 Der Mark-Typ
  - 5.4 Unterschiedliche Holztypen
- 6 Zusammenfassung der Beobachtungen
  - 6.1 Optimale Kristallisationsbedingungen
  - 6.2 Hohe Si(OH)<sub>4</sub>-Konzentration
  - 6.3 Schnell ablaufende Vorgänge der Kristallisation
  - 6.4 Zwei verschiedene Holzarten
- 7 Danksagung
- 8 Literatur
- 9 Anhang

### ZUSAMMENFASSUNG

Aus dem basalen Schilfsandstein (Stuttgart-Gruppe, km<sub>2</sub>) konnten in den vergangenen Jahren eine ganze Reihe von Kieselhölzern geborgen werden. Das Fundgebiet liegt nahe der Ortschaft Kottspiel (Nordwürttemberg). Der basale Teil des Schilfsandsteins ist in der Umgebung von Kottspiel als konglomeratischer Sandstein ausgebildet, der aufgearbeitete Gesteinsfragmente zusammen mit permineralisiertem Holz und Wirbeltierknochen enthält. Der vorliegende Beitrag beschreibt die Lokalität, in der die Hölzer eingebettet und mit SiO<sub>2</sub> permineralisiert wurden. Auf Grund der Einbettung der Treibhölzer über einem wasserundurchlässigen Tonhorizont kam es zu einer hohen Si(OH)<sub>4</sub>-Konzentration im Grundwasserstrom. Das sich zersetzende Holz und die entstandenen kleineren und größeren Fäulnishohlräume, Schwundrisse und Ritzen wurden mit Kieselsäure Si(OH)<sub>4</sub> verfüllt. In einigen Hölzern herrschten optimale Bedingungen für die syngenetische Entstehung von permineralisiertem Holz, Quarzkristallrasen, radialstrahligen Sphärolithen, Tracheiden-Holosphärolithen, Festungsachat und Chalcedonvarietäten. Der vorliegende Beitrag beschreibt und dokumentiert diese Kristallisationsphänomene.

Beschrieben werden ferner makroskopisch und mikroskopisch erkennbare holzanatomische Details von zwei verschiedenen *Dadoxylon*-Holztypen.

### ABSTRACT

In recent years, many large silicified trunk-fragments have been discovered in the basal part of Schilfsandstein (Stuttgart-group, km<sub>2</sub>). Some of the new findings have been made near Kottspiel, a village in the north part of Baden-Württemberg. In this area the basal part of Schilfsandstein is developed as a conglomeratic sandstone that contains both a variety of reworked rock fragments together with broken fragments of petrified trunks and bones of vertebrate.

This paper describes the locality in which the trunk-fragments were sedimentated and where they were permineralized with SiO<sub>2</sub>. The location of the wood pieces above an impervious clay-ground, resulted in a high concentration of Si(OH)<sub>4</sub> in the groundwater-stream. Subversive wood and holes caused by rottenness gases filled up with Si(OH)<sub>4</sub>. In some of the wood pieces conditions were excellent for syngenetic formation of silicified wood, quartz-crystal surfaces, radial-sphärolits, tracheiden-holosphärolits, agates and different quartz-varieties. This paper describes and proves by documentation evidence these kristall-phenomena.

This paper further includes details about *Dadoxylon*-wood discovered in macroscopic and microscopic examination. Two different types of *Dadoxylon*-wood are described.

**Key words:** Bühlerzell, Schilfsandstein, Kristallkieselholz Kristallisationskeim, Sphärolith, Holo-spnärolith, Achat, Sternquarz, *Dadoxylon*.

### 1 EINFÜHRUNG

Der Schilfsandstein km<sub>2</sub> zählt zu den holzführenden Horizonten des Keupers. Besonders bekannt und von Wissenschaftlern bearbeitet sind die Schilfsandstein-

kieselhölzer vom Höhenzug Osing im Fränkischen Keuper nahe Rüdilsbronn und Krautostheim. THÜRACH (1888:139) und VOGELLEHNER (1968) haben sich mit Kieselhölzern aus dieser Region befasst. SELMEIER u. VOGELLEHNER (1968) haben unter diesen, allgemein als Koniferenhölzern bekannten Funden, auch Hölzer entdeckt, deren holzanatomische Details ein interessantes Zwischenstadium in der Gymnospermenentwicklung erkennen lassen. In einem weiteren Beitrag SELMEIER und VOGELLEHNER (1968) wird ein Holz als Podokarpoxyton aus der Lokalität Krassolzheim beschrieben (Extralapis Nr. 7:19). JAKOB (1972:150) beschreibt das Vorkommen auf dem Höhenzug Osing ausführlich und weist auf besonders auffällige Kristallstrukturen in dort auftretenden Kieselhölzern hin.

Nach eigenen Beobachtungen bei Feldbegehungen und Grabungen müssen auch die Kieselhölzer aus dem basalen Schilfsandstein des Oberen Bühlertales stratigraphisch dortigen Gegebenheiten entsprechen. Demnach gibt es auch im württembergischen Keuper ein Fundgebiet für Schilfsandsteinkieselhölzer mit ähnlichen Holzgrundstrukturen und Kristallausbildungen. Der Fundort liegt im östlichen Württemberg nahe der Ortschaft Kottspiel (Gemeinde Bühlertann).

Auf der Suche nach Kieselhölzern, die ähnlich wie in den Feuersteinfluren der Hohenloher Ebene in Vergesellschaftung von Chalcedonen und Feuersteinen auftreten, wurden zunächst an einer Stelle Kieselholzstammfragmente gefunden, deren Flächen und Kanten nicht angeschliffen und gerundet waren. Dieser Kieselholztyp war völlig andersartig strukturiert und mit sehr schönen, milchig weißen und dunkelbraunen Kristallrasen belegt. Eine Grabung führte zur Bergung eines 12 m langen Stammstückes, einer Baumkrone mit ca. 50 Astnarben. Bald konnten auch an anderen Stellen im Basalbereich des Schilfsandsteins ähnlich strukturierte schwarze, rotbraune und rötliche Kieselhölzer aufgelesen oder in situ im Verbund ergraben werden. Nicht im Verbund aufgelesene Hölzer konnten auf Grund ihrer einheitlichen Holzstruktur und Kristallausbildung nachträglich einander zugeordnet und teilweise wieder zusammengefügt werden.

Einen kurzen Hinweis auf das Vorkommen von Hölzern im Schilfsandstein dieser Region liefert MENYESCH (1970:46). „Es fanden sich einige größere Stücke, an drei Stellen sogar ganze Stammstücke von Koniferenhölzern. Eine genaue Bestimmung wurde wegen der schlechten Erhaltung nicht vorgenommen. Teilweise wiesen die Fundstücke noch Reste kohligter Holzsubstanz auf.“

Es fehlen genaue Fundpunkthinweise und auch der Verbleib der Hölzer ist nicht vermerkt, so dass diese Hölzer in der nachfolgenden Beschreibung und Bearbeitung der Neufunde nicht berücksichtigt werden können.

Durch mehrjährige Aufsammlung und Grabungsunternehmungen liegen mittlerweile zahlreiche Neufunde von Kieselhölzern aus dem basalen Schilfsandstein vor, die bisher unbekannte signifikante Details über Zersetzungserscheinungen von Holz und die Ausbildung von Quarzkristallen, Sphärolithen und Achaten im Holz liefern. Viele Einzelbeobachtungen an diesem Material liefern Hinweise auf die bei der Kieselholzausbildung, bei der Achatgenese und bei der Quarzreifung erfolgten Prozesse.

Rothäcker	Stückzahl	Leippersberg	Stückzahl	Flur/Höhe	Stückzahl	Schlegelsberg	Stückzahl
Büh R 001	+/-500	Büh L 001	+/-40	Büh H 002	+/-200	Vell S 001	126
Büh R 002	4	Büh L 004	132	Büh H 003	15	Vell S 003	85
Büh R 003	16	Büh L 005	39	Büh H 008	1		
Büh R 004	7	Büh L 006	57				
		Büh L 007	+/-60				
		Büh L 008	+/-150				
		Büh L 002	+/-124				
		Büh L 015	35				

Alle hier erwähnten und beschriebenen Kieselhölzer sind in der Privatsammlung S. NIKEL, Bühlerzell unter folgenden Nummern registriert.

Büh R 001 befindet sich derzeit in der Dauerausstellung des Naturhistorischen Museums in Heilbronn.

## 2 GEOLOGIE UND STRATIGRAPHIE IM FUNDGEBIET

### 2.1 Geologische Situation und stratigraphische Position des Fundgebietes

Das Fundgebiet erstreckt sich zwischen den Orten Bühlerzell, Geifertshofen, Kottspiel, Bühlertann und Vellberg (Abb. 1). In diesem Gebiet hat die in danubischer Richtung entwässernde Fischach und die rheinisch orientierte Bühler die Engelhofer Platte, die Estheriensichten und verschiedene Schilfsandsteinstränge freigelegt.

GWINNER hat die Region geologisch untersucht und festgestellt, dass die Estheriensichten allenfalls noch 15 m mächtig sind. Dabei scheinen die Anatina-Bank und die Oberen Estheriensichten überhaupt zu fehlen. Der Schilfsandstein ist, wenngleich oft in massiver Fazies entwickelt, flächenhaft vorhanden und erreicht eine Mächtigkeit von 10 m. Es scheint, als ob es sich hier bereits um einen randlichen Bereich des Süddeutschen Keuperbeckens handelt, wo weniger sedimentiert wurde als etwa im Gebiet von Heilbronn und Heuchelberg-Stromberg, wo maximale Mächtigkeiten vorliegen. (GWINNER 1970:145).

Weitere geologische Untersuchungen in der Region belegen GÖHNER et al. (1982), dass die Estheriensichten sehr stark erodiert sind und stellenweise nur noch 6 m mächtig sind. Sie sind überlagert von Schilfsandstein in Flutfazies. Die Normalfazies fehlt südlich der Grenze Weiler, Bühlertann, Markertshofen. Neben Parallelschichtung und Schrägschichtung sind Wulstbänke und Knäuellagen nicht selten (GWINNER 1970:144).

MENYESCH stellt fest, dass der Schilfsandstein sehr tief in die Liegendschichten eingreift. Das Verzahnen mit den liegenden Estheriensichten in derart tiefen Bereichen konnte nicht festgestellt werden. Hier kommt die Bedeutung der rinnenförmigen, diskordanten Einschneidungen den Tatsachen wohl näher (MENYESCH 1970: 46).

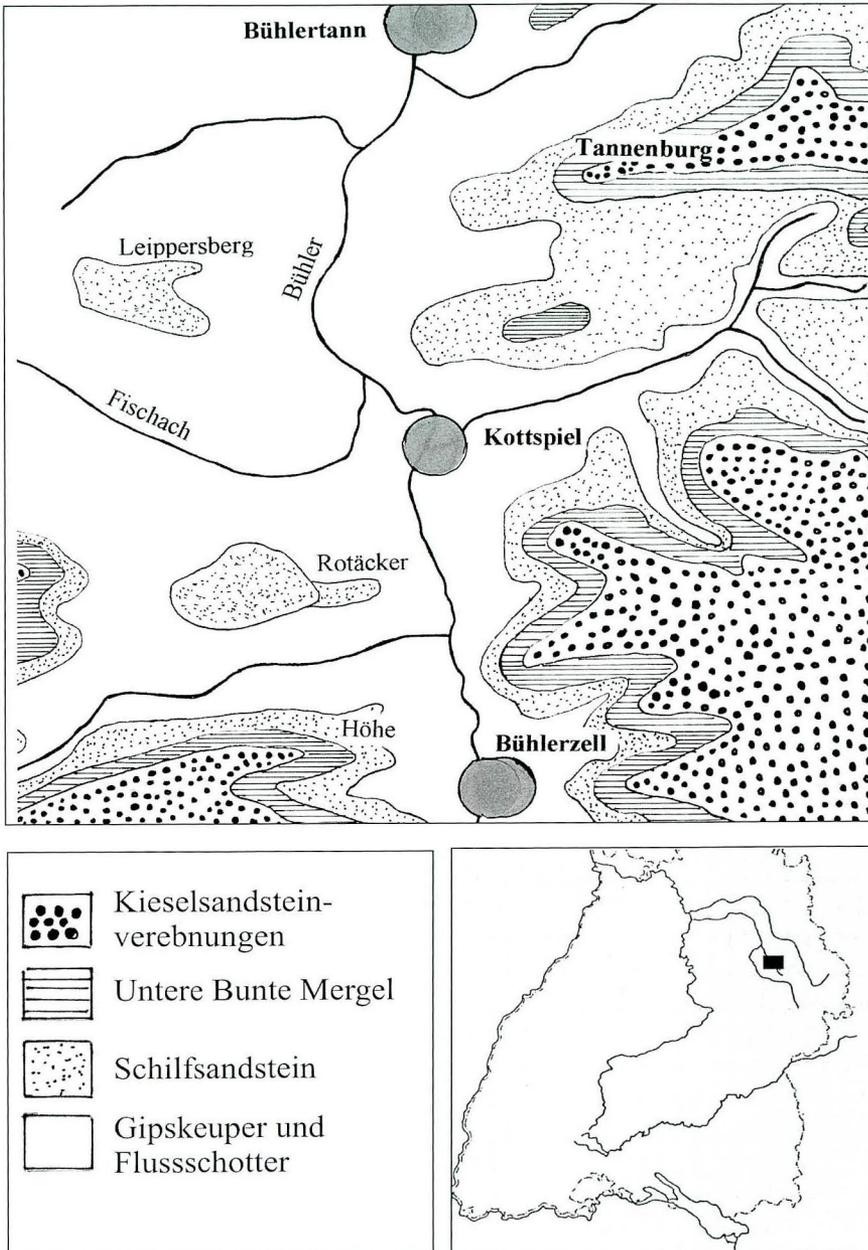


Abb. 1: Topographische Lage des Fundgebietes und geologische Situation

## 2.2 Basiskonglomerat

Nach eigenen Beobachtungen tritt der Schilfsandstein als sandige Rinnen- oder Beckenfüllung auf mit einer Mächtigkeit bis zu 30 m. Die Grenze Schilfsandstein/Gipskeuper ist messerscharf ausgebildet, im Liegenden die Estherien-schichten des Gipskeupers, im Hangenden Schilfsandstein. An der Basis des Schilfsandstein befindet sich ein bis 1 m mächtiges Schichtpaket, ein Basiskonglomerat. Den Abschluss der Estherienschichten bildet ein Tonhorizont. Feinstratigraphische Beobachtungen ergeben folgendes Profil:

In einer grünlich-grauen, kompakten Schilfsandsteinmatrix sind stark abgerollte, grüne, graue, braune Merkelgerölle, des Öfteren auch gerundete, resedimentierte Schilfsandsteingerölle eingelagert. Immer wieder treten spärlich erhaltene Beprägungen, Steinkerne, Spross- und Wurzelfragmente von *Equisetites arenaceum* auf. Punktuell sind bestens erhaltene weiße und schwarze Wirbeltierreste (Plagiosuchier, Mastodonten) eingebettet worden. An Kleinstflorenelemente seien erwähnt: zwei kugelige, beerenzapfenähnliche Gebilde mit einem Durchmesser von 5 mm, netzartige Gebilde, die sicher einen organischen Ursprung haben und inkohlte Reste von Stammholz und Pflanzen.

Besonders auffällige organische Einschlüsse sind zahlreiche permineralisierte Hölzer (Abb. 2). Die Größe reicht von wenigen Zentimeter langen Holzpartikeln bis zu einem über 12 m langen Baumkronenstück (NIKEL 1995).

Lokal sind auf einer relativ kleinen Fläche von ca. 3 ar Exotische Gerölle eingeschlossen (KELBER, OKRUSCH, NIKEL 1997). Es treten eckige bis stark gerundete Gerölle mit einem Gewicht bis zu 2000 g auf. Bisher konnten über 250 Gerölle unterschiedlichster Gesteinsarten mit anhaftender Schilfsandsteinmatrix und einem Gesamtgewicht von etwa 25 kg aufgelesen werden.

## 2.3 Tonhorizont

Der Tonhorizont besteht aus feinstem, blaugrünem, im obersten Bereich fast reinem Ton. Er ist völlig wasserundurchlässig und führt heute noch zu einer erheblichen Staunässe in den Feldern und zur Ausbildung von Quellhorizonten (Abb. 2). Auffällig ist eine lokal auftretende Anreicherung von Hellglimmerkristallplättchen (Muskovit) in einer glaukonitgrünen, siltigtonigen Matrix. Der 5 bis 20 cm mächtige Tonhorizont ist auf allen Kieselholzfundpunkten nachweisbar. Er fehlt im Irsbachtal (Sulzbach-Kocher) und im Gebiet von Gründelhardt. Da es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um ein Verwitterungsprodukt der Estherienschichten handelt und vor der spontan einsetzenden Schilfsandstein-schüttung vorhanden gewesen sein muss, ist dieser Tonhorizont stratigraphisch dem Gipskeuper zuzuordnen.

## 2.4 Kolkmarken

Auf der Unterseite des basalen Schilfsandsteinkörpers befinden sich zahlreiche keulen- und kegelförmige Ausgüsse von Eintiefungen und strömungsbedingten Mulden, die an der Oberfläche des noch weichen Tonhorizontes entstanden sind (Abb. 2). Neben diesen Kolkmarken gibt es auch Rollmarken, Stechmarken und

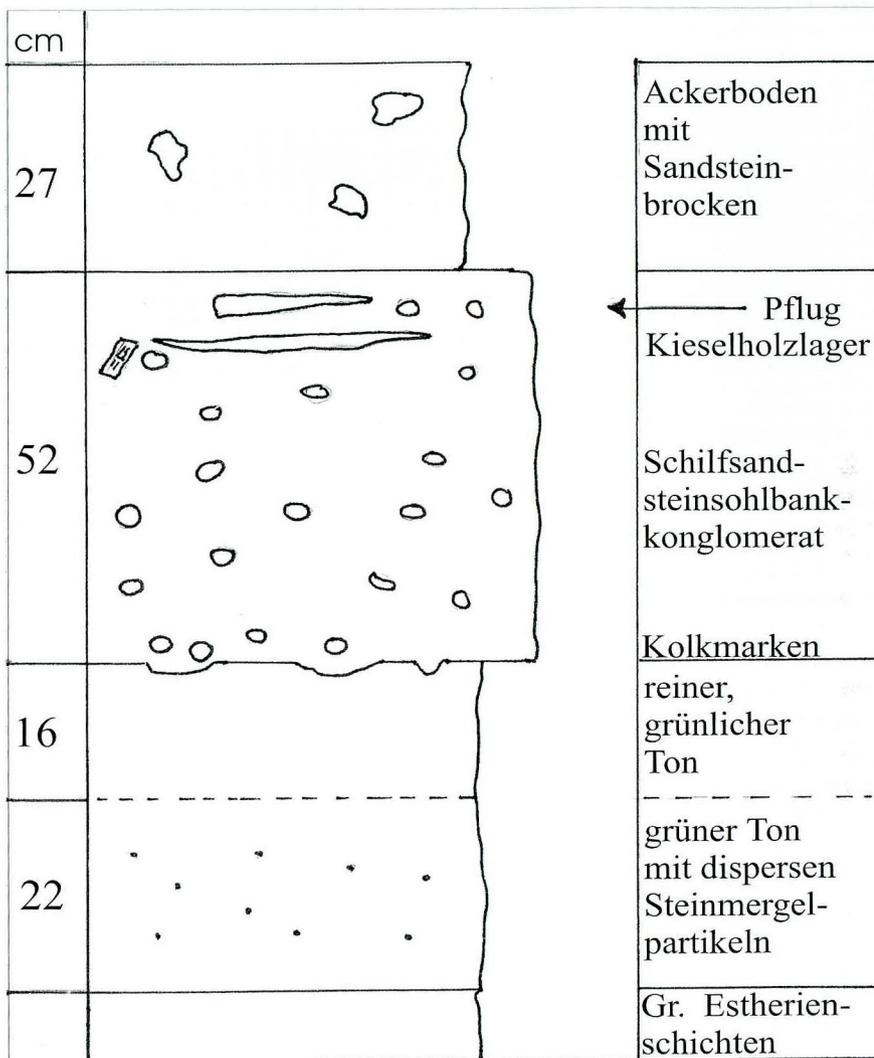


Abb. 2: Stratigraphische Position des Kieselholzfundhorizontes im basalen Schilfsandstein, Grabungsprotokoll vom 13.3.1990 (Büh L 007), (Büh L 008).

Schleifspuren sowie rinnenförmige Ausgüsse und Geröllmarken. Die Auskolkungen erreichen des Öfternen eine Tiefe bis zu 8 cm. Die Unterseite des Sandsteins ist mit einem grünen und einem schwarzen, 1 mm dicken Belag überzogen.

### 2.5 Relikte einer Steinmergelbank

Auf verschiedenen Kieselholzfundpunkten sind Relikte einer Steinmergelbank zu beobachten. An manchen Stellen tritt sie sogar im Anstehenden auf. MENYESCH (Abb. 2) positioniert diese Bank bei 8 m über der Engelhofer Platte. Die Kieselholzfundpunkte liegen in der Regel unterhalb dieser Bank, nur auf dem Leippersberg bei Büh L 015 liegt der Holzfundpunkt gleichauf. Demnach wurden die Estheriensichten vor der Schilfsandsteinzeit bis zu einer Tiefe von 6 bis 8 m erodiert.

### 2.6 Horizontale Erstreckung

Die horizontale Erstreckung des Untersuchungsgebietes beträgt in der Länge 12 km in der Breite im Schnitt etwa 3 km.

### 2.7 Basiskonglomerat – keine intraformationelle, resedimentäre Breccie

Das Schilfsandsteinbasiskonglomerat ist nicht identisch und vergleichbar mit der von GWINNER (1970) beschriebenen, intraformationellen, resedimentären Breccie im aufgelassenen Werksteinbruch im Kreuzfeld, östlich Geifertshofen. Dieser Horizont konnte auch auf zwei Baustellen am Nordhang von Geifertshofen nachgewiesen werden. Diese Breccie ist mehrere Meter über der Basis eingeschaltet und beinhaltet ausschließlich bis zu 35 cm lange, plattig geschichtete, kaum gerundete, stark glimmerhaltige Schilfsandsteinbrocken. In unserem Basiskonglomerat sind nur relativ kleine, stark gerundete Schilfsandsteingerölle eingeschlossen. Sie sind ebenfalls lagig strukturiert und enthalten ebenfalls viel Glimmer, aber zusätzlich noch Pflanzenhäcksel und kohlige Pflanzenreste.

## 3 FOSSILE TREIBHÖLZER

Schon JAKOB (1972:153) geht auf Grund des äußeren Erscheinungsbildes davon aus, dass die Schilfsandsteinhölzer allochthon, d. h. nicht am Fundort gewachsen sind. Es gibt bei unseren Funden eine ganze Reihe von eindeutigen Indizien, dass die Kieselhölzer einen längeren Transportweg in den fluviatilen Gewässersystemen der frühen Schilfsandsteinzeit hinter sich haben. Das 12 m lange Kronenstammstück (Büh R 001) weist am oberen Ende einen meißelartigen Zuschliff auf. Die Äste sind abgebrochen, die Astnarben angeschliffen, die Rinde fehlt und die Stammoberfläche zeigt deutliche Auswaschungs- und Abriebstrukturen. Ein in situ geborgenes, 2,15 m langes Holz (Büh L 007) ist vorne und hinten spitzig angeschliffen, der Holzkörper ist flachflächig gerundet und glatt geschliffen. Ein anderes, in situ geborgenes, 1,50 m langes Stück (Büh L 008) ist einseitig spitz angeschliffen. Das andere Ende ist wohl erst vor der Einbettung abgebrochen und daher kantig und ohne Kantenanschliff. Ein 3,60 m strukturbietendes Stammstück (Büh H 004) zeigt ähnliche Oberflächenstrukturen wie das Kronenstammstück Büh R 001.

Allgemein fällt auf, dass auf über 40 verschiedenen Holzfundstellen überwiegend morsches, von Fäulnis betroffenes und von Pilzen befallenes Holz angelie-

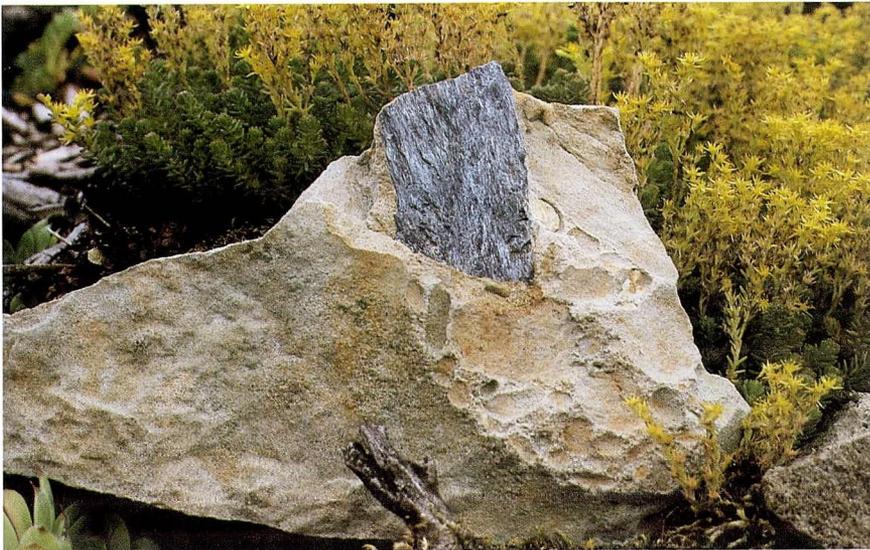


Abb. 3: Kantiges Exotisches Geröll (Quarzphyllith) in einer aufgebrochenen Kolkmarke der Schilfsandsteinsohlbank; Mergelgerölle teilweise ausgewittert; rechts: Schleifspur des Gerölls im noch weichen Tonhorizont.

fert wurde. Ein deutlicher Beleg für Pilzbefall ist ein auf Flur Höhe aufgelesenes Kieselholzstammfragment mit aufgewachsenem Konsolenpilz (Büh H 008). Das Auffinden von Exotischen Geröllen mitten im Fundbereich von Kieselhölzern verifiziert den Ferntransport des Holzes eindrucksvoll (Abb. 3). Die wissenschaftliche Bearbeitung der Exotischen Gerölle hat freundlicherweise das Mineralogische Institut der Universität Würzburg übernommen (KELBER, OKRUSCH, NIKEL 1997). Hinsichtlich des Transportes dieser teils sehr stark gerundeten, teils ganz eckigen Gerölle so weit ins Innere des Germanischen Beckens gehen die Wissenschaftler davon aus, dass mit großer Wahrscheinlichkeit nur der Transport im Wurzelballen eines Treibholzes in Frage kommt. Als mögliche Liefergebiete kommen der Süden von Norwegen und Schweden oder die nördlich exponierten Areale der Böhmisches Masse oder das sachsorthuringische Fichtelgebirgs-Kristallin in Betracht. Das Wuchsgebiet dieser Keuperkoniferen muss im Bereich dieser Regionen liegen (s. Kristallkieselholz Büh L 004).

#### 4 MINERALOGISCHE BEOBACHTUNGEN ZUR KRISTALL- UND ACHATBILDUNG

##### 4.1 Strukturbietende Kieselhölzer

Viele aus dem basalen Schilfsandstein geborgenen Kieselhölzer haben einen äußerlich relativ gut erhaltenen Holzkörper (Abb. 4). Die Oberflächenstrukturen

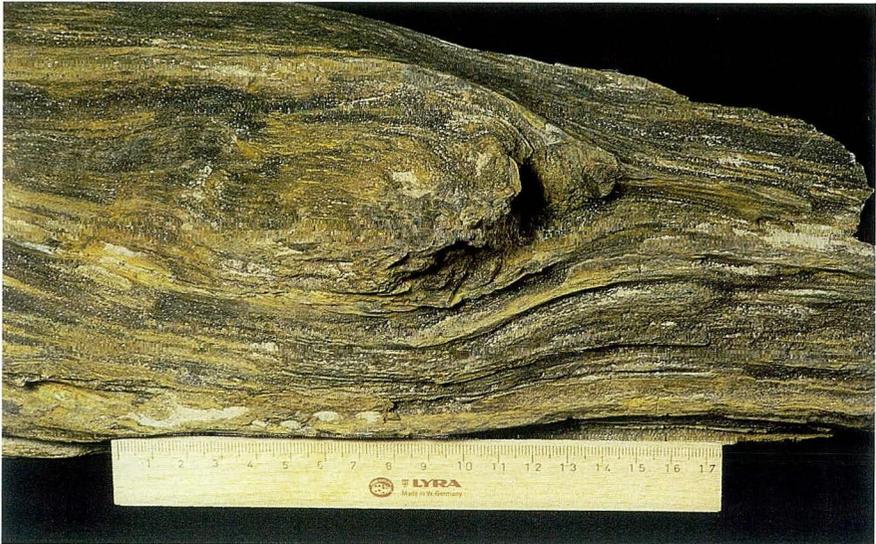


Abb. 4: Strukturbietendes Stammstück (Büh R 001): Astabgang, geriefte Außenstrukturen, Sekundärholzstruktur: *Dadoxylon keuperianum*.

des Holzes sind deutlich erkennbar: Astnarben, Astabgänge, Holzriefen, Zersetzungs narben, Schwundrisse überliefern den Zustand des Holzkörpers zum Zeitpunkt der Einbettung in das Sediment. Holzkörperdeformationen durch Druck der überlagernden Sedimente sind nicht zu beobachten. Allerdings ist der Zersetzungsgrad des noch deutlich strukturbietenden Holzes weiter fortgeschritten als der äußere Eindruck dies vermuten lässt (Dünnschliffe SELMEIER, München). Die Hölzer sind teilweise sehr porös und daher kaum schleifwürdig. In Ritzen und Spalten, selten auf den Außenflächen, befinden sich weiße, schwarze, rote und rotviolette Quarzkristallrasen mit idiomorphen oder xenomorphen Quarzkristallen. Solche kristallinen Beläge finden sich auch bei Kieselhölzern aus dem Stubensandstein, dem Burgsandstein, den Feuerletten, auf Kieselhölzern der Chinleformation (USA) und auf Hölzern des Petrified Forest (USA).

#### 4.2 Kristallkieselhölzer

Auf unseren Fundstellen treten aber auch Kieselhölzer mit besonders auffälligen Strukturen auf, ähnlich denen vom Höhenzug Osing bei Rüdilsbronn (Bayern). Bei einem beachtlichen Teil der Funde ist die ganze Holzstruktur durch Quarzkristallaggregate ersetzt, weshalb man hier von Kristallkieselhölzern sprechen kann. Dabei sind die Hohlräume mit Kristallrasen oder mit warzigem Chalcidon ausgekleidet. Es gibt aber auch Anhäufungen von winzigen Doppelendern und sternquarzähnlichen Gebilden auf Hölzern, ferner solche mit Quarzver-



Abb. 5: Kristallkieselholz (Büh L 001); im Kieselsäure-Gel vertriftete blockartig zerfallene Holzsubstanz; Stammdurchmesser: 12 cm.

wachungen und radialstrahligen Kristallsphärite, die freischwebend in einem gelartigen Medium gebildet worden sein müssen (JAKOB 1972:52).

Die Benennung Kristallkieselholz wird in der Nomenklatur für Mineralien und Fossilien nicht als eigenständige Variante von Quarz oder Kieselholz betrachtet. Aber auf Grund der in unseren Kieselhölzern strukturell äußerst bemerkenswerten mineralogischen und fossildiagenetischer Erscheinungen halte ich die Bezeichnung für treffend (Abb. 5). Unsere Kieselhölzer überliefern nicht nur intakte Zellstrukturen, sondern dokumentieren auch in besonderer Weise bielle Fäulnisprozesse des Holzes zum Zeitpunkt der Einbettung in das Sediment. Im Extremfall konnte die mikrobielle Zersetzung so weit fortschreiten, dass im Sediment Hohlräume entstanden sind, die durch Sedimentverfestigung erhalten blieben. Diese Hohlräume verfüllten sich ähnlich wie Hohlräume in vulkanischen Gesteinen mit amorpher Kieselsäure. Kristallkieselhölzer diesen Typs zeigen noch an Wänden anhaftende Holzpartikel und meist größere, blockig zerbrochene Holzreste in einer kristallinen Quarzmasse. Deutlich erkennbare Triftungsschlieren im Quarz deuten darauf hin, dass die Holzpartikel im noch plastischen Kieselsäuregel auseinander und dem Gesetz der Schwerkraft folgend nach unten vertriftet sind (Abb. 6). Der Hohlraum selbst ist ausgefüllt mit mikrokristallinem Quarz, wasserhell bis milchig trüb oder durch Eisen- und Manganhydroxide rot, braun, honiggelb und schwarz gefärbt (Büh L 001), (Büh L 002).

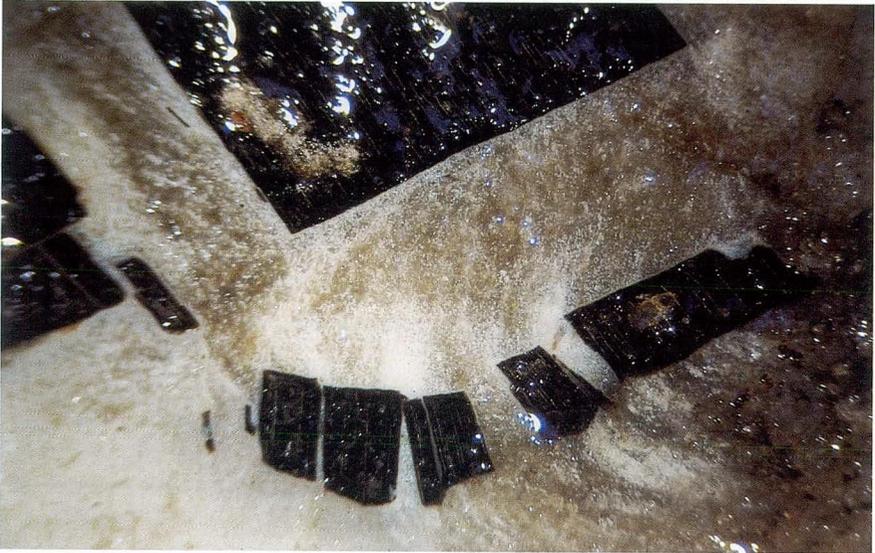


Abb. 6: Kleine Holzpartikel im Kieselsäure-Gel dem Gesetz der Schwerkraft folgend nach unten vertrifftet; Schlieren im Quarz kennzeichnen den Vertriftungsweg.

#### 4.3 Kristallisationskeime und Holosphärolithe

In den Quarzgängen zwischen den vertriffteten Holzpartikeln haben sich unzählige Kolloidpartikel und koagulierte Kristallisationskeime gebildet (Abb. 7). Sie sind mit dem Auge kaum erkennbar und werden nur als Trübung registriert. Bei starker Vergrößerung sind sie als helle, milchig weiße, frei schwebende, kugelige Teilchen erkennbar. In wasserhellen Quarzpartien wird deutlich, dass sie in großer Zahl auch direkt auf den Holzpartikeln aufsitzen. Teilweise haben diese Kristallisationskeime schon einen oder mehrere Kristallisationsringe gebildet und sind zu einem sphärolithischen Einkristall gewachsen. Diese Kristallaggregate sind kugelig, im Innern konzentrisch schalig aufgebaut. In der Quarzmasse, aber auch im Holzgewebe, treten diese Sphärolithe als radialstrahlige, zonal unterschiedlich weiß, schwarz, rot, braun gefärbte Ringe bzw. Schalen auf. Besonders an Bruchstellen zeigt sich der schalige, kugelige, dreidimensionale Aufbau. Sie sind vergleichbar mit Holosphärolithen in Achaten der Freisener Höhe (Lapis, Jg. 27, Nr. 6:13). In unseren Kieselhölzern sind tausende solcher selbständiger, kugelig ausgebildeter Holosphärolithe erkennbar (Abb. 8). Manchmal sind sie allerdings durch gegenseitige Wachstumsbehinderung deformiert oder zu Doppel- und Mehrfachsphärolithen zusammen gewachsen. Die Sphärolithe müssen demnach bei ihrer Entstehung noch weich und deformierbar gewesen sein. Solche Deformationsstrukturen sind aus dem Sphärolithaufbau nicht ableitbar (LANDMESSER 1991:67). Oft ist der Bruch oder Schnitt so angelegt, dass die

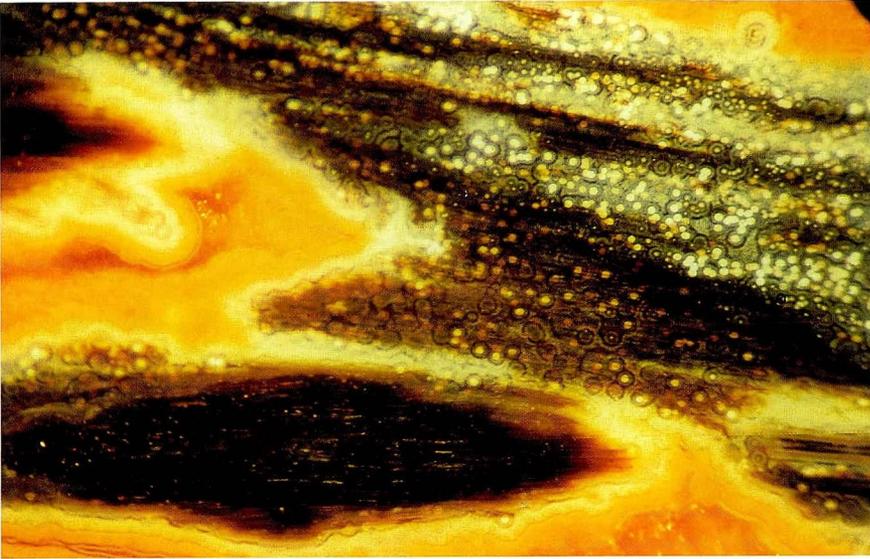


Abb. 7: Kristallisationskeime in einem Spaltenhohlraum; Kristallisationskeime mit einem Wachstumsring; Auflicht.

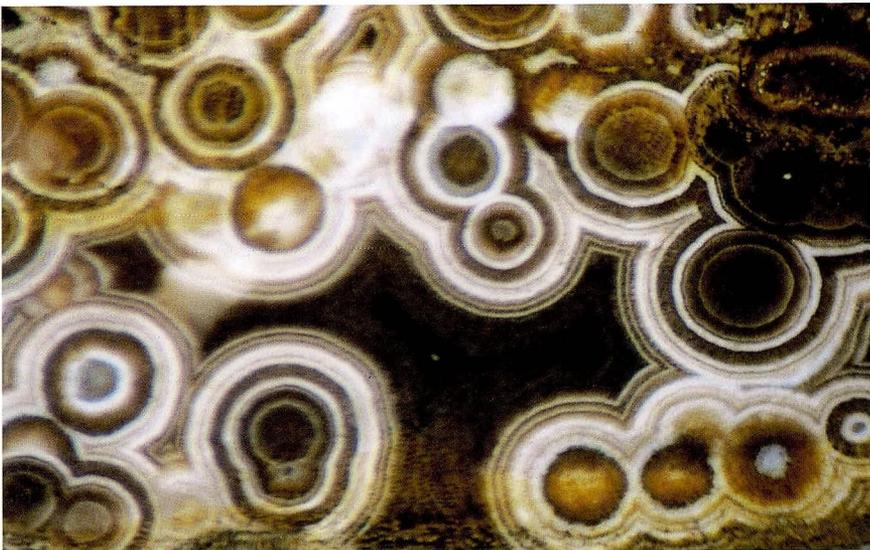
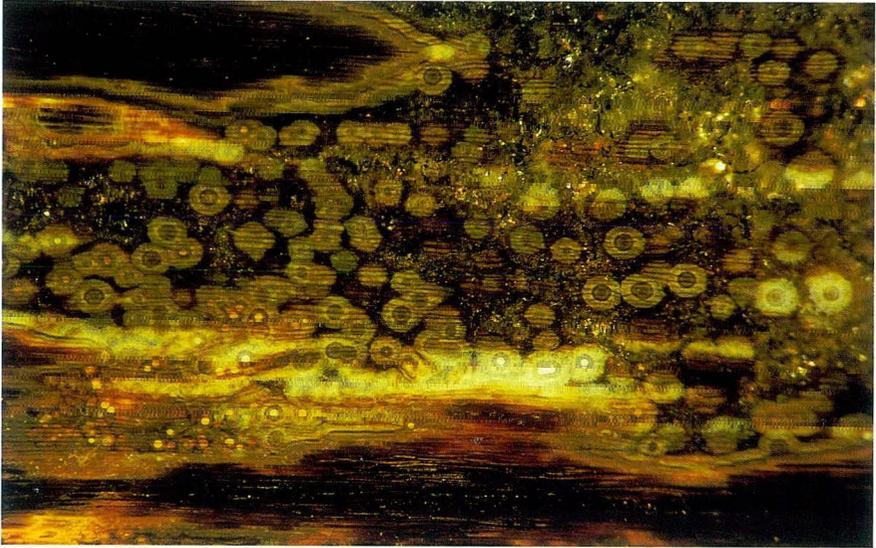


Abb. 8: Holosphärolithe bilden Festungsachate; sich berührende Sphärolithe bestimmen die kantigen Bandläufe der Achate; Sphärolithdurchmesser 0,5 – 1 mm; Auflicht.



**Abb. 9:** Holosphärolithe in einem mit kristallinem Quarz verfüllten Hohlräum; Sphärolithe wachsen durch die Holzzellen hindurch; helle Sphärolithe zeigen eine reifere Kristallisationsphase; Auflicht.

Mitte des Holosphärolithen getroffen wird. In diesem Fall wird der Kristallisationskeim sichtbar, von dem aus das faserige Kristallwachstum radialstrahlig in konzentrischen Kreisen nach außen verläuft. Er wächst aus einem  $\text{SiO}_2$ -Kolloidpartikel bei reichlich starker Konzentration der amorphen  $\text{SiO}_2$ -Lösung (LANDMESSER 1991). In unseren Kristallkieselhölzern können aus einem Kristallisationskeim Sphärolithe wachsen mit bis zu 15 zonar unterschiedlich gefärbten Schalen.

#### 4.4 Tracheidenholosphärolithe

Kristallisationskeime entstehen aber auch sehr oft mitten im intakten Holzgewebe. Die sich daraus entwickelnden Sphärolithkristalle wachsen ohne Deformationserscheinungen unbehindert durch das Tracheidengewebe hindurch (Abb. 9) (Büh L 005). Die Zellmembranen sind zum Zeitpunkt des Sphärolithkristallwachstums noch funktionsfähig und permeabel oder durch Zersetzung durchlässiger geworden. Sie behindern das Kristallwachstum offensichtlich nicht.

Die Tracheidenreihen bleiben erhalten und werden in den Holosphärolithkristall eingebaut. Lösen sich solche Kristallaggregate in einer mit  $\text{SiO}_2$  gefüllten Spalte vom Zellverband ab, so triffen die Tracheidenreihen nicht auseinander, sondern werden im kugelförmigen kristallinen Gitternetz des Sphärolithen fixiert. Solche Tracheidenholosphärolithe triffen freischwebend einer Algenvolvoxkugel gleich



Abb. 10: Tracheidenholosphärolithe, vertrifftet im Kieselsäure-Gel; die Kristallstruktur des Sphärolithen hält die Holzzellen zusammen; das Holzgewebe zerfällt rautenförmig; Auflicht.



Abb. 11: feingebänderte Holosphärolithe in sich zersetzender Holzsubstanz; Auflicht.

im Kieselsäuregel (Abb. 10). Wird ein solcher Tracheidensphärolith in der Mitte angeschliffen, ist auch hier der Kristallisationskeim sichtbar (Abb. 11).

#### 4.5 Festungsachate

Der Umstand, dass es in den Kristallkieselhölzern zur Ausbildung von eng aneinander liegenden Holosphärolithen kam, führte zwangsläufig zur Ausbildung von konkav gerundeten, spitzig auslaufenden Hohlräumen, in denen sich feine, scharfkantig gebänderte Achatstrukturen mit kristallinem Kern bilden konnten (Abb. 12). Auf Grund ihres sphärolitischen Aufbaus und der spitzig zulaufenden, festungsähnlichen Strukturen müssen die kleinen Achate zu den Festungsachaten gestellt werden. Sie sind nicht wie die großen Achate der Freisener Höhe aus halbkreisförmigen Randsphärolithen entstanden, sondern aus Holosphärolithen inmitten eines oft mit zerfallender Holzsubstanz kontaminierten Holzhohlraumes.

#### 4.6 Achatbildung zwischen sich abspaltenden Zellverbänden

Auffällig schöne Achatbildungen treten auf, wenn sich von einem größeren Tracheidenverband Tracheidenreihen spanförmig oder blockförmig abspalten. In den entstandenen Hohlräumen bilden sich feine, rotgebänderte Achate (Abb. 13). Eine ähnliche Achatbildung tritt auch in zahlreichen feinen Spalten auf. Die langgezogenen Spaltenachate haben in der Regel einen kristallinen Kern mit wasserhellen Quarzkristallen (Abb. 14). Auch größere Holzpartikel und selbst

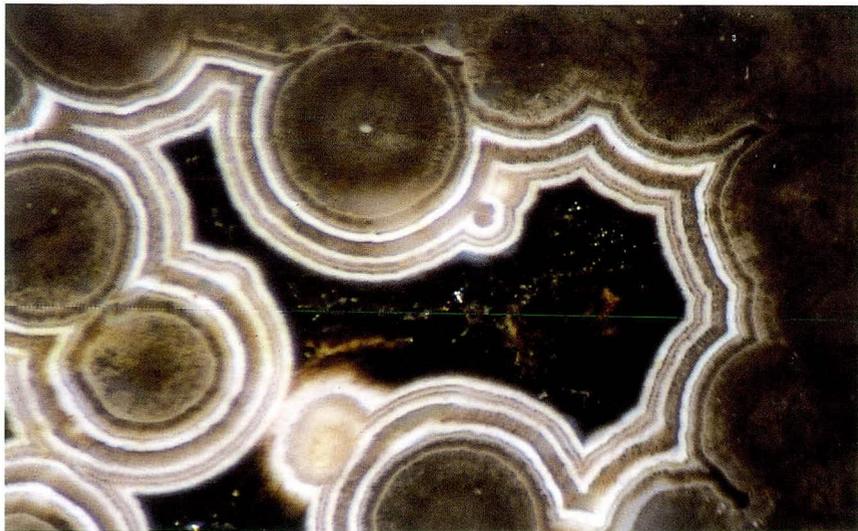


Abb. 12: Schwarz-weißer Festungsachat (Onyx): großer, dunkler Sphärolith mit Kristallisationskeim; zwei sich berührende, im Wachstum beeinträchtigte Sphärolithe; Auflicht.



Abb. 13: Fein gebänderter ,durch Eisen-III-hydroxyd rot gefärbter Achat im Hohlraum zwischen einem sich spanförmig ablösendem Holzpartikel und einem größeren Holzblock; Kristallisationskeime und Sphärolithe in Quarzmatrix; Auflicht.



**Abb. 14:** Rotgebänderter Achat in einem Spaltensystem sich zersetzender Holzsubstanz; Auflicht.

kleinste Holzsplitter sind meistens mit feinen Achatlagen überkrustet. Auf den Holzzellen sind unzählige Kristallisationskeime erkennbar mit und ohne sphärolithischem Ring. Holosphärolithe und Randsphärolithe sind an der Ausbildung dieser Bänderungen beteiligt. Im Dünnschliff sind die Zellstruktur und die Achatbänder erhalten geblieben, während die Sphärolithaggregate nur noch als kreisförmiger Zellhaufen erkennbar sind. Demnach sind die Achatbänder wesentlich kryptokristalliner ausgebildet als die Sphärolithaggregate.

#### 4.7 Quarzrosetten

Nicht immer wurden Hohlräume vollständig mit Microquarz, Chalcedon oder Achat verfüllt. In den verbliebenen Hohlräumen fällt des Öfteren eine besondere Quarzvarietät auf, die als zweite Generation über einem xenomorphen oder ideomorphen Quarzkristallrasen aufgewachsen ist. Es sind mehrere Millimeter hohe, mit feinsten Quarzspitzen belegte Türmchen, die je nach Mineraleinbau wasserhell, rot, braun oder honiggelb gefärbt sind (Abb. 15). Das größte Exemplar misst im Durchmesser 17 mm bei einer Höhe von 12 mm (Büh L 006). Erst an Bruchstellen ist der innere Aufbau erkennbar. Von einem großen, milchig-weißen Kristallisationskeim aus wachsen die Quarzkristalle radialstengelig, sternförmig auseinander und bilden eine unregelmäßige Rosette. Das Einzelkristallwachstum ist trigonal, die Kristallkoordinaten sind ungleich und verschiedenwinklig triklin. Der Einzelkristall ähnelt einem äußerst unregelmäßigen Drachen, wobei die nach außen zeigende Spitze oft monoklin erscheint. Solche



Abb. 15: Durch Eisen-Hydroxid gelb gefärbte Quarzrosetten in einem Hohlraum aufgewachsen in 2. Generation auf einem xenomorphen und idiomorphen Quarzkristallrasen; Rosettendurchmesser 1 – 1,5 mm; Auflicht.

Kristalltürmchen sind durchaus vergleichbar mit den bedeutend größeren Amethysttürmen oder Amethystrosetten in den riesigen brasilianischen Amethystdrusen.

#### 4.8 Sternquarz

Oft kommt es bei Hölzern, deren Holzsubstanz sich weitgehend zersetzt hat, im entstandenen Hohlraum zur Ausbildung von größeren xenomorphen und idiomorphen Doppelender-Quarzkristallen. Im Bereich solcher Quarzrasen kommt es des Öfteren zur Ausbildung von Sternquarzaggregaten bis zu einem Durchmesser von 15 mm. Sie bestehen aus zahlreichen Einzelkristallen. Alle Einzelkristalle sind querlagig und haben eine horizontale Streifung. Ihr Wachstum geht von einem winzigen, hellen Kristallzentrum oder Kristallisationskeim aus. Die Farbe dieser Aggregate reicht von wasserhell bis dunkelrot, es überwiegen die Eisenkiesel-Sternquarzkristalle. Sie wachsen ebenfalls ohne jede Beeinträchtigung durch Tracheidenverbände hindurch (Abb. 16).

#### 4.9 Nadel-Sphärolithe

In wasserhellem, durch Verunreinigungen leicht getrübbten Quarz befinden sich oft milchig trübe, an der Oberfläche nadelig ausgebildete Sphärolithkugeln. Andere Nadel-sphärolithe haben schon einen ebenfalls nadelig strukturierten Ring ausgebildet. Vereinzelt sind Sphärolithe diesen Typs von eckigen und spitzigen



Abb. 16: Eisenkiesel-Sternquarz auf Kristallkieselholz Büh L 006; Durchmesser: 3 mm; Auflicht.



Abb. 17: Nadelsphärolithe in Calcedon; Oberfläche nadelig-kristallin; Kristallkugeln teilweise durch Eisen-II-hydroxid gelb gefärbt; Auflicht.

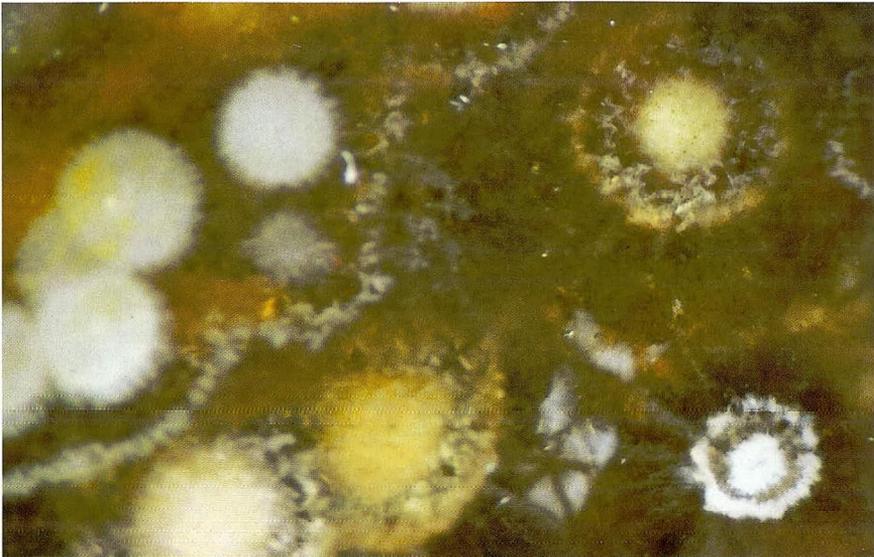


Abb. 18: Nadelsphärolith mit einem hellen Kristallkranz; Auflicht.

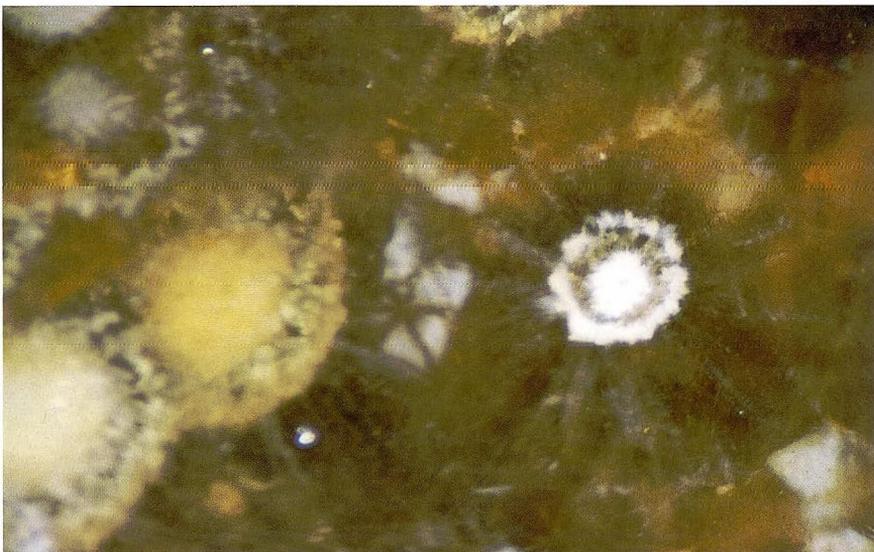


Abb. 19: Nadelsphärolith mit Ring und schemenhaft angedeuteten spitzigen Kristallstrukturen; Auflicht.

Kristallstrukturen umgeben, die allerdings nur schemenhaft erkennbar sind. Möglicherweise handelt es sich hier um 3 unterschiedliche Wachstumsstadien hin zu einem größeren Kristallaggregat (Abb. 17–19).

#### 4.10 Kristallkieselholz Böh L 004

Das Kristallkieselholz ist in doppelter Hinsicht auffällig. Der Holzkörper ist fast vollständig zerfallen, nur wenige, meist wellig strukturierte Holzreste sind erhalten geblieben. Der Hohlräume ist vollständig mit feinkristallinem Chalcedon verfüllt. Es gibt nur vereinzelt Schwundrisse. Sie sind mit Quarz und Achat ausgekleidet, nur vereinzelt treten Sphärolithe auf.

Besonders auffällig sind zahlreiche, mehrere Zentimeter lange und bis 2 cm tiefe Mulden, die, wie auch in vielen anderen Kristallkieselhölzern, mit kleinen, roten Chalcedonkugeln ausgekleidet sind (Abb. 20). Es gibt keine mineralogische oder biologische Erklärung, warum mit welliger Holzstruktur belegte Flächen ovale Mulden aufweisen. Es handelt sich mit Sicherheit nicht um Astnarben oder Hohlformen von alten Ästen.

Rezente Beispiele belegen, dass im Wurzelwerk eingeschlossene Gesteine im Holz tiefe Mulden bilden. Man kann davon ausgehen, dass die Mulden im Holz Böh L 004 von unseren Exotischen Geröllen stammen, die in einen Wurzelballen eingeschlossen waren. Auf diesem Wege wurden sie hunderte von Kilometern tief ins Germanische Becken verfrachtet und auf dem Leippersberg abgelagert.



Abb. 20: Durch Eisen-III-hydroxid dunkelrot gefärbte Chalcedonkugeln an Oberflächen und in Mulden von Kristallkieselhölzern; Durchmesser 1,5 – 2 mm; Aufsicht.

gert. Der Fundpunkt dieses Holzes liegt mitten im Fundareal der Exotischen Gerölle.

#### 4.11 Beobachtungen zur Verkieselung

Offensichtlich stellen die Schilfsandsteinkieselhölzer aus dem basalen Schilfstandstein des Oberen Bühlertales hinsichtlich ihrer Vielfalt der Mineralgenese und der Einkieselungsprozesse in sich biell zersetzender Holzsubstanz eine Besonderheit dar. Dies wird deutlich durch den Vergleich mit anderen Kieselholzvorkommen, wo Achatbildung und Achatisierung beobachtet werden konnten. Durchaus vergleichbar sind unsere Kristallkieselhölzer mit den Achatkieselhölzern von Chemnitz, Rotliegend, Perm. Hier wurden Psaronienhölzer mit  $\text{SiO}_2$  permineralisiert und in den Luftwurzelhohlräumen dieser Psaronien bildeten sich echte, farbig gebänderte kleine Achate. Wesentlich weniger vergleichbar sind unsere Kristallkieselhölzer mit achatisierten Hölzern des Petrified Forest (Chinle Formation, USA). Hier ist der gesamte Holzkörper oft ohne Tracheidenstrukturen mit einer achatfarbenen, kontrastreichen, rot, gelb, blau, grün und schwarz gefärbten krytokristallinen Achatchalcedonmasse verfüllt. Sphärolithe oder echt gebänderte Achate sind nach eigenen Beobachtungen an Aufsammlungen außerhalb des Parks relativ selten. In beiden Fällen stammt die Kieselsäure aus verwitternden vulkanischen Aschen.

Hier stellt sich die Frage, woher stammt die Kieselsäure bei unseren Kieselhölzern, wo es doch während der Obertrias keinerlei vulkanische Aktivität im Germanischen Becken gegeben hat (SEEGIS 1992:279). Wie konnte es zu einem so hohen Sättigungsgrad kommen, dass es zur Ausbildung von Kolloidpartikeln kommen konnte, die als Kristallisationskeime (Kristallite) das Sphärolithkristallwachstum auslösten und so die Entstehung gebänderter Achate ermöglichte. Generell kann es nur zu einer  $\text{SiO}_2$ -Permineralisierung von Hölzern kommen, wenn ausreichend im Wasser gelöste amorphe Kieselsäure präsent ist. Für die Entstehung der Feuersteine im Knollenmergel ist die Quelle der Kieselsäure wahrscheinlich in einer Silikatverwitterung zu suchen (SEEGIS 1992:279). Durch fluviatilen Transport der gelösten Kieselsäure in abflusslose Senken konnte eine beachtliche  $\text{SiO}_2$ -Konzentration erreicht werden, die dann zur Kalkverdrängung und Ausbildung von Feuersteinlagen führte. Dieser Vorgang ist durchaus übertragbar auf den Ablauf der Durchkieselung der Treibhölzer im Oberen Bühlertal (Abb. 21). Microsondenuntersuchungen (KELBER, OKRUSCH u. NIKEL 1997) haben bestätigt, dass in der Schilfsandsteinmatrix im Fundgebiet Hellglimmer vorhanden ist. So kann man davon ausgehen, dass hier ebenfalls Silikatverwitterung stattgefunden hat und  $\text{SiO}_2$  in Lösung ging. Über dem völlig wasserundurchlässigen Tonhorizont, der auf allen Kieselholzfundpunkten zwischen 5 bis 25 cm mächtig nachgewiesen ist, kann es zu einer sehr starken Anreicherung des Grundwassers mit amorpher Kieselsäure gekommen sein. Möglicherweise hat das aus Fäulnisprozessen der eingebetteten Biomasse entweichende  $\text{CO}_2$  als schwache Säure und die im Holz vorhandenen aggressiveren Huminsäuren die Freisetzung von  $\text{SiO}_2$  aus den vorhandenen Silikaten durch Ansäuern begünstigt.

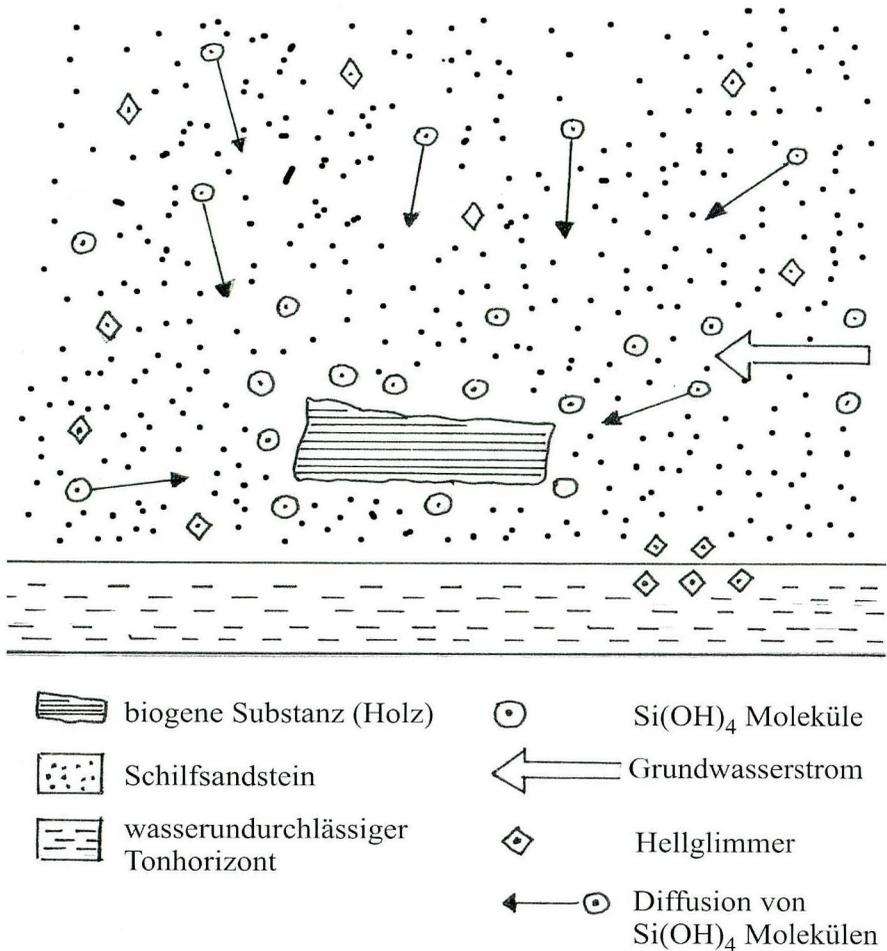


Abb. 21: Kiesel Säurediffusion im Grundwasserstrom über dem wasserundurchlässigen Tonhorizont hin zur biogenen Substanz (Holz).

Nicht nur im Grundwasserstrom konnte es zu einer Anreicherung von Si(OH)<sub>4</sub> Molekülen kommen, sondern verstärkt auch im Holz selbst. Freies CO<sub>2</sub> gilt als Auslöser der Diffusion von Si(OH)<sub>4</sub> in den Holzhohlraum. Dort wirkt die biogene Substanz wie ein Magnet. Gelöste Kieselsäure wird aus dem Grundwasser herausgezogen, die ganze Umgebung wird durch die Poren im Sand hindurch leeresaugt. Im Grundwasserstrom werden ständig weitere Si(OH)<sub>4</sub>-Moleküle herantransportiert. So kann es zu einer sehr starken Anreicherung von Kieselsäuremolekülen im Holzhohlraum (bis zu 20–30 mg/l) kommen. Die Kinetik dieses Vorganges wird bestimmt durch die Diffusion zum reiferen SiO<sub>2</sub>-Gel. Mobi-

lisation durch Reifung ist ein fortwährender Prozess, wenn  $\text{Si}(\text{OH})_4$  ständig verfügbar ist LANDMESSER (Extra Lapis, Holz:72). Über dem Tonhorizont war dies offensichtlich der Fall. Auch die Zufuhr von  $\text{Si}(\text{OH})_4$  Molekülen muss über dem Tonhorizont sehr kontinuierlich erfolgt sein, da in den untersuchten Kristallkieselhölzern keine Schwundrisse, entstanden durch  $\text{H}_2\text{O}$ -Verlust, erkennbar sind.

Ein solches fossiles Chemielabor war sicher besonders reaktionsfähig bei der Masse von biogener Substanz (Treibhölzer, Pflanzenreste, Wirbeltierreste) wie sie im Basalkonglomerat eingebettet wurde. Je größer die verbliebene Biomasse, desto intensiver die Anreicherung aus der Umgebung LANDMESSER (Extra Lapis: 63–69).

Die Reifung zum  $\text{SiO}_2$ -Gel durch Abscheidung von Wasser, die Einkieselung in die Zellhohlräume, die Verfüllung der Hohlräume und Kavernen zwischen den Holzresten sowie die Ausbildung von Kristallisationskeimen mit Sphärolith- und Kristallwachstum ist wohl nach und nach syngenetisch verlaufen. In welchem Zeitraum diese Reaktionen abgelaufen sind, ist noch umstritten. Eigene Beobachtungen sprechen aber dafür, dass es zu einer raschen Präfossilisierung und Fixierung der im Gel triftenden Holzsubstanzen kam, wodurch der Zersetzungsprozess der Holzsubstanz gestoppt wurde.

Nicht funktioniert hat dieses geologische und chemische Szenarium auf den Fundpunkten im nahe gelegenen Irsbachtal (Sulzbach-Kocher). Hier wurden die an der Basis eingebetteten Treibhölzer nicht mit Kieselsäure permineralisiert, sondern sie haben sich sehr stark zersetzt und sind nur inkohlt und teilweise pyritisiert erhalten. Ebenfalls nicht funktioniert hat die Permineralisierung der Treibhölzer im Raum Gründelhardt. Hier wurden auch nur inkohlte Stammreste geborgen (BRUNNER 1972, MENYESCH 1970:46).

Es fällt auf, dass in beiden Fällen der Tonhorizont zwischen Estherienschichten (Gipskeuper) und Schilfsandsteinbasis fehlt.

## 5 PHYTOTAPHONOMISCHE UND PALÄOBOTANISCHE BEOBACHTUNGEN

### 5.1 Phytotaphonomische Aspekte

Das Basiskonglomerat hat eine ganze Reihe von Floren- und Faunenrelikte überliefert und ganz sicher werden später vor allem im Mikrobereich wie Flechten, Algen und Pilze noch weitere Zeugnisse nachgewiesen und bearbeitet werden. Bei den fossilen Pflanzenresten im Basiskonglomerat fallen besonders die permineralisierten Treibhölzer auf. Für paläobotanische Beobachtungen und Untersuchungen im Makro- und Mikrobereich steht ein Fülle von Kieselholzmaterial aus systematischen Aufsammlungen zur Verfügung mit annähernd gleichen Transport-, Einbettungs- und Permineralisierungsbedingungen aus einem stratigraphisch genau festliegenden Horizont. Es steht stratigraphisch exakt determiniertes Material zur Verfügung. Insgesamt wurden 41 größere Stammstücke registriert, die ihrerseits oft in eine große Anzahl von Einzelstücken zerbrochen sind. Bei einer so hohen Anzahl von identifizierbaren Holzfragmenten finden

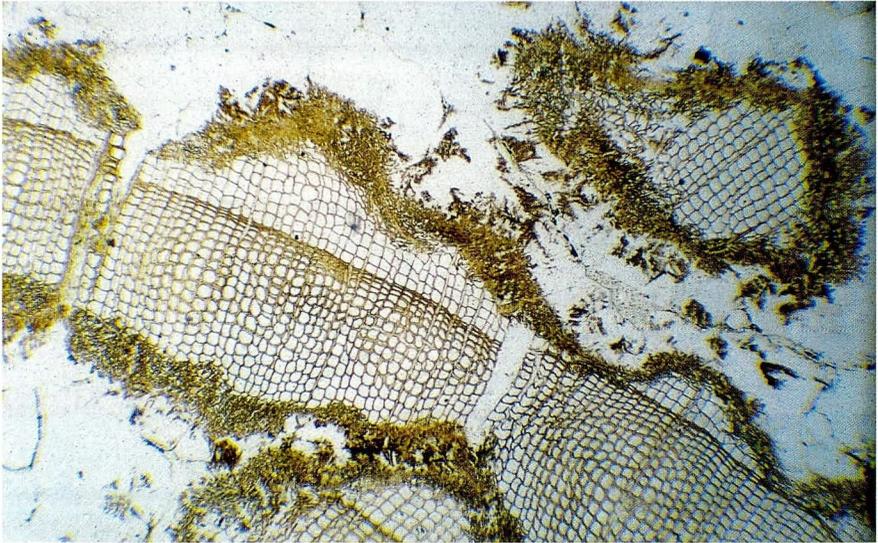


Abb. 22: Holzgewebe mit Zuwachszonengrenze; im Kieselgel verfrachteter Holzsplitter; die Zellmembranen zerfallener Holzzellen reichern sich rund um die noch intakten Zellverbände an; Büh L 005; Dünnschliff WÜ-NI 10; Durchlicht.

sich immer wieder kleinere und größere Teilstücke mit glatten und ebenen Quer-, Tangential- und Radialbrüchen, die für mikroskopische Beobachtungen als Ergänzung makroskopischer Eindrücke zur Verfügung stehen. Die Untersuchungen sind nicht beschränkt auf ein mehr oder weniger großes Einzelhandstück. Außenstrukturen, Astnarben, überwallte Äste im Holzkörper und mit Markröhren können immer in Verbindung gebracht werden mit der Tracheidenreihenordnung, Holzstrahlen, Tracheidenhoftüpfel, Kreuzungsfeldtüpfel und Zuwachszonengrenzen.

In unserem Fall können zusätzlich taphonomische und nekrologische sowie von der Pflanzenanatomie festgelegte Zerfallsmuster als ergänzende Bestimmungskriterien herangezogen werden. Gleichförmig wiederkehrende, den jeweiligen Pflanzen eigene Muster der Fragmentierung können so typisch sein, dass sie bei der Bestimmung der fossil überlieferten Fragmente eine große Hilfe sein können und damit Fehlbestimmungen vermieden werden (KELBER 1999).

Die von Wissenschaftlern untersuchten Kieselhölzern (Büh Roo1, Büh Loos) sind Koniferenreste von gymnospermen Pflanzen mit dem holzanatomischen Aufbau urtümlicher Nadelbäume (Selmeier-Dünnschliffe AA1–4, Kelber-Dünnschliffe NI3–9) (Abb. 22). Dieser Baumtyp ist heute nur noch bei den Araukarien der Südhalbkugel nachweisbar. Das Holz dieses Baumtyps ist relativ hart und widerstandsfähig und daher relativ häufig, vor allem in der Keuperzeit durch Permineralisierung mit  $\text{SiO}_2$  erhalten geblieben.

Für das Sekundärholz dieser urtümlichen Bäume gilt die wissenschaftliche Bezeichnung *Dadoxylon* und fast alle Kieselhölzer der Keuperzeit werden diesem Holztyp zugeordnet (VOGELLEHNER 1965). Über den Habitus dieser Baumtypen ist damit nichts ausgesagt.

Eingehende Beobachtungen, Vergleiche und Zuordnungen führten bei unseren Kieselhölzern zu der Vermutung, dass zumindest zwei Baumtypen zu Beginn der Schilfsandsteinzeit in den Wuchsgebieten präsent waren (s. 5.2 und 5.3).

### 5.2 Der Pinus-Typ

Das Holz zerfällt an der Stammoberfläche oft mit der Bildung von tiefen, in Stammrichtung parallel verlaufende Riefen. Sie umlaufen die Astabgänge und Astnarben entlang der runden oder ovalen Aststrukturen. Das Holz zerbricht in der Regel entlang radial verlaufender Schwundrisse oft mitten durch die nur 2 – 3 mm dicke Markröhre. Im Querbruch ist diese Markröhre vor allem bei Ästchen nur als nicht strukturiertes Holzzentrum erkennbar, von dem aus radialstrahlig ausgerichtet die Tracheidenreihen – wie bei Koniferen üblich – nach außen verlaufen. Oft sind die Tracheidenreihen aber durch Zersetzung zerstört oder unterbrochen. Es entstehen oft mehrere millimeterlange Ritzen und löchrige Strukturen, die oft mit limonitischem Material verfüllt sind. Die Wissenschaftler sprechen von Psaronisierung. Dies wird auch deutlich in insgesamt 10 Dünnschliffen. Im Querschliff sind noch Tracheidenreihen erkennbar, im Tangential- und Radialschliff sind die Zellstrukturen in ihrer Aussagekraft durch Zersetzung, vermutlich durch Pilze, stark beeinträchtigt.

Um so bemerkenswerter ist, dass die Außenstrukturen des Holzes (Abb. 4) nahezu unverändert überliefert sind und uns nach der Bergung eines 12 m langen Gipfelstückes (NIKEL 1995) ein Fund vorliegt, der den Habitus dieses Baumtypes dokumentiert. Am ehesten vergleichbar ist unser Baumtyp mit rezenten Kiefernarten: *Pinus silvestris*, *Pinus ponterosa*, *Pinus strobus*.

### 5.3 Der Mark-Typ

Unsere Koniferenhölzer dieses Baumtyps zeigen äußerlich nur wenige natürliche Strukturen, nur kleine Astnarben und noppenähnliche Gebilde, die aber äußerst fragwürdig sind. Auffällig ist ein besonderes, bei Koniferenhölzern von verschiedenen Fundpunkten gleichartiges Zersetzungsmuster. Das Holz bildet bei der Zersetzung reihig angeordnete, oft mit Quarz überkrustete, rautenförmige Pusteln. Sie zeigen an Bruchstellen noch deutlich Tracheidenreihen (Abb. 23). Radial sind die Pusteln linsenförmig erhalten und zeigen senkrecht verlaufende Tracheidenreihen und quer verlaufende Holzstrahlen. Im Holzkörper zerfallen die Zellverbände blockartig und splitterartig und vertriften im Kieselsäuregel. Das Holz zerfällt im Innern in auffällig rautenartige Strukturen (Abb. 24). Die Feinstrukturen des Zellgewebes sind bei diesem Typ extrem gut erhalten.



Abb. 23: Rautenartig zerfallendes Holz mit Pustelbildung an der Oberfläche, Tracheidenzellgewebe zeigt im Tangentialbruch deutlich Tracheidenreihen und Holzstrahlen; Auflicht.

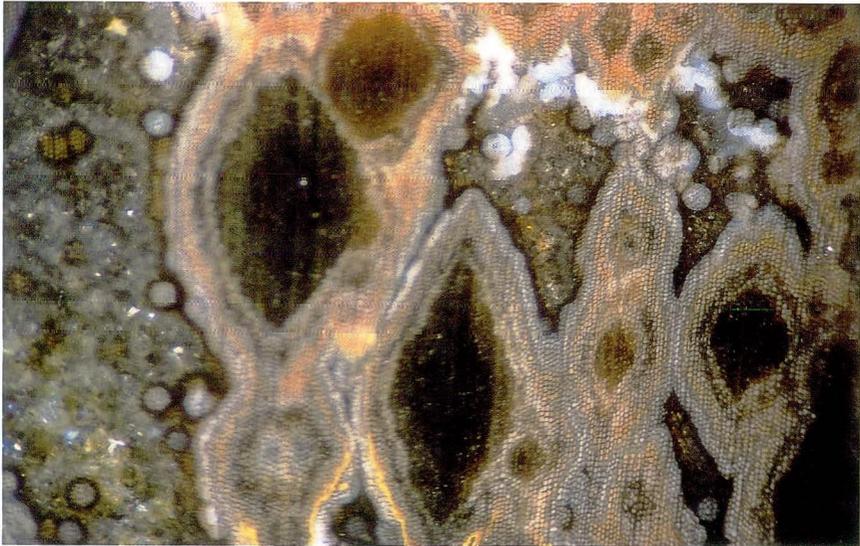


Abb. 24: Rautenartiger Zerfall des Holzgewebes im Innern; Auflicht.

### Dünnschliffe

Über 20 Dünnschliffe bestätigen dadoxylontypische Holzstrukturen, wie einreihige Holzstrahlen mit einer Stöckigkeit von 3 bis 10 im Tangentialschnitt, einreihige Tracheidenhoftüpfel im Radialschliff und Zuwachszonengrenzen im Querschliff (KELBER u. HANSCH, 1996). Eigene Beobachtungen ergänzen diese Fakten. Besonders auffällig ist, dass das Holz diesen Typs entlang der radialstrahlig ausgerichteten Tracheidenreihen plattig aufspaltet und dadurch Tracheidenreihen und Holzstrahlen offen liegen. Die Tracheiden sind dickwandig und eckig ausgebildet, die Holzstrahlen sind immer einreihig mit einer Stöckigkeit von 3 bis 15 Zellen. Bei besonderer Lichteinstrahlung sind sogar, aber nur an wenigen Stellen, einreihige Tracheidenhoftüpfel erkennbar. Diese glatten, großflächigen Radialbrüche sind ein besonders deutliches Kennzeichen dieses Baumtyps.

### Blattspurstrang

Auf einem solchen Radialbruch befindet sich eine etwa 2 mm breite und 30 mm lange Tracheidenbahn (Büh L OO<sub>2</sub>), die quer zu den senkrecht verlaufenden Tracheidenreihen verläuft. Es handelt sich nicht um Zellbänder eines Holzstrahles, sie liegen darüber und darunter, sondern um einen aufgebrochenen Blattspurstrang. Im Tangentialbruch ist eine ovale Narbe erkennbar (Abb. 25).

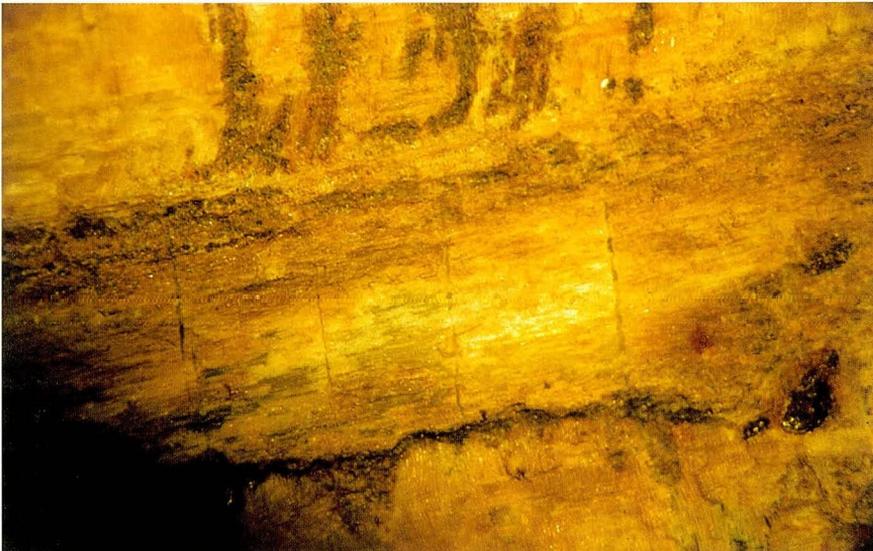


Abb. 25: Blattspurbündel im Tracheidengewebe (Radialbruch); Auflicht.

### Mark

Die Hölzer von Büh L 001 und Büh L 004 zerfallen völlig gleichartig in Blöcke und Splitter. Ein 30 mm langer, in Microquarz eingeschlossener Holzsplitter zeigt drei wichtige Holzstrukturen: Markgewebe, Primärholz und Sekundärholz. Der Markgewebereich ist 11 mm lang und hebt sich im Querbruch sehr deutlich vom Primärholz ab. Das Markxylem besteht aus relativ großen, runden und ovalen Zellen. Der Zellkörper ist hell und ohne Strukturen. Die Zellwand ist dunkel. Die Zellen sind nicht reihig angeordnet, sondern bilden ein ungeordnetes, schwammartiges Gewebe. Das Primärholz besteht aus winzigen, kantigen, reihig angeordneten Tracheiden. Sie bilden auf dem Abschnitt insgesamt 4 Bündel, die keilartig in das Markgewebe hineinreichen. Im Radialbruch sind die Markzellen länglich oval und bilden nicht besonders gut geordnete Reihen. Primär- und Sekundärholz haben schon deutlich einreihige Holzstrahlen ausgebildet. Ein zweites Splitterstück Büh L 004 zeigt die gleiche Holzstruktur. Auf dem Stammstück Büh L 001 (Abb.4) zeigen zwei Holzsplitter Spuren von Markxylem.

### 5.4 Unterschiedliche Holztypen

„Alles nur *Dadoxylon*“ (NOLL u. WILDE 2002:195). Diese Feststellung ist in der Tat etwas deprimierend für jeden Kieselholzsammler. Auch die Voltzien, eine Sammelgattung für die altertümlichen Baumtypen der Keuperzeit mit beblätterten Zweigen und Fruktifikationen sind wohl für Sammler keine zufriedenstellende Orientierungshilfe.

Auf Grund unserer Beobachtungen gehe ich davon aus, dass zu Beginn der Schilfsandsteinzeit nachweislich zwei deutlich unterschiedliche Baumtypen in den Wuchsgebieten präsent waren. Der erste Baumtyp, belegt durch die 12 m lange Baumkrone (NIKEL 1995), mit dem Habitus rezenter Kieferarten, mit *dadoxylon*-typischem Sekundärholz und mit einem Stamm, der nur ein 2–3 mm dickes Holzzentrum aufweist.

Der zweite Baumtyp zeigt deutlich im Stamm Markgewebe, Primär- und Sekundärholz (Abb. 26). Der Stammdurchmesser bei unserem Stammstück beträgt 12 cm. Astnarben belegen, dass von der Sprossachse Seitensprossachsen und Kurztriebe ausgehen. Die Blattspurbündel weisen auf eine Benadelung dieser Achsen hin. Das Holz zeigt in mehreren Fällen Zuwachszonengrenzen mit großen Frühholzzellen und wenig englumigem Spätholz.

Diese zwei Baumtypen können aber keinesfalls als natürliche Gattungen, allenfalls nur als Formgattungen angesehen werden. Es fehlen entsprechende Fruktifikationen und Kutikulen.

Der Mark-Typ zeigt auffallend viele Gemeinsamkeiten, besonders hinsichtlich des Holzaufbaus, mit den *Dadoxylon*-koniferen von Winnweiler aus dem Rotliegend (Perm).

Auch VOGELLEHNER (1965:57–58) beschreibt unter der Benennung *Haplomyeloxylon triassicum* n.sp. ein Kieselholz mit strukturbietend erhaltenem Markgewebe, Primärholz und Sekundärholz.

Vergleiche mit unserem Markholz haben ergeben, dass der Holzaufbau dieses



Abb. 26: Holzsplitter mit Markgewebe, Primärholz und Sekundärholz im Querbruch; Auflicht.

Holztyps nahezu identisch ist mit unserem Markholz. Nicht übereinstimmend ist die Aussage über das Fehlen von Zuwachszonengrenzen, was möglicherweise auf den schlechten Erhaltungszustand des Sekundärholzes bei dem von VOGELLEHNER untersuchten Kieselholzes zurückzuführen ist. Ich gehe deshalb davon aus, dass die Stammfragmente Büh L 001, Büh L 004, Büh L 005, Vell S 004 und mehrere andere Stammholzfragmente dem Holztyp *Haplomyeloxylon triassicum* zugeordnet werden können.

Auch bei unseren Überlegungen taucht das Problem auf, auf das schon VOGELLEHNER (1965:57) hinweist und auch WRIGHT (2002:127) zu lösen versucht. Sowohl der *Pinus*-Typ als auch der *Mark*-Typ zeigt im Sekundärholz gleiche araukaroide Merkmale (*Dadoxylon*). Das Holz beider Typen zeigt aber gravierende Unterschiede sowohl im Holzaufbau und wohl auch im Habitus. Hier ist mit den Begriffen *Dadoxylon* und *Araukarioxylon* eine komplizierte taxonomische Situation entstanden. Schon VOGELLEHNER weist in diesem Zusammenhang auf dieses Problem hin. Es scheint uns zweckmäßig, Spezimina mit erhaltenem Mark, Primärholz und Sekundärholz eigens zu erfassen und damit nomenklatorisch von den Sekundärholzgattungen zu trennen, deren Mark keine besonderen Bauelemente aufweist (VOGELLEHNER 1965:57). In unserem Fall wird die Problematik sehr deutlich.

Auch hinsichtlich der Kristallbildung gibt es unterschiedliche Tendenzen. Der *Pinus*-Typ tendiert zur Ausbildung von Quarzkristallrasen in Spalten und an Oberflächen, der *Mark*-Typ zeigt deutlich Tendenz zu blockartigem Zerfall sowie zur

Sphärolith- und Achatbildung in den dabei entstandenen Spalten und Hohlräumen.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG DER BEOBACHTUNGEN

### 6.1 Optimale Kristallisationsbedingungen

Zweifellos stellt die Vielfalt an Quarz-, Chalcedon-, Sphärolith- und Achatkristallausbildungen in unseren Kristallkieselhölzern eine Besonderheit dar. Voraussetzung für eine solch vielfältige Mineralgenese sind optimale Bedingungen: viel biogene Masse, reichlich gelöstes  $\text{Si(OH)}_4$ , optimale Kapillaraktivität im Grundwasser. Eine entscheidende Rolle spielte in unserem Fall sicher der wasserundurchlässige Tonhorizont, das Basiskonglomerat und die Präsenz von Silikaten (Glimmer) sowohl im Sandstein als auch im obersten Bereich des Tonhorizontes. Möglicherweise muss hier ein regionales Ereignis in die Überlegungen einbezogen werden. WÜRSTER und DIETRICH vermuten, dass die Ausbildung des Schilfsandsteines in irgendeiner Weise an regionale Eigenheiten geknüpft ist (WÜRSTER 1972:65, DIETRICH 1989:308)

Der Tonhorizont und die weiche Konsistenz des Tones deuten auf die Existenz eines flachen Playasees in einem ausgeräumten Tal hin. Der Tonhorizont ist, regional begrenzt, möglicherweise aus feinverwitterten Esteriensichten und aus vom Wind eingetragenen Tonstaub am Seegrund entstanden. Bei einem starken Hochwasser kommt es zu einem Dammbrochevent, wobei sich Dammmaterial, Pflanzenreste, Treibholzstämme, Wirbeltierknochen, Mergel- und Schilfsandsteingerölle einem Turbididstrom ähnlich, in den Playa-See ergießen. Tiefe Auskolkungen, Kolkmarken, Rollmarken und Stechmarken im Tonhorizont belegen eine starke Strömung. Die Bestandteile des Basiskonglomerat sind durchaus als overbank-deposits zu deuten. Nachfolgende Sandmassen bedecken das Konglomerat. Der weiche, wasserundurchlässige Tonhorizont verhindert das Versickern von Wasser und sorgt für einen konstanten Grundwasserspiegel, in dem die  $\text{Si(OH)}_4$ -Moleküle zu den Hohlräumen des sich zersetzenden Treibholzes diffundieren können. Für reichlich Nachschub an  $\text{Si(OH)}_4$ -Molekülen sorgt der Zerfall von Silikaten, der durch Ansäuern mit Kohlensäure und Huminsäuren begünstigt wird.

So entstanden in einem besonderen lokalen Milieu optimale Kristallisationsbedingungen. Prozesse der Mobilisierung, des Transportes, der Akkumulation und Redeposition von  $\text{SiO}_2$  konnten syngenetisch ablaufen.

### 6.2 Hohe $\text{Si(OH)}_4$ -Konzentration

Für die Bildung von unzähligen, mikroskopisch kleiner, kugeligem  $\text{SiO}_2$ -Partikel ist eine hohe Konzentration von  $\text{Si(OH)}_4$  erforderlich. Diese Partikel reifen zu mikrokristallinem Quarz oder führen als Kristallisationskeime zur Ausbildung von Holosphärolithen und zur Bildung von kryptokristallinem Quarz für die Achte.

### 6.3 Schnell ablaufende Vorgänge der Kristallisation

Die Präfossilisierung und Permineralisierung des Holzes und die Entstehung von mikrokristallinem Quarz (Chalcedon, Achat) sind wohl relativ schnell, d. h. nicht in geologischen Zeiträumen, abgelaufen. Zersetzungsprozesse wurden, deutlich erkennbar, schnell gestoppt und fixiert. Nicht zersetzte Tracheidenverbände sind bestens erhalten und die Zellmembranen zerfallener Tracheiden wurden zusammengeschwemmt und durch Kieselsäure am Rande intakter Tracheidenverbände fixiert. Sogar Pilzhyphen sind von der Kieselsäure imprägniert und ohne Zerfallsstrukturen dokumentiert. Ähnliche Beobachtungen machte auch KERF bei den Einschlüssen in den Rhynie-Cherts. Die Verkieselung muss hier sehr schnell eingesetzt haben, da oft sogar feinste Details (z. B. keimende Sporen) und auch sehr kurzzeitige Lebensformen (z. B. kurzlebige Entwicklungsstadien bestimmter Pilztypen) hervorragend erhalten geblieben sind (KERF 2002:24). Der Kieselsäurenachschub muss über den Zeitraum der Entwässerung und Reifung des  $\text{SiO}_2$ -Gels zum mikro- und kryptokristallinen Quarz kontinuierlich erfolgt sein, da keine Schwundrisse erkennbar sind. Ob der Nachschub an  $\text{Si}(\text{OH})_4$ -Molekülen ausschließlich auf den Zerfall von Silikaten zurückzuführen ist, oder ob auch Drucklösung im Schilfsandsteinkörper wirksam werden konnte, ist noch nicht geklärt. Es konnte in keinem der untersuchten Stammstücke ein zweiter Ostwald/Prager Zyklus (Übersättigung-Partikelwachstum/Kernbildung-Verdünnung) festgestellt werden.

### 6.4 Zwei verschiedene Holzarten

In den Wuchsgebieten der Keuperkoniferen waren mindestens zwei verschiedene Baumarten präsent, belegt durch zwei verschiedene Holztypen in der Treibholzlagerstätte des Oberen Bühlertals. Der Ablauf mineralogischer Prozesse ist sicher nicht von einer bestimmten Holzart abhängig, wohl aber könnten die artspezifischen Zerfallsmuster des Marktyps durch die Bildung von Hohlräumen mit Wänden die Entstehung von Quarzkristallen, Holosphärolithen und Achaten begünstigt haben.

Die Natur hat in unseren Kristallkieselhölzern einen unerschöpflichen, wunderschönen Mikrokosmos geschaffen, der nicht nur wissenschaftliches Interesse weckt, sondern auch zum Staunen Anlass gibt: Staunen über die Schönheit und Artenvielfalt der Kristalle, Staunen über die filigrane, bunte Farbigkeit, Staunen über die hervorragende Erhaltung von Bausteinen des Lebens über einen Zeitraum von Jahrmillionen.

## 7 DANKSAGUNG

Herrn Prof. SELMEIER, München und Herrn Kelber, Würzburg, danke ich für die Dünnschliffe und die entsprechenden Hinweise dazu Frau Dr. MÖSSNER und Herrn HEBER, Bühlerzell, danke ich für Informationen über  $\text{SiO}_2$ -Kristallisationsabläufe, Herrn Prof. THEWALT, Ulm, für seine Informationen über Permineralisierungsprozesse bei einem Vortrag bei der Geologengruppe Aalen und Herrn

SCHÜSSLER, Rot am See, für seine Informationen über Verkieselungserscheinungen bei den Hohenloher Feuersteinen. Ich danke Herrn FOHRER, Amlishagen, für die Säge-, Schleif- und Polierarbeiten. Frau Dr. MÖSSNER, Bühlerzell, nahm freundlicherweise die Durchsicht des Manuskripts vor.

## 8 LITERATUR

- DIETRICH, D. (1989): Der Schilfsandstein als synsedimentär-tektonisch geprägtes Sediment – eine Umdeutung bisheriger Befunde. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 140: 295–310.
- GÖHNER, D., P. GWINNER u. K. HINKELBEIN (1982): Geol. Karte Baden-Württ. 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt Obersontheim 6925, 143 S., 4 Abb., 8 Taf., 3 Beil.; Stuttgart (Landesvermessungsamt).
- GWINNER, M. P. (1970): Resedimentation im Schilfsandstein (Mittl. Keuper). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Mh., H. 1970: 141–148.
- JAKOB, H. (1972): Geologisch-mineralogische Beobachtungen an Kieselhölzern aus dem fränkischen Keuper. – Geologische Blätter NO-Bayern, 22: 149–163.
- KELBER, K.-P., M. OKRUSCH u. S. NIKEL (1997): Exotische Kristallingerölle aus dem süddeutschen Schilfsandstein (mittlerer Keuper; Trias). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 206:93–131.
- KELBER, K.-P., u. W. HANSCH (1995): Keuperpflanzen – Die Enträtselung einer über 200 Millionen Jahre alten Flora. – museo 11, 157 S., 300 Abb., Heilbronn.
- KELBER, K.-P. (1999): Neue Befunde über die Schachtelhalme des Keupers. – In: HAUSCHKE, N. u. V. WILDE (Hrsg.): Trias – Eine ganz andere Welt: 355–370. München (Verl. Dr. F. Pfeil).
- KERP, H. (2002): Der Rhynie Chert – Das älteste und am vollständigsten erhaltene terrestrische Ökosystem. – In: DERNBACH, U. u. W. D. TIDWELL (Hrsg.): Geheimnisse versteinerner Pflanzen: 23–27. Heppenheim (D'ORO).
- LANDMESSER, M. (2000): Wie entstehen Achate? – extra Lapis 19, Achat: 58–73.
- (1994): Zur Entstehung von Kieselhölzern. – extra Lapis 7, Versteinertes Holz: 49–79.
- MENYESCH, W. (1970): Die Geologie der Umgebung von Bühlermann, Blatt Obersontheim (6925) 1: 25 000 – Unveröff. Diplomarbeit Univ. Stuttgart, 86 S., 13 Abb., 12 Taf.
- MÜLLER, S. u. M. WARTH (1985): Kieselsäure – Wanderungen in Süddeutschen Sedimenten und die Bildung lokaler Silex-Werkstoffe der Steinzeitkulturen. – Archäologica Venatoria E, V., Mitteilungsblatt 9: 4–23, 2 Abb.
- NIKEL, S. (1995): Ein permineralisierter Baumstamm aus dem Schilfsandstein Württembergs (Keuper, Trias). – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, 151: 151–169, 13 Abb.
- NOLL, R. u. V. WILDE (2002): Koniferen aus den Uplands – In: DERNBACH U. u. W. D. TIDWELL (Hrsg.): Geheimnisse versteinerner Pflanzen: 89–103. Heppenheim (D'ORO).
- SCHÄFER, K. L. (2002): Achate der Freisener Höhe bei Reichweiler/Rheinland Pfalz. – Lapis 27/6: 13–21
- SCHÜSSLER, H., TH. SIMON u. M. WARTH (1999): Entstehung, Schönheit und Rätsel der Hohenloher Feuersteine. Bergatreute.
- SEEGIS, D. B. u. M. GOERIGK (1992): Lakustrine und pedogene Sedimente im Knollen-

mergel (Mittlerer Keuper, Obertrias) des Mainhardter Waldes (Nordwürttemberg). – Jahresbericht und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins N.F., 74: 251–302, 2 Abb., 5 Taf.

**SELMEIER, A. u. D. VOGELLEHNER** (1968): *Podocarpoxylon triassicum* n. sp., ein phylogenetisch bedeutsames „modernes“ Sekundärholz aus dem Keuper von Franken. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 123: 70–86, Stuttgart.

**THÜRACH, H.** (1888): Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleich zu den benachbarten Gegenden. – Geognostisches Jahresheft, 1: 75–162.

**VOGELLEHNER, D.** (1965): Untersuchungen zur Anatomie und Systematik der verkieselten Hölzer aus dem fränkischen und südthüringischen Keuper. – Erlanger geologische Abhandlungen, 59: 3–76, 14 Taf.

– (1968): Zur Anatomie und Phylogenie mesozoischer Gymnospermenhölzer. – Geologische Blätter NO-Bayern 18: 1–27.

**WRIGHT, W. W.** (2002): Die Triasische Chinle-Formation, USA und ihre fossilen Wälder. – In: **DERNBACH, U. u. W. D. TIDWELL**: Geheimnisse versteinerner Pflanzen: 120–133. Heppenheim (D'ORO).

**WURSTER, P.** (1964): Geologie des Schilfsandsteins. – Mitteilungen des Geologischen Staatsinstitutes Hamburg, 33: 140 S., 57 Abb., 15 Kt.

Anschrift des Autors:

SIEGFRIED NIKEL, Kammerstatter Str. 11, 74426 Bühlerzell, e-mail: j.nikel@t-online.de