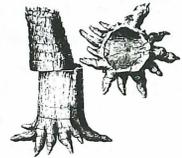


Beobachtungen an Kieselhölzern des Kyffhäuser-Gebirges

H.-J. Weiss, Rabenau



Kurzfassung

Kieselhölzer lassen im Querschnitt oft konzentrisch strukturierte Flecken erkennen, die seit langem als anorganische Gebilde bekannt sind, aber immer wieder zu Fehldeutungen Anlaß geben. Die Auswertung neuen Fundmaterials gibt mehrere Hinweise darauf, daß die strukturierten Flecken in einem frühen Stadium entstanden und Zentren der sich ausbreitenden Verkieselung darstellen.

Abstract

Petrified wood cross-sections often show concentrically structured spots which still give rise to occasional misinterpretation although their anorganic nature has been known for long. The investigation of recent finds leads to the conclusion that the structured spots formed during an early stage and represent centres of spreading silicification.

1 Einleitung

Verkieseltes Holz, besonders als große Stammteile oder ganze „verkieselte Wälder“, hat schon seit Jahrhunderten die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Weniger beachtet wurden dagegen die kleineren, durch Umlagerung zerbrochenen Stücke, die an zahlreichen Fundstellen vorliegen und leichter zugängliche Untersuchungsobjekte darstellen. Das Gebiet am nördlichen Rand des Kyffhäuser-Gebirges zwischen Kelbra, Tilleda und Borxleben liefert derartige Funde. Sie entstammen nach SCHNEIDER u.a. (1995) den oberkarbonischen Flußablagerungen der Mansfeld-Subgruppe (Saale-Senke). Sie sind eingebettet in rote Sandsteine und Konglomerate und wittern aus diesen mit der Zeit aus. Neben Einzelstücken aus dem Devon und Unterkarbon gehören die Funde mit zu den ältesten Kieselhölzern in Mitteleuropa.

Einige Besonderheiten haben das Interesse von Sammlern und Paläontologen an diesen Hölzern bereits im vorigen Jahrhundert geweckt. Dazu gehören die deutlich ausgebildeten strukturierten Flecken auf dem Querschnitt des Holzes, die bei gehäuftem Auftreten einen Anblick bieten, der an den Luftwurzel-Mantel von Psaronien erinnert (Abb. 1). Obwohl man oft schon mit einer starken Lupe (16x) erkennen kann, daß die Flecken keine pflanzlichen Strukturen darstellen, da sie innerhalb des Holzes vom *Dadoxylon*-Typ auftreten, gaben sie Anlaß zu Fehldeutungen.

Schon GÖPPERT (1880) bemerkt dazu: „Versteinerte Farne, etwa Psaronien oder Staarsteine oder Palmen befinden sich nicht darunter, aber viele Formen, welche man wegen ihres marmorirten oder punktierten Aussehens meinte für dergleichen halten zu müssen und wahrscheinlich auch zu dem Rufe beigetragen haben, welchen der Kyffhäuser Berg in dieser Hinsicht von jeher genießt.“

Nach SÜSS und RANGNOW (1984) wurden derartige „Punctsteine“ aus dem Elbegeöl bereits von UNGER (1847) richtig als zum Nadelholz-Typ zugehörig erkannt. Diese Erkenntnis tat offenbar der Faszination keinen Abbruch, die von den seltsamen „falschen Psaronien“ ausgeht. MÄGDEFRAU (1958) hat neben einer Einordnung der Kyffhäuser-Hölzer in das oberste Karbon und Untersuchungen zur Anatomie des Holzes auch den erwähnten Besonderheiten seine Aufmerksamkeit gewidmet. MICKLE und BARTHEL (1992) haben ein beeindruckendes Beispiel abgebildet, das nicht nur den Luftwurzelmantel der Psaronien vortäuscht, sondern auch die bandförmigen Leitbündel in deren Zentrum (vgl. Abb. 1).

Das fortdauernde Interesse mag damit zusammenhängen, daß es noch keine Erklärung für diese Erscheinungen gibt. Die von SÜSS und RANGNOW (1984) ausgesprochene Vermutung, die Bildung der Flecken sei im Tertiär erfolgt, also über 200 Mill. Jahre nach der Verkieselung, kann anhand eigener Beobachtungen widerlegt werden.

Die wirklichen Zentren der Stämme sind in den häufigeren kleinen Fundstücken nur selten so gut erhalten, daß das Mark noch vorhanden ist und dessen Zellen erkennbar sind. Auch hier ist Vorsicht geboten, da gelegentlich Strukturen auftreten, die das Vorhandensein von Mark vortäuschen.

Als eine weitere Merkwürdigkeit sind gut ausgebildete Quarzkristalle zu nennen, in deren Innerem die Zellstruktur des Holzes mehr oder weniger deutlich erkennbar ist.

Die beobachteten Einzelheiten und Versuche zu deren Deutung könnten zu einem besseren Verständnis des Verkieselungsvorganges führen, der trotz langer Forschungsgeschichte noch unvollständig verstanden ist und deshalb auch gegenwärtig in der Literatur diskutiert wird (siehe z.B. BARTHEL & RÖSSLER 1997). Die aufgezählten Erscheinungen werden im folgenden beschrieben.

2 „Falsche Luftwurzeln“

2.1 Eigenschaften der einzelnen Flecken

Die im Querschnitt des Holzes auffälligen Flecken sind die Querschnitte meist mehr oder weniger langgestreckter Bereiche des Kieselholzes, die durch Helligkeitskontrast hervorgehoben sind. Die unmittelbare Ursache für diesen Kontrast ist die unterschiedliche Größe von Inhomogenitäten (Korngrenzen der Mikrokristalle, Poren) im Chalzedon. Durchsichtiger Chalzedon im Kieselholz erscheint dunkel, weil er den Blick in das Innere der Tracheiden freigibt. Kristallkörner und Poren, die mindestens etwa so groß sind wie die Lichtwellenlänge, lassen den Chalzedon infolge Lichtreflexion hell erscheinen.

Der meist hellere Gesamteindruck der Flecken kann auf unterschiedliche Weise zustande kommen: Das Innere der Zellen, die Zellwände oder beides kann hell bis weiß sein. So ergeben sich als Anblick helle Pünktchen in den Maschen eines dunkleren Netzes (Abb. 2), ein helles Netz auf dunklem Grund (Abb. 3), oder eine nahezu gleichmäßig helle Fläche (Teile von Abb. 2,4,5). Die drei Erscheinungsformen können in vielfältiger Kombination im gleichen Fundstück und im gleichen hellen Fleck auftreten.

Gelegentlich sind die Flecken blaß gelb (Abb. 2), selten kräftig rot gefärbt (Abb. 3). Die Gebilde orientieren sich stets an der Holzstruktur, und sie haben eine besser erhaltene Zellstruktur als ihre Umgebung. Oft ist die Holzstruktur in den Flecken sehr gut erhalten geblieben und außerhalb völlig verschwunden. Ansonsten ist das Erscheinungsbild der Flecken sehr variabel.

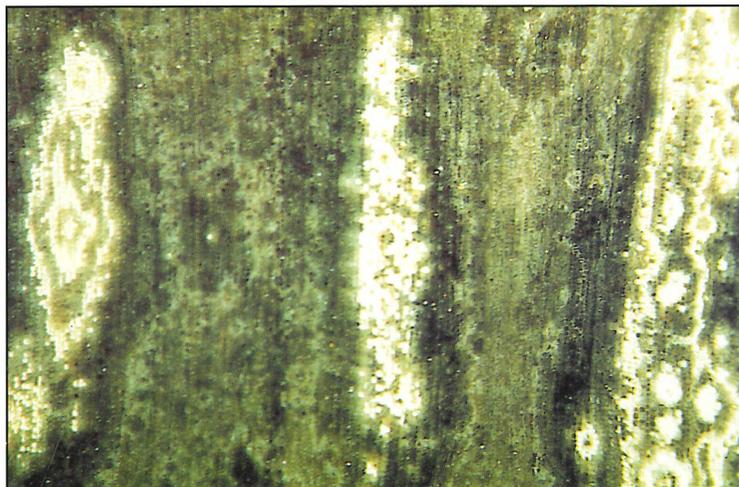
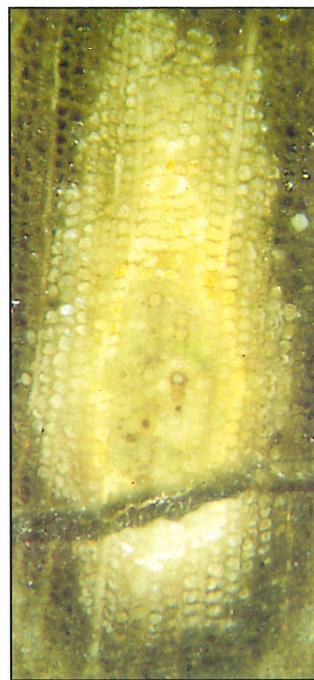
Die Größe einzelner Flecken variiert von einer einzigen Zelle bis zu 10^5 Zellen im Querschnitt. Die Flecken können homogen sein oder aus mehreren abwechselnd hellen und dunklen konzentrischen Zonen bestehen (Abb. 2). Oft sind im Zentrum des Flecks eine oder mehrere (oft aufgeweitete) Tracheiden durch Kontrast hervorgehoben (dunkel in heller Umgebung oder umgekehrt), von denen wahrscheinlich der Vorgang der Fleckenbildung ausging (Abb. 4, 5). Flecken unterschiedlicher Ausbildungsform können unmittelbar nebeneinander auftreten (Abb. 5, 6). Gelegentlich sind die hellen Zonen trotz gut erhaltener Struktur nur schwach verkieselt, so daß sie auf der polierten Fläche vertieft oder hohl erscheinen.

2.2 Beziehung der Flecken zueinander

In der Anordnung der Flecken ist kein durchgehendes Prinzip erkennbar. Die Flecken können einzeln im Holz verteilt sein oder eine zusammenhängende fleckige Fläche bilden. Bei manchen Exemplaren sind die Flecken zumindest in Teilbereichen so angeordnet, als hielten sie sich gegenseitig auf Abstand, was auf eine Behinderung der Fleckenbildung in der Nähe bereits vorhandener Flecken hindeutet. Dadurch verstärkt sich der Eindruck von Wurzelquerschnitten (wie bei dem von MICKLE & BARTHEL (1992) abgebildeten Exemplar). Meist ist jedoch eine solche Korrelation nicht erkennbar.

Unabhängig von der Verteilung der Flecken, die einen Hinweis auf mögliche Wechselwirkungen bei der Bildung der Zentren gibt, ist die gegenseitige Beeinflussung wachsender Flecken zu betrachten. Es wurden keine deutlichen Anzeichen gegenseitiger Behinderung oder Verstärkung des Wachstums benachbarter Flecken gefunden.

Einen seltsamen Anblick bieten benachbarte Flecken mit unterschiedlicher Orientierung des gut erhaltenen Holzes im Inneren. Sie belegen, daß in einem Zwischenstadium der Verkieselung der Zusammenhang des Holzes so weit zerstört war, daß es aus losen Stäbchen bestand, die sich gegeneinander verdrehen konnten.



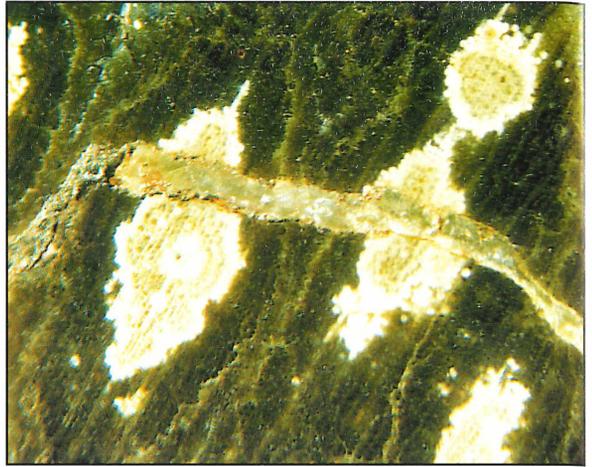
1	2
3	6

Abb. 1 Gymnospermen-Stammquerschnitt (*Dadoxylon* sp.) vom Kyffhäuser, Oberkarbon (Stefan) der Mansfeld-Subgruppe, coll. TU Bergakademie Freiberg, Nr. 391.001b, Original zu COTTA (1832): „*Psaronius helmintholithus* STENZEL“.

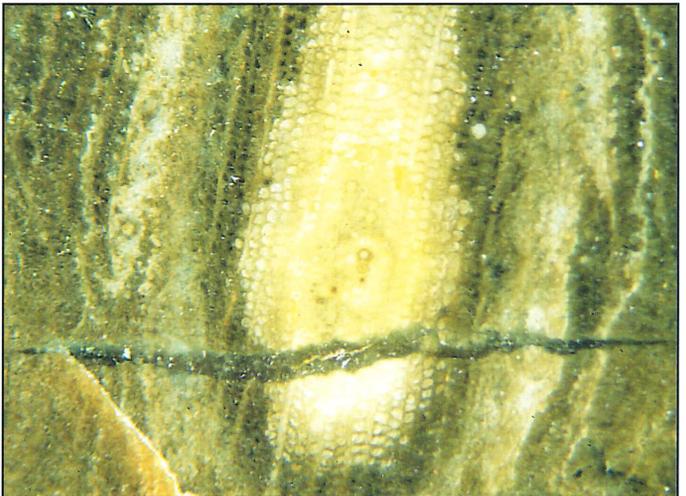
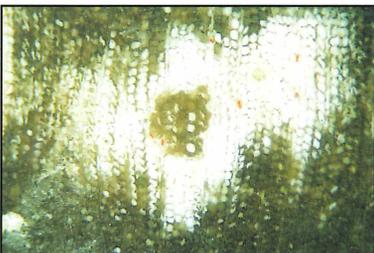
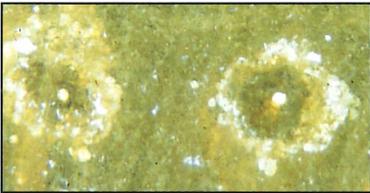
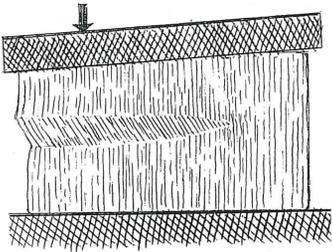
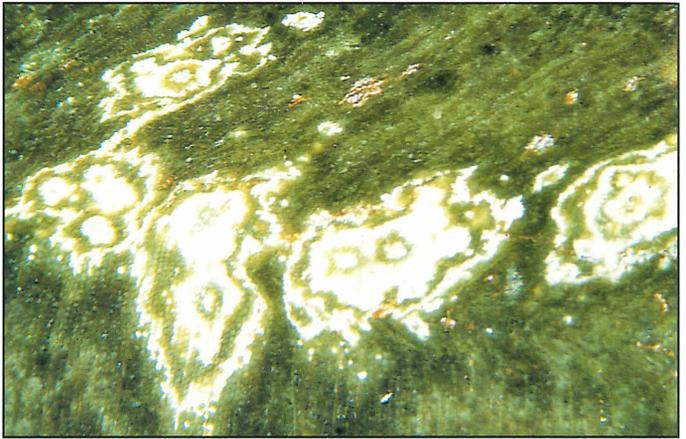
Abb. 2 Blaßgelber Fleck mit Zonenstruktur (KyB/6.1), 42x.

Abb. 3 Roter Fleck bestehend aus hellen Zellwänden leicht deformierten Holzes (KyB/75.2), 18x.

Abb. 6 Flecken unterschiedlicher Ausbildungsformen (KyB/35.2), 12x.



5	4	7
9	10	
20	8	
19		



2.3 Beeinflussung der Flecken durch Risse und Ränder

Die Kieselhölzer sind gewöhnlich von vielen mehr oder weniger ausgeheilten Rissen unterschiedlichen Alters durchzogen. Als Ursachen sind Aufspalten des frischen Holzes unter einseitigem Druck, Schrumpfen des Holzes und besonders des zentralen Marks (durch Trocknen oder Pilzbefall ?), sowie Deformation infolge Bodenbewegung zu betrachten. Letztere können in schwach verkieseltem, noch weichem Zustand zu weit geöffneten kurzen Rissen führen, die oft noch an der Holzstruktur orientiert sind. Lange Risse mit sehr kleiner Öffnung haben sich im hart verkieselten Zustand gebildet. Die jetzt noch offenen, nicht ausgeheilten Risse mit kleiner Öffnung sind gewöhnlich die jüngsten. Die Flecken haben zu den meisten der unterschiedlichen Typen von Rissen keine Beziehung. Sie müssen sich deshalb zu einer Zeit gebildet haben, als diese Risse entweder schon völlig ausgeheilt oder noch nicht vorhanden waren. In nur einem Beispiel (Fundstück KyB 6.1) war zu sehen, daß sich Flecken längs eines Risses aufreihen.

Abb. 7 zeigt Flecken, die durch einen Riß geteilt wurden. Der Riß hat einen Knick, links davon verläuft er als Scherbruch längs der Radialrichtung des Holzes, rechts als Trennbruch mit großer Öffnung. Beide Merkmale lassen erkennen, daß der Riß im weichen Material entstand. Folglich waren die Flecken schon vorhanden, als die Verkieselung noch nicht weit fortgeschritten war.

Bei den hier ausgewerteten kleinen Fundstücken ist meist keine Beziehung der Flecken zum Rand erkennbar, wahrscheinlich weil die verkieselten Stämme in Stücke zerbrachen, als die Flecken schon vollständig ausgebildet waren. Seltener sind die Flecken nahe dem Rand gehäuft und gehen in eine helle Randschicht über, die möglicherweise am Rande des Stammes lag.

2.4 Beeinflussung der Rißbildung durch Flecken

Gerissene Flecken wie in Abb. 8, wo der Riß nicht viel länger ist als der Durchmesser des Flecks, sind naheliegender zu deuten, daß der Fleck die Ursache für den Riß lieferte. Die begrenzte Rißlänge (hier kürzer als die Bildbreite) läßt zwei Deutungen zu: Entweder war der Bereich der Zugspannung, die den Riß erzeugt hat, auf einen Bereich von der Größe des Flecks beschränkt, oder die Bruchzähigkeit war außerhalb des Fleckes so viel größer als im Fleck, daß der Riß nicht weiter lief. Jedenfalls folgt aus Abb. 8, daß im Fleck andere Belastungs- und/oder Materialparameter vorhanden waren als außerhalb, während der Riß sich bildete.

Das Vorhandensein gerissener Flecken ist mit der Annahme verträglich, daß es ein Stadium der Verkieselung gab, in dem die Flecken stärker verkieselt waren als die Umgebung. Für die Entstehung von Zugspannung im Fleck kommen zwei Ursachen in Betracht:

- Im Verlaufe der fortschreitenden Verkieselung gibt es ein Stadium, in welchem das Material schrumpft. Solches Schrumpfen, das aus der Achatbildung bekannt ist, kann auch unmittelbar im Kieselholz an gefüllten Spalten beobachtet werden, wo es sich durch Schrumpfrisse quer zum Spalt bemerkbar macht. Es ist vom Schrumpfen des Holzes vor der Verkieselung zu unterscheiden.
- Die stärker verkieselten Flecken sind mechanisch steifer als ihre Umgebung.
 - Wenn das Material einer mittleren Zugspannung ausgesetzt ist, so konzentriert sich diese in den steiferen Bereichen.
 - Wenn das Material einem mittleren gerichteten Druck ausgesetzt ist, so ergibt sich quer dazu Zugdeformation. Diese gibt im homogenen Material keine Spannung und damit keinen Anlaß zur Rißbildung, aber bei Vorhandensein steifer Materialbereiche entsteht dort Zugspannung.

Abb. 4 Fleck mit einzelner Tracheide als Zentrum (KyB/29.2), 27x.

Abb. 5 Benachbarte Flecken mit unterschiedlichen Zentren (KyB/29.3), 28x.

Abb. 7 Zwei Flecken, geteilt durch einen im schwach verkieselten Zustand entstandenen Riß (KyB/29.1), 17x.

Abb. 8 Riß, dessen Entstehung ursächlich mit der Fleckenbildung verbunden ist (KyB/6.1), 24x.

Abb. 9 Bildung eines „Scherbandes“ durch eine fortschreitende mechanische Instabilität des Holzes bei Belastung in Richtung der Markstrahlen (schematisch). Auf die Belastung reagiert das Holz im Bereich des Scherbandes mit einer nicht-elastischen Scherdeformation und einer Drehung.

Abb. 10 Von einem Scherband (obere Bildhälfte) erfaßte Flecken: Die Flecken sind weniger deformiert als die dunklen Bereiche. (KyB/35.1), 15x.

Abb. 19 Teil einer Reihe heller Flecken in Umfangsrichtung, teils mit dunkler Zone (A/1.1), 21x.

Abb. 20 Einzelne weiße Tracheiden als Zentren beginnender Fleckenbildung (Bu8/6.1), 27x.

Spannungskonzentrationen im heterogenen Material sind ausführlich bei KREHER & POMPE (1989) behandelt. Die Beobachtung, daß in den meisten Fundstücken die Flecken nicht gerissen sind, spricht nicht gegen die angegebenen Deutungsmöglichkeiten.

2.5 Beziehung der Flecken zu Scherbändern

Holz ist bekanntlich ein mechanisch anisotropes Material, was sich z.B. darin äußert, daß es nur längs leicht spaltbar ist und sich quer leichter zusammendrücken läßt. Die Anisotropie hat zur Folge, daß die Reaktion auf Belastung vielfältiger und unübersichtlicher sein kann als bei isotropen Materialien. Ein Beispiel dafür ist das „Ausweichen“ des Materials in eine Scherdeformation, obwohl es nicht mit einer Scherspannung belastet wurde, sondern mit einachsigen Druck (Abb. 9). Der Vorgang kann als „inneres Knicken“ aufgefaßt werden, das zwangsläufig mit einer Drehung und Verringerung des Volumens verbunden ist. Unter bestimmten Bedingungen breitet sich diese Scherdeformation als schmaler Streifen („Scherband“) über den Querschnitt aus und kann dabei auch wieder anhalten, wenn festere Bereiche erreicht werden.

Im weitgehend verkieselten Holz sind die mechanischen Eigenschaften nicht mehr durch die Anisotropie des Holzes bestimmt, so daß keine Scherbänder entstehen können. Folglich weisen Scherbänder im Kieselholz auf eine Belastung im nicht oder schwach verkieselten Zustand hin.

Wenn mehrere parallele Scherbänder mit abwechselndem Vorzeichen der Deformation auftreten, entstehen Fischgrätenmuster, wobei vorwiegend die gleichmäßig geknickten Markstrahlen diesen Anblick erzeugen. Derartige Erscheinungen sind nicht selten zu beobachten. MÄGDEFRAU (1958) berichtet von der experimentellen Erzeugung von Scherbändern durch radiale Belastung von Kiefernholz. Flecken, die innerhalb eines Scherbandes liegen, sind oft weniger oder nicht geschert, in letzterem Falle nur gedreht (Abb. 10). Daraus folgen zwei Erkenntnisse:

- Die Flecken hatten während der Bildung des Scherbandes eine höhere Scherfestigkeit als die Umgebung, waren also vermutlich stärker verkieselt.
- Die Flecken waren schon vorhanden, als die Umgebung noch so schwach verkieselt war, daß deren mechanisches Verhalten von der Anisotropie des Holzes und nicht von der verfestigenden Wirkung des Chalzedons dominiert war.

2.6 Beziehung der Flecken zu grobkristallinem Quarz

Die Flecken sind oft von einem Kranz aus grobkristallinem Quarz umgeben, wobei jeder Kranz aus Quarzkristallen einen Fleck mit Holzstruktur in der Mitte hat. Folglich haben sich die wachsenden Quarzkristalle an vorhandenen Flecken orientiert (Abb. 11).

Die Quarzkristalle können sehr klar sein oder mehr oder weniger „schmutzig“ durch zersetztes Holz. Die eingeschlossenen Holzreste lassen nicht selten noch andeutungsweise die Zellstruktur erkennen. Gut ausgebildete Kristalle mit deutlicher Holzstruktur im Innern sind selten anzutreffen (Abb. 12).

In einem Fundstück (Abb. 13) sind einzelne Quarzkristalle vorhanden, die offenbar bei ihrem Wachsen die anscheinend gel-artige Umgebung, bestehend aus zusammengedrücktem Holz, aufgerissen haben (Abb. 14). In ihrer Mitte ist andeutungsweise ein Holzrest erkennbar. Die Flecken als Zentren der Bildung von Chalzedon können offenbar, wahrscheinlich in einem sekundären Prozeß, zu Zentren der Abscheidung von kristallinem Quarz werden, wobei günstigenfalls auch Einkristalle wachsen können, in deren Zentrum der ursprüngliche kleine Fleck mit Holzrest erhalten bleibt.

3 „Falsche Leitbündel“

Seltener als die Flecken sind im Querschnitt auffällige schmale Streifen anzutreffen, die ebenso wie die Flecken aus gut erhaltenem Holz bestehen. Anders als die meist hellen Flecken sind die Streifen in Abb. 13 dunkler als die Umgebung. Sie bestehen aus 10-20 teilweise sehr gut erhaltenen radialen Zellreihen, beiderseits gesäumt von dunklem zersetztem Holz und grobkristallinem Quarz. Die räumliche Anordnung läßt an gebogenes, gefaltetes und geknicktes Furnierholz denken, das radial aus dem Stamm geschnitten wurde. Offenbar wurden eine oder mehrere dünne radiale Schichten konserviert (durch frühzeitige Verkieselung oder auf andere Weise), während sich das umgebende Holz völlig zersetzte. In diesem Zustand wurde das „Furnier“ offenbar durch Zusammendrücken in Richtung der radialen Zellreihen deformiert. Die gute Deformierbarkeit zeigt sich in einem beobachteten Krümmungsradius mit der erstaunlich kleinen Größe von 0.6 mm, ohne Bruch der Schicht und ohne Zerquetschen von Zellen. An den anderen anfangs rißfrei verlaufenen Biegungen in Abb. 13 ist das „Furnier“ später gebrochen, wahrscheinlich nach stärkerer Verkieselung und der damit verbundenen Versprödung (Abb. 15).

In dem 5 cm breiten Fundstück von Abb. 13 sind nach dem Zusammenfassen zusammengehöriger Bruchstücke drei Streifen der beschriebenen Struktur feststellbar (6.5 cm, 2.5 cm, 7 cm lang).

4 „Falsche Jahresringe“

Die in Abschnitt 2.5 beschriebenen Scherbänder können bei undeutlicher Erhaltung der Zellstruktur den Eindruck von Jahresringen erwecken, da sie immer senkrecht zur ursprünglichen Richtung der Markstrahlen stehen. Wegen ihrer Entstehung beim Zusammendrücken des umgefallenen Stammes durch einseitige Belastung laufen sie nicht um den Stamm herum, sondern sind auf Bereiche der Ober- und Unterseite beschränkt.

Scheinbare Jahresringe können sich auch dadurch ergeben, daß abwechselnde Streifen gut erhaltenen und geschädigten Holzes konzentrisch angeordnet sind. Das gut erhaltene Holz ist dabei hell, ähnlich wie in den zuvor besprochenen hellen Flecken, und das schlecht erhaltene Holz ist dunkel und mit grobkristallinem Quarz durchsetzt, ähnlich wie es oft in der Umgebung der Flecken zu finden ist. Letzteres ist stellenweise ungleichmäßig deformiert und enthält Schrumpfrisse, als sei es von einer Fäule geschädigt, während die anscheinend zur gleichen Zeit bereits verkieselten hellen Schichten davon verschont blieben (Abb. 16).

5 „Falsches Mark“

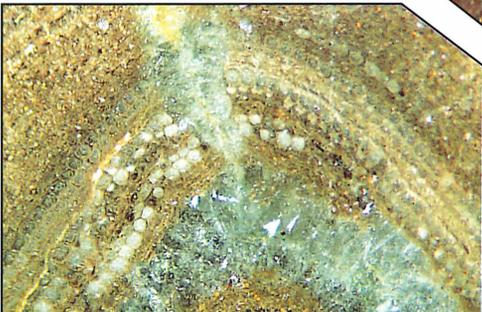
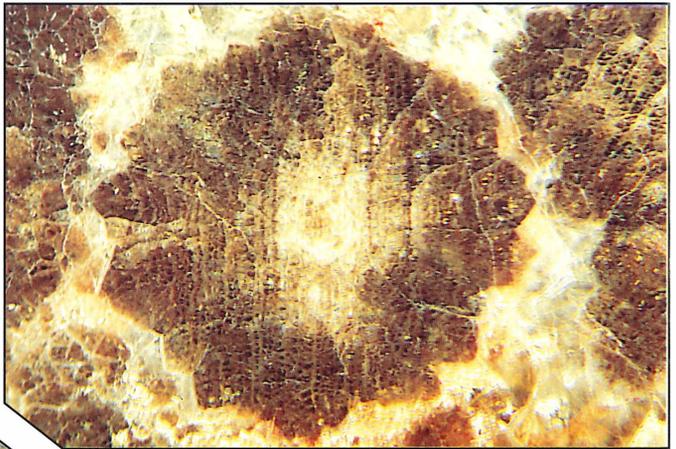
Gut erhaltenes Mark mit großen polygonalen Zellen in waben-artiger Anordnung war in den hier untersuchten kleinen Fundstücken selten zu finden. Vorhandene Reste von Mark sind oft nicht zu erkennen, weil bei Belastung der liegenden, nicht oder teilweise verkieselten Stämme durch aufliegendes Sediment die Markhöhle meist zusammengedrückt wurde. So kann es sich ergeben, daß echtes Mark in einer unübersichtlichen Umgebung zu finden ist, die nicht sofort als zerdrücktes Zentrum erkennbar ist. Das fördert die Verwechslung mit „falschem Mark“ (Abb. 17). Hier sind zahlreiche helle Klümpchen sichtbar, die nicht wie die Holzzellen in Reihen angeordnet sind. Anscheinend wurden sie im Inneren der Zellen gebildet und erst nach dem Verschwinden der Zellwände so verschoben, daß ihre Anordnung an Markzellen erinnert. Die Klümpchen können in scharf begrenzten Gebieten auch inmitten gut erhaltenen Holzes auftreten. Es ist unklar, ob hier eine Bildung vorliegt, die analog zu faserigem Kieselholz ist (wie es z.B. im Bükk-Gebirge gefunden wird), das offenbar durch Verkieselung des Inneren der Zellen und anschließendes Auflösen der Zellwände entstand.

6 Diskussion

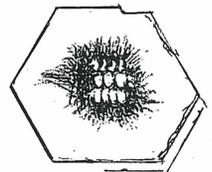
Die Deutung der Flecken als Bereiche früh einsetzender Verkieselung ist mit der Beobachtung verträglich, daß sich in einem Zwischenstadium der Verkieselung der Bereich der Flecken dadurch von der Umgebung unterschied, daß einige mechanische Eigenschaften andere Werte aufwiesen: Innerhalb der Flecken war die Scherfestigkeit mehr oder weniger deutlich höher als die der Umgebung (Abb. 10). Das legt den Gedanken nahe, daß gerissene Flecken wie in Abb. 8 nicht auf geringere Zugfestigkeit innerhalb der Flecken zurückzuführen sind, sondern wahrscheinlicher auf höhere Zugspannung infolge von örtlich begrenztem Schrumpfen. Das Erscheinungsbild der Risse und deren Umgebung ermöglicht eine Unterscheidung zwischen Schrumpfen des Holzes vor der Verkieselung und Schrumpfen während der Chalzedonbildung.

Es gibt Hinweise darauf, daß sowohl Schrumpfen als auch Aufblähen örtlich begrenzt und sicher auch zeitlich versetzt an der Fleckenbildung beteiligt waren. Auffällig sind einzelne Tracheiden im Zentrum der Flecken, deren Querschnitt durch Aufblähen kreisförmig geworden ist (Abb. 4, 5). Ein Zufallsfund von einer anderen Fundstelle zeigt einen hellen Fleck, der bei gut erhaltener Zellstruktur als Ganzes stark aufgebläht ist (Abb. 18).

Bei Rückschlüssen von vorgefundenen Deformationen und Rissen auf die Materialeigenschaften während ihrer Entstehung ist Vorsicht geboten: Solange das mechanische Verhalten des (unvollständig) verkieselten Holzes noch durch die Anisotropie und Inhomogenität des Holzes dominiert wird, ist die Bruchmechanik des Materials sehr kompliziert. Mit fortschreitender Verkieselung nimmt gewöhnlich der Einfluß des Holzes ab, so daß das mechanische Verhalten praktisch isotrop werden kann. Aber auch das Gegenteil ist denkbar und wird in der Natur realisiert: Die Holzstruktur kann den Verkieselungsprozeß so steuern, daß der verkieselte Zustand stärker anisotrop ist als das unverkieselte Holz. Das kann im Extremfall so weit gehen, daß der verkieselte Zustand aus einem Bündel einzelner paralleler Nadeln besteht. Eine weitere Komplikation für die Deutung der beobachteten Erscheinungen ergibt sich daraus, daß neben den elastischen und Festigkeitseigenschaften hier auch rheologische Materialparameter (z.B. Viskosität) wesentlich sein können. Andererseits ist zu bemerken, daß im Falle gut erhaltener Holzstruktur keine großen viskosen oder anderen Deformationen stattgefunden haben können, denn die Zellstruktur wirkt wie ein mitgeführtes Koordinatennetz, dem man die Deformationen, denen das Material ausgesetzt war, ansehen kann (abgesehen von dem unwahrscheinlichen Fall, daß sie rückgängig gemacht wurden). Abb. 18 ist ein Beispiel für große Deformationen, die auf diese Weise sichtbar werden.



13
14 | 11
15 | 12





16	18
17	21

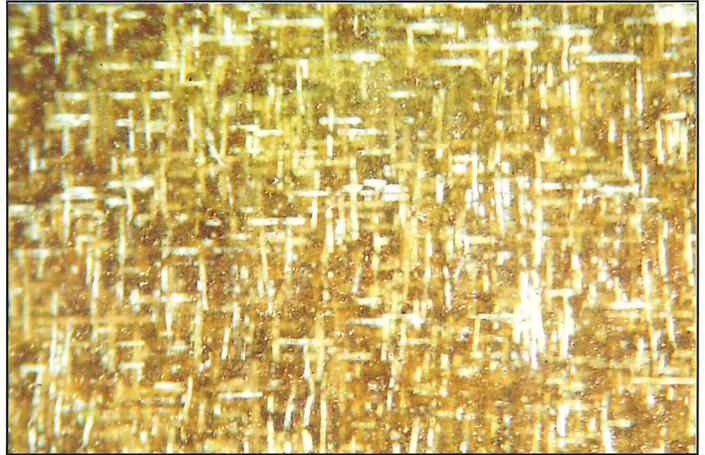
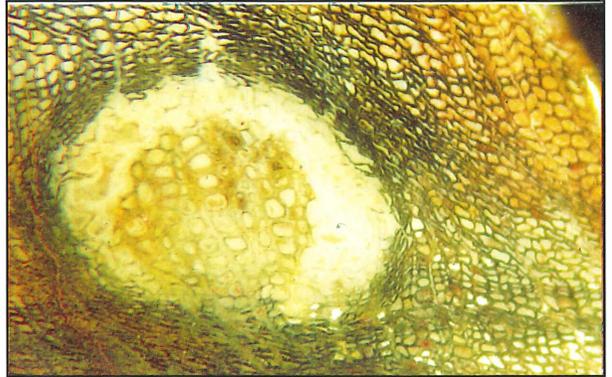


Abb. 11 Heller Fleck als Zentrum der Bildung grobkristallinen Quarzes (KyB/25.1), 16x.

Abb. 12 Holzrest im Innern eines Quarz-Einkristalls (KyB/48.2), 32x.

Abb. 13 Schmale radiale Streifen gut erhaltenen Holzes, durch Stauchen gebogen und gebrochen (KyB/10.2), 1.5x.

Abb. 14 Quarz-Einkristall in zusammengedrücktem Holz mit Rissen, verursacht durch das Kristallwachstum (KyB/10.2), 15x.

Abb. 15 Holzstreifen aus Abb. 13, ohne Bruch gebogen, später gebrochen (KyB/10.2), 28x.

Abb. 16 „Falsche Jahresringe“: Streifen gut erhaltenen und geschädigten Holzes (KyB48.2), 6x.

Abb. 17 „Falsches Mark“ (KyB/12.2), 11x.

Abb. 18 Stark aufgeblähter heller Fleck (U/4.3), 39x.

Abb. 21 „Holzgewebe“: Radialschnitt mit einzelnen weißen Tracheiden und Markstrahlzellen im durchsichtigen Chalzedon (Bu3/14.1), 25x.

Die oft vorhandene Zonenstruktur der Flecken läßt vermuten, der Verkieselungsprozeß sei mehrmals durch Austrocknen unterbrochen worden, wobei das Kieselgel eines bestimmten Reifestadiums eine poröse oder feinkörnige Struktur annahm, die das weiße Aussehen bewirkt, während eine bereits stärker verkieselte Zone nicht beeinflusst wurde und deshalb durchsichtiger und damit dunkler blieb. Diese Annahme wird besonders dadurch nahegelegt, daß im gleichen Fundstück Flecken mit unterschiedlich vielen Zonen vorhanden sind und daß deren Zentrum von einer hellen oder dunklen Zone gebildet werden kann (Abb. 5), was bei nicht gleichzeitigem Start der Bildung der einzelnen Flecken zu erwarten ist.

Für obige Annahme scheint auch die Beobachtung zu sprechen, daß die weißen Zonen gelegentlich im jetzigen Zustand noch porös und nicht polierfähig sind und in seltenen Fällen sogar einen röhrenförmigen Hohlraum umschließen. Die meist vorhandene harte Verkieselung auch der weißen Zonen könnte nachträglich erfolgt sein.

Eine alternative Deutung der strukturierten Flecken als Ergebnis spontaner Strukturbildung analog zu den Liesegang-Zonen wird damit weniger wahrscheinlich.

Für die räumliche Struktur der Flecken (in Längsrichtung des Stammes meist mehr oder weniger gestreckt) sind zwei Erklärungen denkbar: Entweder war der Anlaß für den Vorgang linienförmig lokalisiert (Tracheiden mit abweichender chemischer Beschaffenheit, z.B. durch Pilzbefall (?)), oder die Ausbreitung des Vorganges war stark durch die Anisotropie des Holzes dominiert (z.B. Zellwände als Diffusionsbarrieren). Für beide Denkmöglichkeiten gibt es Argumente: Das Vorhandensein einer oder mehrerer aufgeweiteter Tracheiden im Zentrum vieler Flecken scheint für die erstere zu sprechen. Andererseits ist es offensichtlich, daß die Zellwände wirklich als Barriere für den Vorgang wirkten: Die Zellen sind immer als Ganzes hell oder dunkel (zumindest im Querschnitt), d.h. die Grenze zwischen hell und dunkel wird immer von Zellwänden gebildet. Für die Realisierung der zweiten Denkmöglichkeit, ohne die erste auszuschießen, spricht auch die Tatsache, daß der Querschnitt der Flecken in radialer Richtung langgestreckt ist, weil die Markstrahlen die Ausbreitung des Bildungsvorganges erleichtern (Abb. 2-8). Oft ist auch zu sehen, daß einzelne weiß ausgefüllte Markstrahlzellen aus dem hellen Fleck herausragen (Abb. 4, 7).

Die Deutung der Flecken als Zentren beginnender Verkieselung, die nur dadurch als Fleck in Erscheinung treten, daß Stadien der Entwicklung fixiert und sichtbar wurden (möglicherweise durch Austrocknen), führt zu der Schlußfolgerung, daß es auch Zentren der Verkieselung geben kann, die nicht durch Aufhellung hervorgehoben sind. Diese sind dann auffällig, wenn sie als dunkler Fleck von grobkristallinem Quarz umgeben sind, was häufig beobachtet wird.

Beispiele für Bildungen mit vermutlich gleicher Ursache liegen auch bei Kieselhölzern anderer Herkunft vor. Dabei wird die Vielfalt derartiger Erscheinungen offenbar. Im Elbegeröll findet man Kieselholz mit scharf begrenzten dunklen Flecken auf größeren weißen Flächen. Ein Kieselholz aus Australien hat helle Flecken mit deutlicher Tendenz zu einer Reihung in Umfangsrichtung (Abb. 19). Abb. 20 zeigt Flecken in der Form eines dünnen hellen Ringes mit einer weiß ausgefüllten Tracheide im Zentrum. In Abb. 21 vermitteln einzelne weiße Tracheiden und Markstrahlzellen im durchsichtigen Chalzedon einen Eindruck von „Holzgewebe“.

Es sei erwähnt, daß z.B. in Kieselhölzern und Hornsteinen des Döhlen-Beckens auch helle Flecken und konzentrische Strukturen anderen Typs auftreten. Es bleibt zu untersuchen, ob es Gemeinsamkeiten mit den hier beschriebenen Erscheinungen und Übergänge gibt oder eine natürliche Abgrenzung der Phänomene möglich ist.

7 Zusammenfassung

Die auffälligen Erscheinungen in den Kieselhölzern des Kyffhäuser-Gebirges entstanden in einem sehr frühen Stadium der Verkieselung. Der grobkristalline Quarz bildete sich zumindest zum Teil ebenfalls in jener Zeit. Die Zentren der Flecken, oft einzelne Tracheiden, waren anscheinend die Ausgangspunkte einer sich ausbreitenden Verkieselung. Deutliche Anzeichen von Stadien des Aufblähens und Schrumpfens weisen auf die Komplexität des gesamten Prozesses hin. Der Aufbau der Flecken aus helleren und dunkleren konzentrischen Zonen ist mit der Annahme verträglich, die Verkieselung sei mehrmals durch Austrocknen unterbrochen worden, wobei das Kieselgel eines bestimmten Reifestadiums irreversibel verändert wurde.

Trotz dieser Erkenntnisse und Vermutungen bleiben die Ursache und der genaue Ablauf der Fleckenbildung und anderer Erscheinungen ungeklärt.

Dank

Der Autor dankt allen, die zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen haben: R. NOLL, Tiefenthal, leistete mit der Anfertigung sämtlicher Fotos einen wesentlichen Beitrag. Dr. R. RÖBLER, Naturkundemuseum Chemnitz, veranlaßte das

Anfertigen von Abb. 1 und gab nützliche fachliche Hinweise. W. & G. ETZRODT, Borxleben, ermöglichten durch ihr freundliches Entgegenkommen das Sammeln von Fundstücken und stellten zahlreiche eigene Funde zur Auswertung zur Verfügung. H. HUHLE, Röblingen am See, übergab die in Abb. 13-15 abgebildete Scheibe seines Fundes. K.-E. BALZER, Darmstadt, trug mit vielen Informationen bei und übergab die in Abb.19 abgebildete Scheibe.

Literatur

- BARTHEL, M. & RÖBLER, R. (1997): Tiefschwarze Kieselstämme aus Manebach. - Veröff. Naturhist. Mus. Schloß Bertholdsburg, **12**: 53-61; Schleusingen.
- GÖPPERT, H.-R. (1880): Ueber die versteinerten Hölzer des Kyffhäuser. - N. Jb. f. Min. etc., **2**: 89-92; Stuttgart.
- KREHER, W. & POMPE, W. (1989): Internal Stresses in Heterogeneous Solids. 225 S.; Berlin (Akademie-Verlag).
- MÄGDEFRAU, K. (1958): Die Kieselhölzer im obersten Oberkarbon des Kyffhäuser-Gebirges. - Ber. Dt. Bot. Ges., **71**: 133-142; Berlin.
- MICKLE, J.E. & BARTHEL, M. (1992): Psaronius-Stämme im Oberkarbon des Kyffhäuser ? - Abh. Ber. Mus. Nat. Gotha, **17**: 11-14; Gotha.
- SCHNEIDER, J, RÖBLER, R. & GAITZSCH, B. (1995): Stratigraphy and facies of the middle European continental Carboniferous and Permian. Excursion Guide A5, 31 S., XIII. Int. Cong. Carboniferous-Permian; Krakow /Poland.
- SÜB, H. & RANGNOW, P. (1984): Die Fossiliensammlung Heinrich Cottas im Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin. - Neue Museumskunde, **27**: 17-30; Berlin.
- UNGER, F. (1847): Chloris protogaea. Beiträge zur Flora der Vorwelt, 149 S.; Leipzig (W. Engelmann).

Fundorte:

- 1-17 Kiesgrube Borxleben
18 Utah (W 111° 58', N 37° 8'), Chinle-Formation
20, 21 Freital-Burgk, umgelagertes Rotliegend

Die abgebildeten Fundstücke werden in folgenden Sammlungen aufbewahrt:

- Abb.1: Geologisch-Stratigraphische Hauptsammlung der TU Bergakademie Freiberg.
Abb. 2-8, 10-12, 16, 17: Sammlung ETZRODT, Borxleben, Ichstedter Str. 3.
Abb. 13-15, 18,19, 21: Sammlung WEISS, Rabenau, Hainsberger Str. 22.
Abb. 20: Sammlung MEYER, Dresden, Am Seilerschuppen 7a.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Weiss H.-J.

Artikel/Article: [Beobachtungen an Kieselhölzern gpi des Kyffhäuser-Gebirges
37-48](#)