

Verkieselte Sequoia-Hölzer, *Taxodioxyton gypsaceum* (Göpp.) Kräusel, aus jungtertiären Schichten Südbayerns

Von A. Selmeier, München

Herrn Prof. Dr. KARL MÄGDEFRAU zur Vollendung des 65. Lebensjahres gewidmet

Zusammenfassung

In Fortsetzung der von Herrn Professor Dr. Karl MÄGDEFRAU angeregten Untersuchung jungtertiärer Kieselhölzer Südbayerns wird erstmals über Gymnospermen berichtet. Der DEUTSCHEN FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT dankt der Verfasser für eine Sachbeihilfe.

Mit Funden aus Eggmühl, Waldkirch und Mettenhausen gelingt im Bereich der Oberen Süßwasser-Molasse Südbayerns erstmals der holzanatomische Nachweis von *Taxodioxyton gypsaceum* (Göpp.) Kräusel, rezente Vergleichsform, *Sequoia sempervirens*. Im verkieselten *Sequoia*-Holz aus Eggmühl ist Wundholz in Form von zahlreichen vertikalen Harzkanälen erhalten geblieben, bisher vorwiegend von Braunkohlen-Ligniten und rezentem Material bekannt. Die Auswertung der mikroskopischen Messungen an insgesamt 64 Zuwachszonen erfolgte unter Verwendung der elektronischen Rechenmaschine ZUSE Z 23.

Die Fundorte aller bisher geborgenen jungtertiären Gymnospermenhölzer Bayerns werden erwähnt. Die größte Anzahl verkieselter Gymnospermenhölzer, einen Fundpunkt betreffend, stammt aus den obermiozänen Glimmersanden der mittleren Frankenalb. Unter den dort vom Verfasser aufgesammelten etwa 700 Holzresten beträgt der Anteil der Gymnospermen 2,7%.

Nomenklatur fossiler Holzreste

Ein verkieselter Holzrest stellt nur einen isolierten Teil einer ehemaligen Gesamtpflanze dar. Die dieser Gesamtpflanze zugehörigen Blätter, Blüten, Früchte und Samen sind in der Regel unbekannt. Es ist somit nicht angängig, wissenschaftliche Namen von Pflanzen der geologischen Gegenwart auf versteinerte Holzreste zu übertragen. Will man verkieselte Holzreste taxonomisch erfassen, so ist die Aufstellung von sogenannten Organ- und Formgattungen erforderlich. Gemäß den Nomenklaturregeln des Internationalen Code wird an den Namen einer rezenten Vergleichsgattung das Suffix- *oxyton* gehängt. Gemäß der Typenmethode soll das als Typus verwendete paläobotanische Objekt ein in Wort und Bild gut erfaßbares Exemplar sein (REMY W. & R. 1964). Dieses als Holotypus bezeichnete Exemplar repräsentiert einen Fixpunkt innerhalb der fossilen Makroflora, geeignet für weitere Vergleiche bei Neufunden. Der geringe taxonomische Wert des älteren paläobotanischen Typenmaterials ist bekannt. In vielen Fällen führte jedoch die Nachuntersuchung des Originalmaterials zu einer erweiterten Neubeschreibung und dadurch zu einem größeren taxonomischen Wert.

Bei den vorliegenden Kieselhölzern aus Eggmühl, Mettenhausen und Waldkirch bestehen enge holzanatomische Beziehungen zur jetztweltlichen Flora. Der Inhalt der zu bildenden Taxa oberhalb der Art ist daher durch das rezente Analogon gegeben, dessen Endung durch *-oxyton* ergänzt wird.

Die 3 Kieselhölzer aus Südbayern zeigen größte Übereinstimmung mit dem Holz von *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl. und sind entsprechend den Nomenklaturregeln als *Taxodioxylon gypsaceum* (Göppert) Kräusel (1949) zu benennen. Ein von Greguss (1967, p. 78—79) diskutierter Änderungsvorschlag bezüglich der Namengebung wird vom Verfasser nicht übernommen, da das von GREGUSS als Kriterium verwendete Merkmal „(the horizontal walls of the longitudinal parenchyma cells of Sequoiae are perfectly smooth“) durchaus gewissen Schwankungen unterliegt (KRÄUSEL 1949). Eine erneute, nicht von allen Autoren übernommene Namensänderung, würde kaum Vorteile bringen.

Taxodiaceae

Taxodioxylon Hartig em. Gothan 1905
Taxodioxylon gypsaceum (Göppert) Kräusel
Rezente Vergleichsform: *Sequoia sempervirens* Endl.

Nachfolgend werden drei, in ihrer botanischen Zuordnung identische Kieselhölzer beschrieben. Die Aufbewahrung der Fund- und Handstücke sowie der Dünnschliffe erfolgt in der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, München. Die verkieselten Gymnospermenhölzer wurden in Eggmühl, Mettenhausen und Waldkirch geborgen.

1. Eggmühl

a) Material

Nach Schlifffanfertigung 4 Proben, Länge 2,5 bis 12 cm, teils 3,5 cm breit, Umfang teils 7,5 cm; Holzstruktur mit bloßem Auge deutlich sichtbar, leicht geglättet und scheinbar etwas abgerollt, astfrei, ohne Rinde oder Markteile, äußerlich gelblich bis hellgrau, innen dunkelgrau bis schwarz, stellenweise mit einer 1 bis 4 mm dicken, hellgelb gefärbten Verwitterungsrinde umgeben.

b) Fundort

Eggmühl, Niederbayern; Acker ca. 1 km südwestlich des Ortes, Gradabteilungsblatt Nr. 7139 Aufhausen der Topographischen Karte 1:25 000; Rechtswert 45 13070, Hochwert 54 10860; 380 m Meereshöhe. Das besonders wertvolle Kieselholz wurde zusammen mit anderen fossilen Holzresten, Angiospermen, durch Herrn Dipl. Geol. F. QUIEL, München, bei Geländebegehungen zur Anfertigung der Diplom-Arbeit 1969 gefunden. Nach freundlicher Mitteilung des Sammlers stammt der Pflanzenrest aus dem Nördlichen Vollschotter, vermutlich aus dessen liegendem Anteil. Als Alter kommt nur das Obermiozän, vermutlich das untere oder mittlere Sarmat in Frage (QUIEL 1971).

c) Beschreibung der Dünnschliffe

(Taf. I, Fig. 1—4; Taf. II, Fig. 1—4)

Es liegen 3 Schliffe mit je $2,4 \times 1-2$ cm Gesteinsfläche vor. An den Tangential- und Radialschliffen sind nur Teile strukturbietend erhalten geblieben. An zwei getrennten Zuwachszonen zeigt der Querschliff ausgedehnte Bereiche von Wundholz, tangential aneinandergereihte, vertikale Harzgänge (KRÄUSEL 1920 und 1921).

Querschliff: Zuwachszonen bereits mit dem bloßen Auge sichtbar, Begrenzungslinien gerade oder leicht gewellt, scharf gegenüber nachfolgendes Frühholz abgesetzt, Zuwachsgrenzen aus mehreren Lagen radial stark verengter Tracheiden bestehend. Unter Verwendung der elektronischen Rechenmaschine ALCOR ZUSE Z 23 ergeben sich für die 26 Zuwachszonen folgende Werte:

Zuwachszonen in μm	Spätholz in μm	Spätholz in %-Gesamtanteil
399,0	66,5	16,6
93,1	26,6	28,5
545,3	53,2	9,7
399,0	66,5	16,6
372,4	53,2	14,2
359,1	53,2	14,8
372,4	53,2	14,2
558,5	93,1	16,6
385,7	93,1	14,1
359,1	79,8	22,2
611,8	119,7	19,5
372,4	79,8	21,4
226,1	39,9	17,6
425,6	53,2	12,5
585,2	15,9	27,2
332,5	39,9	12,0
518,7	66,5	12,8
199,5	26,6	13,3
359,1	66,5	18,5
558,5	252,7	45,2
1037,4	585,2	56,4
1090,6	864,5	79,2
425,6	79,8	18,7
292,6	133,0	45,4
266,0	106,4	40,0
465,5	53,2	11,4

Die Mittelwerte obiger Meßreihen, 26 Zuwachszonen erfassend, lauten: Zuwachszonen 446,5 μm , Spätholz 129,4 μm , Spätholz in %-Gesamtanteil 24,2. Die Frühholztracheiden sind dünnwandig (3—4 μm), im Querschnittsbild quadratisch bis polygonal, teils mit gerundeten Ecken, oft radial verlängert (rad. \times tang.): 60 \times 28 μm , 64 \times 42 μm , 68 \times 53 μm . Die Tracheiden des Spätholzes sind dickwandig (6—8 μm), englumig und radial stark verkürzt (rad. \times tang.): 17 \times 36 μm , 14 \times 39 μm . Zwischen 2 Markstrahlen, in der Regel einreihig, liegen 1—12 radial gerichtete Tracheidenreihen (130 Messungen): 1 (15 \times), 2 (19), 3 (16), 4 (23), 5 (18), 6 (15), 7 (8), 8 (9), 9 (3), 10 (1), 11 (2), 12 (1). Die Anzahl der Tracheiden beträgt 600—700 pro mm^2 . In manchen Schlibbereichen tritt Holzparenchym, kenntlich an dunklem Zellinhalt, in oft tangential gerichteten Reihen in Erscheinung. Auf einer tangentialen Erstreckung von je 2,5 cm Länge zeigen zwei Zuwachszonen aneinandergereihte, eigenartige Harzgänge, sogenanntes Wundholz (Taf. II, Fig. 1 u. 2). Der Durchmesser der vertikalen Harzkanäle beträgt 32—96 μm , deren dünnwandige Epithelzellen sind vielfach länglich-oval, z. B. 11 \times 28 μm . Das Lumen der Harzkanäle (Wundholz) ist teilweise mit netzförmig-schaumigem oder feinkörnigem Inhalt erfüllt. Die Zählung ergibt 287 vertikale Harzkanäle.

Tangentialschliff: Tüpfelung der tangentialen Tracheidenwände nur spärlich erhalten geblieben; Durchmesser des Tüpfelhofes ca. 17 μm , Porus 5—6 μm , tangentiale Erstreckung der Tracheidenwand 40 μm . Die einreihigen Markstrahlen, (4) — 6 je mm tangentialer Erstreckung, sind 1 — (38) Zellen hoch. Die Höhe der Markstrahlzellen ergibt folgende Übersicht: 1 (6 \times), 2 (11), 3 (14), 4 (10), 5 (6), 7 (5), 8 (6), 9 (6), 10 (4), 11 (6), 12 (1), 13 (4), 14 (2), 15 (6), 16 (1), 17 (1), 18 (1), 19 (1), 20 (1), 21 (1), 22 (1), 26 (1), 28 (2), 29 (479 \times 17 μm ; 1 \times), 38 (1). Markstrahlzellen oval oder quadratisch mit gerundeten Ecken, vertikal 14—20 μm , tangential etwa 15 μm . Holzparenchymzellen teils

Zuwachszonen in μm	Spätholz in μm	Spätholz in %-Gesamtanteil
1755,6	266,0	15,1
1649,1	212,8	12,9
1702,4	212,8	12,5
1276,8	159,6	12,5
1596,4	159,6	10,0
1064,0	106,4	10,0
372,4	53,2	14,2
319,2	53,2	16,6
585,2	106,4	18,1
798,0	106,4	13,3
1064,0	159,6	15,0
851,2	266,0	31,2
1489,6	266,0	17,8
1542,8	266,0	17,2
1436,4	212,8	14,8
1649,1	212,8	12,9
1489,6	159,6	10,7
1330,0	159,6	12,0
1223,6	106,4	8,6

Die Mittelwerte obiger Meßreihen: Zuwachszonen 1189,0 μm , Spätholz 167,5 μm , Spätholz in %-Gesamtanteil 14,7. Die Frühholztracheiden sind dünnwandig (3—4 μm), im Querschnittsbild quadratisch und polygonal, teils mit gerundeten Ecken (Taf. III, Fig. 1 u. 2); vielfach sind die Tracheiden radial verlängert (rad. \times tang.): 53 \times 32 μm , 71 \times 29 μm , 92 \times 49 μm , 103 \times 57 μm . Die Spätholztracheiden sind englumig, teils dickwandig (5—8 μm), radial stark verkürzt (rad. \times tang.): 14 \times 35 μm , 17 \times 57 μm . Zwischen 2 Markstrahlen liegen 1—11 radial gerichtete Tracheidenreihen (110 Messungen): 1 (11), 2 (21), 3 (23), 4 (15), 5 (11), 6 (9), 7 (4), 8 (5), 9 (5), 10 (3), 11 (3). Die Anzahl der Tracheiden beträgt nur 200—250 pro mm^2 . Die verstreuten Holzparenchymzellen fallen durch dunkle Inhaltsstoffe auf.

Tangentialschliffe: Strukturen der tangentialen Tracheidenwände nicht mehr erhalten. Die Zellstrukturen sind von zahlreichen Quarzkeimen durchsetzt, deren Wachstum zu zonaren Quarzen führte. Vielfach wuchsen die Zonarquarze durch die Zellwandgrenzen hindurch (Taf. III, Fig. 3). Die in der Regel nur einreihigen Markstrahlen sind vereinzelt zweireihig, (1) — 3 — (8) Zellhöhen erfassend; je mm tangentiale Erstreckung 5 — 7 Markstrahlen, Höhe 1 — 37 Zellen. Die Verteilung der Markstrahlhöhen in Zellen (Stöckigkeit) zeigt folgende Übersicht: 1 (9 \times), 2 (20), 3 (29), 4 (23), 5 (15), 6 (17), 7 (13), 8 (7), 9 (11), 10 (9), 11 (5), 12 (3), 13 (4), 14 (9), 15 (5), 16 (3), 17 (2), 18 (5), 19 (1), 20 (3), 21 (4), 22 (1), 23 (4), 24 (3), 25 (2), 26 (1), 27 (1), 30 (1), 32 (2), 37 (1). Markstrahlzellen oval oder quadratisch, Durchmesser etwa 17—21 μm , teils breiter als hoch. An einem Parenchymband sind 14 aneinandergereihte Parenchymzellen erhalten, Höhe 107 — 215 μm , Breite 54 — 84 μm . Alle horizontalen Parenchymwände sind ausnahmslos glatt (Taf. III, Fig. 4; Taf. IV, Fig. 1). Dunkle Inhaltsstoffe, teils mit heller Umrandung, kennzeichnen viele Parenchymzellen.

Radialschliff: Infolge starker Verkieselung ist die Tüpfelung der radialen Tracheidenwände nur stellenweise erhalten geblieben, dort jedoch eindeutig; behöft Tüpfel ein- bis zweireihig, gegenständig, nicht abgeplattet sondern rundlich. Durchmesser dieser Hoftüpfel z. B. 24 μm , Porus 6—7 μm . In den Kreuzungsfeldern liegen die Tüpfel nebeneinander, meist 2—3 (Taf. IV, Fig. 2). An einigen Kreuzungsfeldern ist die taxodioide Form der Kreuzungsfeldtüpfel erkennbar, Längsachse leicht schräg bis waagrecht, 10—12 μm . Die Horizontalwände der Markstrahlen sind glatt, Wandstärke ca. 2 μm , ein vertiefter Ansatz fehlt.

d) Bestimmung

Alle strukturbietend erhalten gebliebenen Merkmale zeigen volle Übereinstimmung mit der fossilen Form *Taxodioxydon gypsaceum* (Göpp.) Kräusel. Das Fehlen von Wundharzgängen spricht nicht gegen diese Bestimmung. Auch in rezenten Stämmen von *Sequoia*-Arten treten Wundharzgänge nur selten auf (GOTTWALD 1966).

Fundort: Waldkirch, Schwaben (Bayern).

Alter: Tertiär, Obermiozän; Torton (?); sekundäre Lagerstätte (?).

Material: Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, München. Inventar-Nr. 1963 XXIV 120. Überlassen von Hauptlehrer A. MAYER, Dürrlauingen.

3. Mettenhausen

a) Material

Nach Schliifherstellung 4 Handstücke, größtes 11 cm lang, Umfang 20 cm; Holzstruktur auffallend mit Längsrillen, kantig, teils mit schuppenförmiger Oberfläche, nicht abgerollt, astfrei, ohne Rinde oder Markteile, äußerlich hellgelb, innen mit dunklem Kern. Eine bis 3 mm starke, fast weiße Verwitterungsrinde setzt sich stellenweise vom dunkleren Teil des Fossilrestes scharf ab. Rostrote Einlagerungen vorhanden.

b) Fundort

Mettenhausen, Niederbayern; 200 m östlich der Bundesstraße 20 im Bereich einer prähistorischen Fundstelle auf Plan Nr. 879 1/5; Gradabteilungsblatt Nr. 7342 Landau a. d. Isar der Topographischen Karte 1:25 000. Zusammen mit anderen Fossilresten wurde das Holz von Herrn Kreisheimatpfleger M. FRAUNDORFNER, Landau a. d. Isar, übergeben. Als Alter des Holzes kommt nur Obermiozän in Frage. Die näheren Fundumstände und der Name des Sammlers konnten nicht mehr in Erfahrung gebracht werden. Die Untersuchungen von BUCHNER (1963) geben Auskunft über die Geologie des Gradabteilungsblattes Landau a. d. Isar.

c) Beschreibung der Dünnschliffe

(Taf. IV, Fig. 3—4)

Es liegen 6 Dünnschliffe vor, je 2 der drei verschiedenen Schnittrichtungen. Obwohl Gesteinsflächen von teils $2,5 \times 3$ cm erfaßt wurden, rechtfertigt der schlechte Erhaltungszustand nur eine summarische Beschreibung.

Topographie und Zellelemente: Zuwachszonen sind bereits mit dem bloßen Auge sichtbar, Begrenzungslinien deutlich gewellt, Zuwachsgrenzen aus mehreren Lagen radial stark verengter Tracheiden bestehend, scharf gegenüber dem jeweils benachbarten Frühholz abgegrenzt (Taf. IV, Fig. 3—4). Für 19 Zuwachszonen ergeben sich unter Verwendung der elektronischen Rechenmaschine ALCOR ZUSE Z 23 folgende Werte:

Zuwachszonen in μm	Spätholz in μm	Spätholz in %-Gesamtanteil
372,4	39,9	10,7
465,5	53,2	11,4
239,4	39,9	16,6
492,1	53,2	10,8
359,1	39,9	11,1
505,4	53,2	10,5
465,5	53,2	11,4
678,3	93,1	13,7
345,7	53,2	15,3
425,6	106,4	25,0
532,0	93,1	17,5
1077,2	199,5	18,5
665,0	106,4	16,0
957,6	66,5	6,9

Zuwachszonen in μm	Spätholz in μm	Spätholz in %-Gesamtanteil
758,0	79,8	10,5
1130,5	53,2	4,7
997,5	106,4	10,6
1117,1	199,5	17,8
997,5	66,5	6,6

Die Mittelwerte obiger Meßreihen sind: Zuwachszonen 662,2 μm , Spätholz 81,9 μm , Spätholz in %-Gesamtanteil 12,9. Die Frühholztracheiden, bereits weitgehend zersetzt, sind dünnwandig, im Querschnittsbild vorwiegend quadratisch, polygonal, teils radial verlängert (rad. \times tang.): 42 \times 32 μm , 53 \times 35 μm . Die Spätholztracheiden sind englumig, dickwandiger und radial stark verkürzt (rad. \times tang.): 39 \times 14 μm , 32 \times 10 μm . Zwischen zwei Markstrahlen liegen 1—11 radial gerichtete Tracheidenreihen: 1 (7 \times), 2 (7), 3 (18), 4 (18), 5 (11), 6 (8), 7 (6), 8 (6), 9 (1), 10 (1), 11 (2). Die Anzahl der Tracheiden beträgt ca. 1000 pro mm^2 . Die teils reichlich vorhandenen Holzparenchymzellen sind am Querschliff durch dunkle Inhaltsstoffe kenntlich. Markstrahlen einreihig, 1—26 Zellen hoch, scheinbar auch höher, teils schwer erkennbar, 7—9 Markstrahlen je mm tangentielle Erstreckung; Markstrahlzellen im Tangentialbild quadratisch oder oval, Durchmesser etwa 14 μm . Am Tangentialschliff sind in dichter Folge vertikale Parenchymreihen mit ausschließlich glatten Horizontalwänden und dunklen Inhaltsstoffen erhalten geblieben (Höhe \times Breite): 96 \times 32 μm , 164 \times 32 μm , 46 \times 24 μm . Vielfach sind zwei vertikale Parenchymreihen in unmittelbarer Nachbarschaft. Radiale Tracheidenwände mit behöften Tüpfeln, oft gut erhalten, ein- bis zweireihig, gegenständig, nicht abgeplattet, rundlich; Durchmesser dieser Hoftüpfel ca. 14 μm , Porus etwa 6 μm . In den Kreuzungsfeldern liegen die nur schwer erkennbaren Kreuzungsfeldtüpfel nebeneinander, Längsachse mehr oder weniger waagrecht, etwa 7 μm . Die Horizontalwände der Markstrahlen scheinen glatt gewesen zu sein. Ein vertiefter Ansatz fehlt.

d) Bestimmung

Die erhalten gebliebenen Merkmale lassen trotz der teilweise schlechten Erhaltung die Übereinstimmung mit der fossilen Form *Taxodioxydon gypsaceum* (Göpp.) Kräusel überzeugend erkennen. Nach GOTTWALD (1966, S. 80) spricht das Fehlen von Wundharzgängen nicht gegen diese Bestimmung.

Fundort: Mettenhausen, Niederbayern (Bayern); prähistorische Fundstelle.

Alter: Tertiär, Obermiozän

Material: Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, München. Inventar-Nr. 1963 XXIV 117.

Tab. 1. *Taxodioxydon gypsaceum* (GÖPP.) KRÄUSEL aus Eggmühl, Waldkirch und Mettenhausen. Vergleich der Zuwachszonen.

Fundort	Zuwachszonen in μm			%Spätholz Gesamtanteil		
	max.	min.	Mittel	max.	min.	Mittel
Eggmühl	1090	93	446	79	9	24
Waldkirch	1755	319	1189	31	8	15
Mettenhausen	1130	239	662	25	7	13

Tab. 2. *Taxodioxyton gypsaecum* (GÖPP.) KRÄUSEL aus Eggmühl, Waldkirch und Mettenhausen
Vergleich der Tracheiden; Querschliff.

Fundort	Tracheiden pro mm ²	Frühholztracheiden, maximale Größe	
		radial (µm)	tangential (µm)
Eggmühl	600—700	68	53
Waldkirch	200—250	103	57
Mettenhausen	1000	53	35

Bemerkungen zur Bestimmung

a) Vergleichsmaterial

Zur Bestimmung der 3 Fossilreste standen Beschreibungen und Abbildungen der rezenten Form *Sequoia sempervirens* von verschiedenen Autoren zur Verfügung (BAILEY & FAUL 1934; BOUREAU 1956; GREGUSS 1955 und 1968; JACQUIOT 1955; PANSHIN & DE ZEEUW 1970; PEIRCE 1934; PHILLIPS 1963). Die rezenten Vergleichspräparate aus dem Institut für Holzforschung und Holztechnik, Universität München, zeigen holzanatomisch ebenfalls Übereinstimmung mit den 3 fossilen Funden. Die Kieselhölzer aus Eggmühl, Waldkirch und Mettenhausen lassen noch all jene Einzelmerkmale erkennen, wie sie in dem ausführlichen Bestimmungsschlüssel von KRÄUSEL (1949, S. 94) für *Taxodioxyton gypsaecum* (*T. sequoianum*) angegeben sind. In den Vergleich wurden Arbeiten über fossile *Sequoia*-Holzreste mit einbezogen (BRABOWSKA 1957; GREGUSS 1967; GOTTWALD 1966; KRÄUSEL 1921; MATTHIENSEN 1970; PRAKASH & BREZINOV & BUZEK 1971).

Zusätzliches Vergleichsmaterial, teils Originalpräparate, konnte der Verfasser bei einem Arbeitsaufenthalt im Laboratoire de Paléobotanique, Faculté des Sciences, Paris, eingehend prüfen. Für freundliche Aufnahme und fachliche Betreuung danke ich besonders Professor Dr. Edouard BOUREAU, ferner Dr. Jean-Claude KOENIGUER und Dr. Colette SERRA.

b) Mikroskopische Messungen

Holzanatomische Fossilbeschreibungen beinhalten bisweilen nur allgemeine Hinweise, ohne Angabe von Meßwerten. In früheren, revisionsbedürftigen Arbeiten des Verfassers wurde ähnlich verfahren. Das Fehlen von Meßwerten erschwert jedoch einen Vergleich mit rezenten und fossilen Holzarten. Die Vielfalt und die sich in gewissen Gruppen oft überschneidende Variabilität holzanatomischer Merkmale kann nur auf breiter Basis und mit den modernen Methoden statistischer Auswertung hinreichend erfaßt werden. Subjektive Abwägungen können dadurch ergänzt und sicherer abgegrenzt werden (HEYWOOD 1971). In der vorliegenden Arbeit wurden daher die Zuwachszonen einer vergleichenden Überprüfung unterzogen. Die mikroskopischen Meßwerte konnten mit der elektronischen Rechenmaschine ZUSE Z 23 nach entsprechender Programmierung ausgewertet werden. Herrn Diplom-Physiker Dr. J. RAST, Fachhochschule München, danke ich für Beratung und Hilfe.

c) Zuwachszonen

Die Holzreste aus Eggmühl, Waldkirch und Mettenhausen haben deutlich ausgeprägte Zuwachsringe. In welchem Umfang das Fossilmaterial falsche Zuwachsringe hat, ist mit Sicherheit nicht anzugeben. Diskontinuierliche Ringe (Waldkirch; Taf. III, Fig. 1) sind auch von der rezenten Vergleichsform *Sequoia sempervirens* bekannt (PANSHIN & DE ZEEUW 1970, p. 53, Fig. 2—17). Die holzanatomisch gründlichen Untersuchungen an *Sequoia*

sempervirens verschiedenster Herkunft und Standorte bestätigen einen stark fluktuierenden Charakter in der Ausbildung von Zuwachszonen (BAILEY & FAULL 1934). Die Zuwachszonen von Wurzeln und Zweigen lassen gegenüber gleichalten Stämmen eine Tendenz zu geringerer Holzbildung erkennen. Die Wachstumsintensität der Zuwachszonen schwankt bei den vorliegenden Kieselhölzern zwischen 93 μm (Eggmühl) und 1755 μm (Waldkirch), der prozentuale Anteil des Spätholzes am Gesamtzuwachs zwischen 7% (Mettenhausen) und 79% (Eggmühl). Der Tracheidendurchmesser (Querschnittsbild) kann bei rezentem Material zwischen 10 μm und 100 μm variieren (BAILEY & FAULL 1934, p. 237). Die Messungen an den Fossilresten stimmen mit diesen Angaben überein (Tab. 1 u. 2). Die Frage, ob es sich bei den südbayerischen *Sequoia*-Funden um Stamm-, Ast- oder Zweigholz handelt, kann vorerst nicht beantwortet werden, da die rezente Holz-anatomie nach Kenntnis des Verfassers über kein verbindliches Merkmalskriterium verfügt.

d) Wundholz

Die sichere holzanatomische Unterscheidung von *Sequoia sempervirens* (Redwood) von dem anatomisch sehr ähnlichen Holz von *Taxodium distichum* (Sumpfzypresse), hat früher Schwierigkeiten bereitet. Abgesehen von den heute bekannten holzanatomischen Unterscheidungsmerkmalen ist jedoch das Auftreten von Wundholz ein sicheres, zusätzliches Kennzeichen für *Sequoia sempervirens* (KRÄUSEL 1921). Das Kieselholz aus Eggmühl (Querschiff) hat etwa 287 tangential aneinandergereihte, vertikale Harzgänge. Sie verteilen sich auf zwei getrennte, jedoch nahe aneinander befindliche Zuwachszonen mit 151 bzw. 136 getrennten Harzkanälen. Die tangentielle Ausdehnung dieser vertikalen Harzgänge beträgt pro Zuwachsring 2,7 cm. In tertiären Braunkohlenligniten konnte Wundholz bei *Sequoia* mehrfach nachgewiesen werden (GRABOWSKA 1957, KRÄUSEL 1921). Unter den mit *Sequoia* verglichenen Kieselhölzern Europas scheint Wundholz bisher nicht bekannt zu sein. Das Kambium von *Sequoia sempervirens* (Redwood) ist gegenüber Umwelteinflüssen nach BAILEY & FAULL (1934) extrem empfindlich und bildet selbst in räumlich entlegenen, unverletzten Holzteilen Wundholz aus. Eine Verletzung in der Krone oder in einzelnen Zweigen kann zur Harzbildung innerhalb des Stammes führen. Zweige und Wurzeln alter Individuen neigen gegenüber dem Stammholz zu vermehrter Wund-

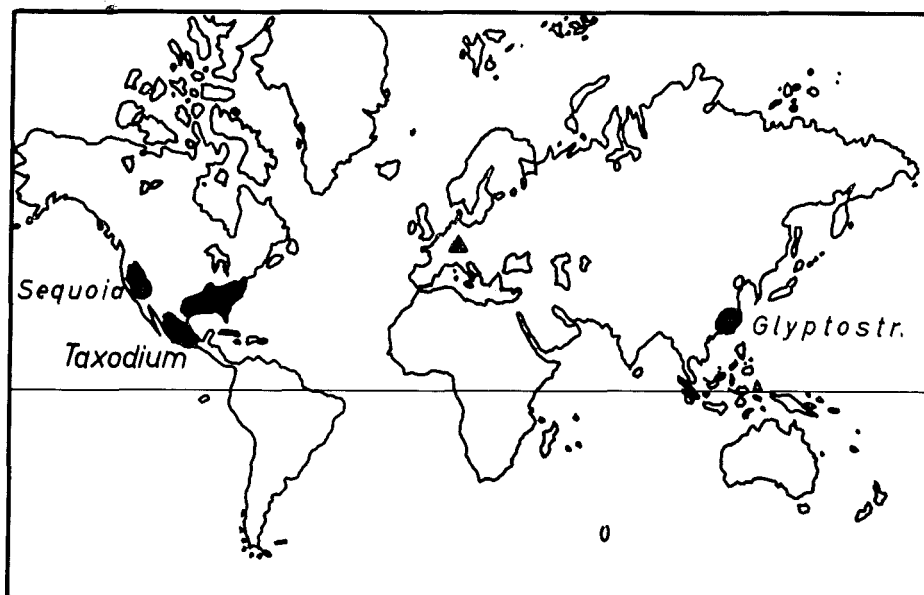


Abb. 1 Rezente Verbreitung von *Sequoia*, *Taxodium distichum* und *Glyptostrobus*. Fundgebiet der jungtertiären Gymnospermenreste Bayerns (Dreieck).

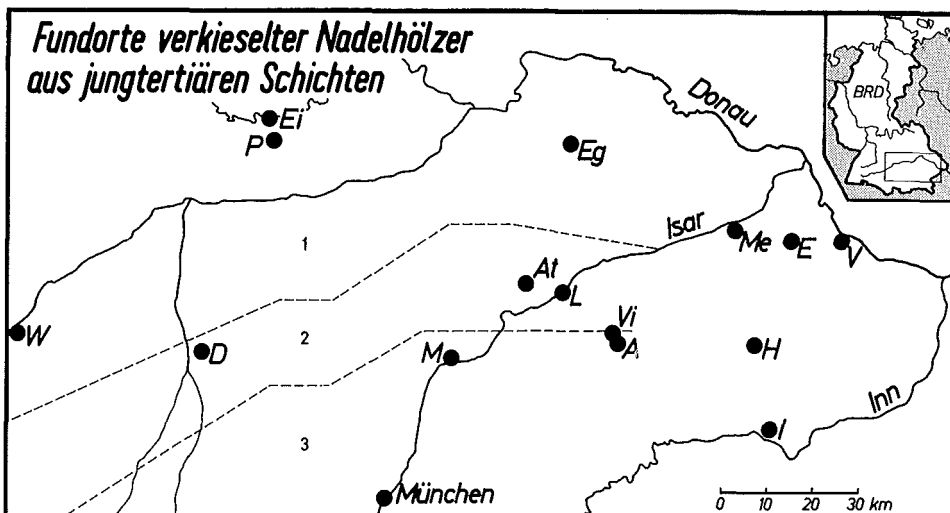


Abb. 2 Fundorte verkieselter Gymnospermenhölzer: Achldorf (A), Attenhausen (At), Derching (D), Eggmühl (Eg), Eichendorf (E), Eichstätt (Ei), Hebertsfelden (H), Irging (I), Landshut (L), Marzling (M), Mettenhausen (Me), Prielhof (P), Vilsbiburg (Vi), Vilshofen (V), Waldkirch (W).
 1 — Ältere Schichtserie; Unteres und Mittleres Torton.
 2 — Mittlere Schichtserie; Oberes Torton bis Mittleres Sarmat.
 3 — Jüngere Schichtserie; Oberes Sarmat bis Pannon.

holzbildung. Ursächlich wird Wundholzbildung ausgelöst durch Verletzungen, Druck von Windschäden, Infektionen durch Pilze oder Insekten. Als Abwehrreaktion bilden sich Harzgangbarrieren (BOUREAU 1956, p. 427; BRAUN 1970, S. 36—37; PANSHIN & DE ZEEUW 1970, p. 144—145). Das deutlich ausgebildete Wundholz der verkieselten Probe aus Eggmühl (Taf. II, Fig. 1 und 2) ist somit ein zusätzlicher Beweis dafür, daß der Rest eines *Sequoia*-Holzes vorliegt. Dieser Hinweis erscheint wichtig, da trotz umfangreicher Aufsammlungen jungtertiärer Blatt- und Fruchtreste (Achldorf, ca. 5000 Pflanzenreste) in der Oberen Süßwasser-Molasse Südbayerns *Sequoia* bisher fehlt (JUNG 1970).

e) Holzparenchym, Tracheidenhoftüpfel, Markstrahlen

Alle erhaltengebliebenen Horizontalwände der Holzparenchymzellen sind glatt (GREUSS 1967; KRÄUSEL 1949; PANSHIN & DE ZEEUW 1970, p. 486, Fig. 12—64). Verteilung und Häufigkeit der Holzparenchymzellen sind innerhalb eines Baumindividuums größeren Schwankungen unterworfen. Die Form und Größe der radialen Tracheidenhoftüpfel, Anordnung und Zahl der Kreuzungsfeldtüpfel sowie die Stöckigkeit der Markstrahlen stimmt mit der Variationsbreite dieser Strukturen bei *Sequoia sempervirens* überein.

f) Verkieselung

Eine große Anzahl von Zonarquarzen verdeckt beim Kieselholz aus Waldkirch die holzanatomischen Strukturen. In idiomorpher Form ist Quarz in mehreren Zonen auskristallisiert. Die Zellmembranen wurden durch die Quarze teils durchwachsen (Taf. III, Fig. 3).

g) Inhaltsstoffe

Versuche, chemische Inhaltsstoffe nachträglich an pulverisierten Kieselholzproben dünn-schichtchromatographisch nachzuweisen, blieben bisher ergebnislos.

Arealgrenzen und Ökologie

Die den Fossilresten holzanatomisch am nächsten stehende Form *Sequoia sempervirens* ist heute als immergrüner Baum (Redwood), als Küstensequoie an den Westhängen der Sierra Nevada in Höhen von 1500—2500 m Meereshöhe verbreitet (Abb. 1). Der Baum kann wegen seiner Frostanfälligkeit nur in den mildesten Gegenden Deutschlands mit Erfolg angebaut werden. Der Boden darf etwas kalkhaltig sein. In den Braunkohlenwäldern des Geiseltals bei Halle muß *Sequoia* als häufigster Nadelbaum angesehen werden (MÄGDEFRAU 1968, S. 375). Nach GOTTWALD (1966, S. 90) kommt für *Sequoia* mindestens eine Meereshöhe von 500 m in Frage, während Palmen diese Mindesthöhe nicht mehr erreichen. Die Fossilreste aus Eggmühl, Waldkirch und Mettenhausen wurden zusammen mit verkieselten Angiospermenhölzern gefunden, die gleichfalls Zuwachszonen zeigen. Aus der unmittelbaren Umgebung des *Sequoia*-Holzes aus Eggmühl, sind verkieselte Eichenhölzer bekannt, deren extrem ringporiger Holzbautyp ausgeprägte Zuwachszonen aufweist (SELMEIER 1971). Es muß daher jeweils zu einem vollständigen Stillstand des Holzwachstums gekommen sein (NAIRN 1961).

Fundorte verkieselter Nadelhölzer aus Bayern

Außer den 3 Fundpunkten Eggmühl, Waldkirch und Mettenhausen gibt es 18 weitere Lokalitäten mit Funden verkieselter Gymnospermenhölzer. Fundstücke und Dünnschliffe sind in der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie aufbewahrt und inventarisiert. Die Funde sind meist den Angehörigen oder Mitarbeitern der Münchener Geo-Institute zu verdanken und stellen teils Belegstücke zu Diplom-Arbeiten dar. In einer von Prof. Dr. Walter JUNG entworfenen Karteikarte, werden für jeden einzelnen Kieselholzfund Bayerns alle wünschenswerten Daten gesammelt. Dieser vom Verfasser mitbetreuten Kartei sind die in Tab. 3 zusammengestellten Angaben entnommen. Die geographische Lage der Fundpunkte ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die Fundorte Bauersberg, Jeding, Minderoffingen und Schnaittenbach sind wegen ihrer Randlage in Abb. 2 nicht angegeben.

Unter den angeführten Gymnospermenresten, besonders unter jenen von der Fundstelle Prielhof, sind weitere *Sequoia*-Hölzer. Aus dem fossilreichen obermiozänen Pflanzenlager der Schandlgrube von Achldorf (Abb. 2) konnten Holzreste von *Taxodium* nachgewiesen werden (JUNG 1970, S. 547). Das Kieselholz aus Eichendorf (Abb. 2) ist mit großer Wahrscheinlichkeit ein *Glyptostrobus*-Rest. Aus Abb. 1 sind die derzeitigen Arealgrenzen von *Sequoia*, *Taxodium* und *Glyptostrobus* zu ersehen. In welcher Weise sich die verkieselten Gymnospermenhölzer in das von JUNG (1968, S. 56) entworfene paläobotanische Gliederungsschema der südbayerischen Oberen Süßwasser-Molasse einfügen lassen, kann erst nach der holzanatomischen Bestimmung aller Funde beurteilt werden. DEHM (1951) konnte bekanntlich auf paläontologischer Grundlage eine Gliederung der Oberen Süßwasser-Molasse durchführen und eine Folge von drei Schichtserien abgrenzen (Abb. 2). Ein etwa 15—25 km breiter Streifen der „Mittleren Serie“ wird von einer „Älteren Serie“ im Norden und einer „Jüngeren Serie“ im Süden begrenzt. Nur in der „Älteren Serie“ finden sich bisher Palmen und andere pflanzliche Reste mit einem hohen Wärmeanteil (JUNG 1968; SELMEIER 1970 u. 1971). Die *Sequoia*-Hölzer aus Eggmühl und Waldkirch stammen bezüglich ihrer Fundpunkte ebenfalls aus dieser „Älteren Serie“. Die in Prielhof aufgesammelten 16 Gymnospermenreste wurden vom Verfasser zusammen mit verkieselten Leguminosen- und *Castanopsis*-Hölzern gefunden. Von der gleichen Fundstelle liegt ein schlecht erhalten gebliebener Palmenrest vor. Der Anteil der Gymnospermen, darunter *Sequoia*-Funde, beträgt unter den aus Prielhof stammenden Kieselhölzern 2,7%. In der „Mittleren Schichtserie“ liegen die Fundorte Derching, Attenhausen und „Landshut“ (Abb. 2). Diese Schichtserie ist nach Kenntnis der Blattfloren eine *Ulmus-Liquidambar*-Flora, im Oberen Sarmat noch mit Wärmeformen, jedoch ohne Palmen (JUNG 1968). Für die „Jüngere Schichtserie“ an der Grenze vom Sarmat zum Pannon sprechen die Blattflo-

ren für eine hohe Beteiligung von Taxodiaceen und für ein Fehlen von ausgesprochenen Wärmeformen (JUNG 1968).

Von der holzanatomischen Analyse der in Tab. 3 angeführten Gymnospermenfunde kann ein weiterer Beitrag zur Erkundung der jungtertiären Pflanzenreste Bayerns erwartet werden.

Dank

Dem freundlichen Entgegenkommen von Herrn Dr. Dietger GROSSER, Abteilungsleiter am Institut für Holzforschung und Holztechnik der Universität, verdankt der Verfasser einen Arbeitsplatz zur Untersuchung der Kieselhölzer. Familie MITTERMEIER, Prielhof, ermöglichte mehrere Begehungen der Felder, teils während des Motorpflügens. Frau H. BAUER, danke ich die Fotoarbeiten, Herrn Ing. (grad.) SANZI die Zeichnungen, den Präparatoren H. MERTEL und J. TREMMEL die Anfertigung der Dünnschliffe. Besonderer Dank gebührt all jenen Geologen und Mitarbeitern, durch deren Aufmerksamkeit und sachkundige Geländebegehung die Kieselhölzer entdeckt wurden.

Tab. 3. Fundorte verkieselter Gymnospermenhölzer aus jungtertiären Schichten Bayerns.

Fundort	Karte 1 : 25 000 Blatt-Nr. u. Name	Sammler
Achldorf	7540 Vilsbiburg	W. JUNG
Attenhausen	7438 Landshut-West	„Südchemie“
Bauersberg	5526 Bischofsheim a. d. Rhön	B. FUCHS
Derching	7531 Gersthofen	FÜHRER
Eichstätt	7133 Eichstätt	unbekannt
Eggmühl	7139 Aufhausen	F. QIEL
Eichendorf	7343 Eichendorf	K. BRÜTZEL
Hebertsfelden	7542 Eggenfelden	W. D. GRIMM
Jeding (Tertiär?)	6538 Schmidgaden	unbekannt
Irging (Helvet)	7743 Markt	A. BUCHNER
„Landshut“ (2 Fundstücke)	7438 Landshut West	ded. M. FRAUNDORFNER
Marzling	7536 Freising Nord	GERNGROSS
Mettenhausen	7342 Landau a. d. Isar	unbekannt
Minderoffingen (Tertiär?)	7028 Unterschneidheim	H. MAYR
Prielhof (16 Fundstücke)	7133 Eichstätt	A. SELMEIER
Schnaittenbach (Tertiär?)	6438 Schnaittenbach	unbekannt
„Vilsbiburg“ (2 Fundstücke)	7540 Vilsbiburg	CIFRAIN, LANGER
Vilshofen	7345 Vilshofen	W. D. GRIMM
„Vilsschotter“	7344 Pleinting	K. H. SCHIESSL
Waldkirch	7528 Burgau	ded. A. MAYER

Literatur

- BAYLEY, I. W. u. FAULL, A. F. (1934): Structural variability in the Redwood, *Sequoia sempervirens*, and its significance in the identification of fossil woods. *Journal of the Arnold Arboretum*, 15, 223—254. Harvard University. — BOUREAU, E. (1956): Anatomie végétale, II. Paris. — BRAUN, H. J. (1970): Funktionelle Histologie der sekundären Sproßachse I. Das Holz. Berlin u. Stuttgart. — BUCHNER, A. (1963): Geologische Untersuchungen auf Blatt Landau 534 (Niederbayern) 1 : 25 000. Diplom-Arbeit, München. — DEHM, R. (1951): Zur Gliederung der jungtertiären Molasse in Süddeutschland nach Säugetieren. *N. Jb. Geol. Paläont. Monatshefte* 1951, 140 bis 152, Stuttgart. — GRABOWSKA, I. (1957): Przewodnie lignity węgla brunatnego z obszaru konina. *Prace XV*, 201—258, Warschau. — GOTTWALD, H. (1966): Eozäne Hölzer aus der Braunkohle von Helmstedt. *Palaeontographica B*, 119, 76—93, Stuttgart. — GREGUSS, P. (1955): Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen. Budapest. — GREGUSS, P. (1967): Fossil Gymnosperm Woods in Hungary. Budapest. — GREGUSS, P. (1968): Einführung in die Paläoxylotomie. *Geologie*, 17, 1—88, Berlin. — HEYWOOD, V. H. (1971): Taxonomie der Pflanzen. Stuttgart. — JACQUIOT, C. (1955): Atlas d'Anatomie des Bois des Conifères. I/II. Paris. — JUNG, W. (1968): Pflanzenreste aus dem Jungtertiär Nieder- und Oberbayerns und deren lokalstratigraphische Bedeutung. *Ber. naturwiss. Ver. Landshut*, 25, 43—61, Landshut. — JUNG, W. (1970): Eine reiche Fundstelle obermiozäner Pflanzenreste in der Oberen Süßwassermolasse Südbayerns. *N. Jb. Geol. Paläont. Monatshefte*, 9, 542—548, Stuttgart. — KRÄUSEL, R. (1920): Paläobotanische Notizen I—III, *Senckenbergiana* 2, Frankfurt a. M. — KRÄUSEL, R. (1921): Paläobotanische Notizen V und VI, 135—142, *Senckenbergiana* 3, Frankfurt a. M. — KRÄUSEL, R. (1949): Die fossilen Konifernhölzer II. *Palaeontographica*, 89, 83—203, Stuttgart. — MÄGDEFRAU, K. (1968): Paläobiologie der Pflanzen. 4. Auflage. Stuttgart. — MATHIESEN, F. J. (1970): Palaeobotanical investigations into some cormophytic macrofossils from the neogene tertiary lignites of the Central Jutland, II. Kongelige Danske Videnskaberne Selskab Biologiske Skrifter, 17, 3, 1—64, Kopenhagen. — NAIRN, A. E. M. (1961): Descriptive Palaeoclimatology. London. — PANSHIN, A. J. u. DE ZEEUW, C. (1971): Textbook of Wood Technology, Vol. 1. New York etc. — PEIRCE, A. S. (1934): Anatomical Interrelationships of the *Taxodiaceae*. *Tropical Woods*, 46, 1—15. — PHILLIPS, E. W. (1963): Identification of Softwoods. *Forest Prod. Res. Bull.*, 22, 1—56, London. — PRAKASH, U., BREZINOVA, D. und BUZEK, C. (1971): Fossil woods from the Doupovské Hory and České Stredohori mountains in Northern Bohemia. *Palaeontographica B*, 133, 103—128, Stuttgart. — QUIEL, F. (1971): Geologische und hydrogeologische Untersuchungen im Südtal des Gradabteilungsblattes 7139 Aufhausen (Niederbayern). Diplom-Arbeit, München. — REMY, W. und REMY, R. (1964): Die Typenmethode in der Paläobotanik und ihre vorgesehene Erweiterung in taxonomischer Hinsicht. *Nova Hedwigia*, 8, 241—267, Weinheim. — SELMEIER, A. (1970): *Castanopsis*-Hölzer aus obermiozänen Glimmersanden der südlichen Frankenalb. *Mitt. Bayer. Staatssamm. Paläont. hist. Geol.*, 10, 309—320, München. — SELMEIER, A. (1971): Ein verkieseltetes Eichenholz aus jungtertiären Schichten Niederbayerns (Aidenbach). *Mitt. Bayer. Staatssamm. Paläont. hist. Geol.*, 11, 205—222, München. —

Tafelerklärungen

Taxodioxylon gypsaceum (Göpp.) Kräusel

Tafel I

Eggmühl; Inventar-Nr. 1969 I 207

- Fig. 1 Querschliff mit mehreren Zuwachszonen. 27 x.
 Fig. 2 Querschliff, Zuwachsgrenze und einreihige Markstrahlen. 92 x.
 Fig. 3 Tangentialschliff mit Harzparenchymzellen und Inhaltsstoffen. 116 x.
 Fig. 4 Radialschliff mit Kreuzungsfeldtöpfeln. 450 x.

Tafel II

Eggmühl; Inventar-Nr. 1969 I 207

- Fig. 1 Querschliff mit vertikalem Harzkanal und Epithelzellen. 370 x.
 Fig. 2 Querschliff mit Wundholz und Zuwachsgrenzen. 92 x.
 Fig. 3 Radialschliff mit Tracheidenhochtöpfeln. 370 x.
 Fig. 4 Radialschliff mit Kreuzungsfeldtöpfeln. 450 x.

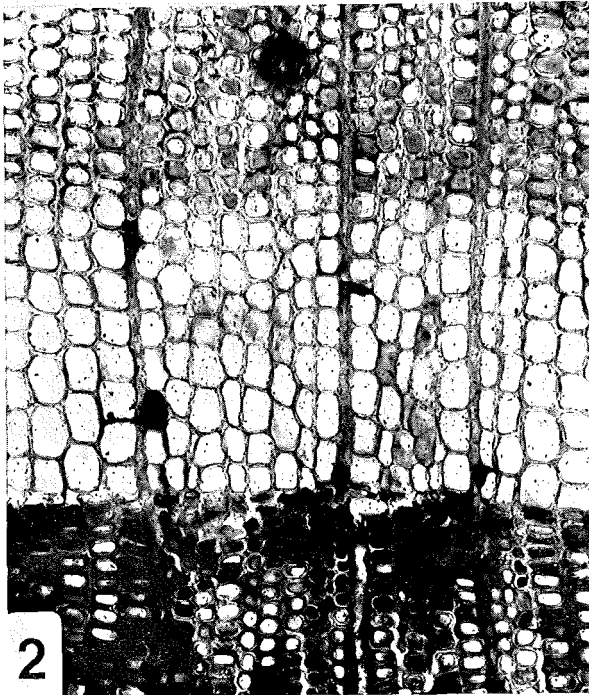
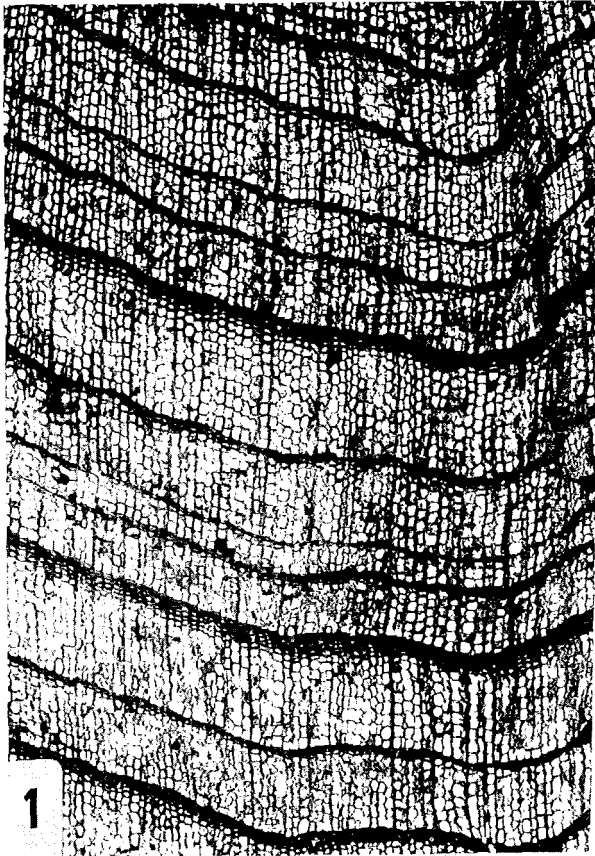
Tafel III

Waldkirch; Inventar-Nr. 1963 XXIV 120

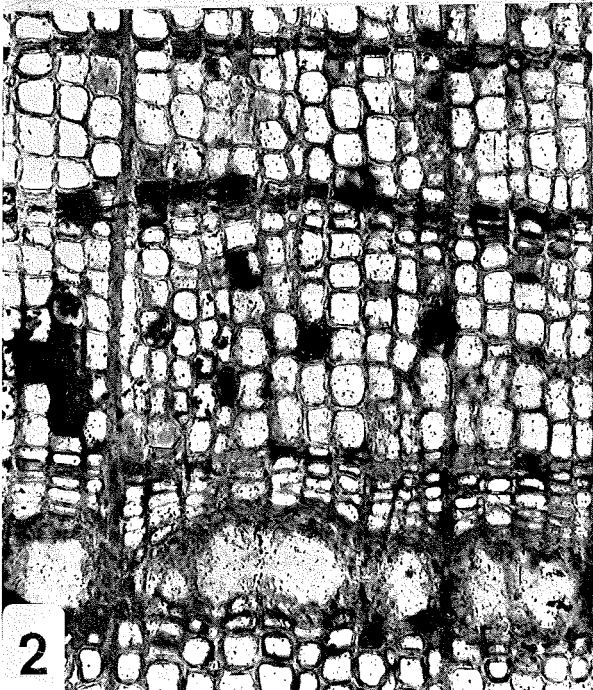
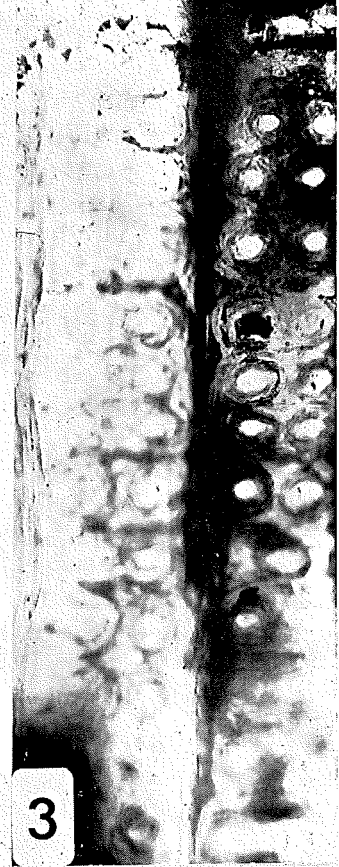
- Fig. 1 Querschliff mit Zuwachszonen, deformiert. 27 x.
Fig. 2 Querschliff an einer Zuwachsgrenze. 110 x.
Fig. 3 Tangentialschliff mit einreihigen Markstrahlen und zwei Zonarquarzen. 110 x.
Fig. 4 Tangentialschliff mit Parenchymzellen und Inhaltsstoffen. 180 x.

Tafel IV

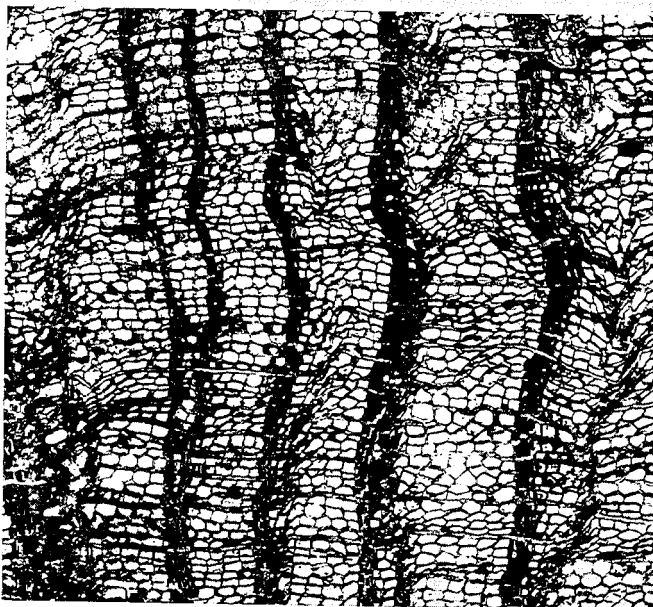
- Fig. 1 Waldkirch; Inventar-Nr. 1963 XXIV 120. — Tangentialschliff mit einreihigen Markstrahlen und Holzparenchymzellen; Horizontalwände glatt. 180 x.
Fig. 2 Waldkirch; Inventar-Nr. 1963 XXIV 120. — Radialschliff mit Kreuzungsfeldtöpfeln und radialen Tracheidenhoftöpfeln. 180 x.
Fig. 3 Mettenhausen; Inventar-Nr. 1963 XXIV 117. — Querschliff mit mehreren Zuwachszonen. 27 x.
Fig. 4 Mettenhausen; Inventar-Nr. 1963 XXIV 117. — Querschliff mit Zuwachszonen an schlecht erhaltener Stelle. 27 x.

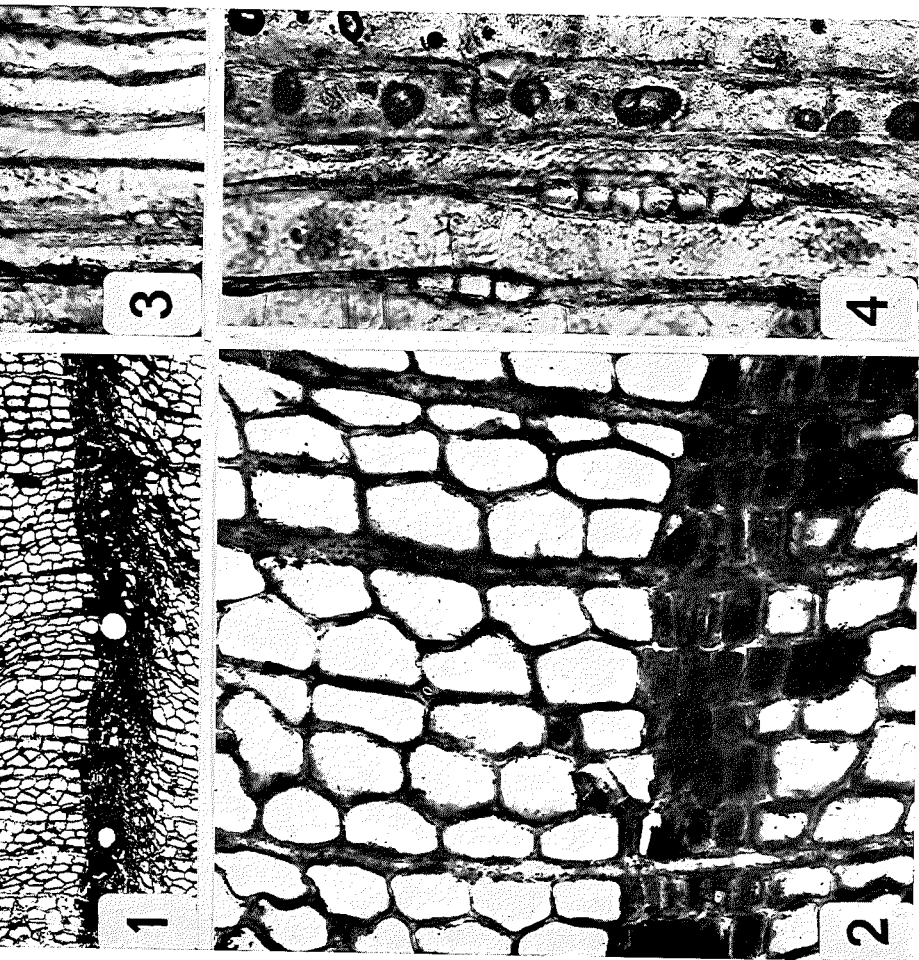


Taf. II

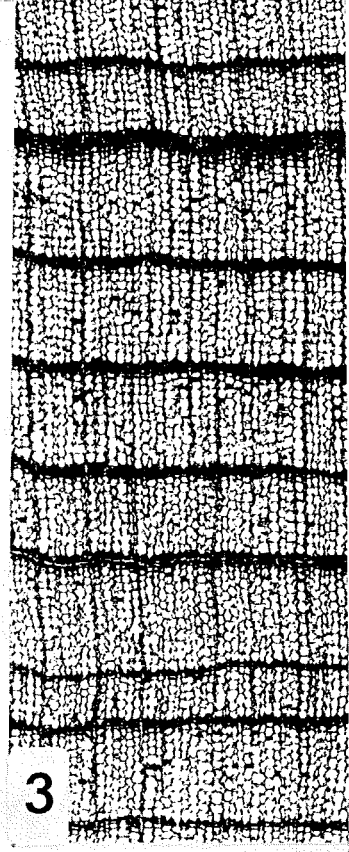
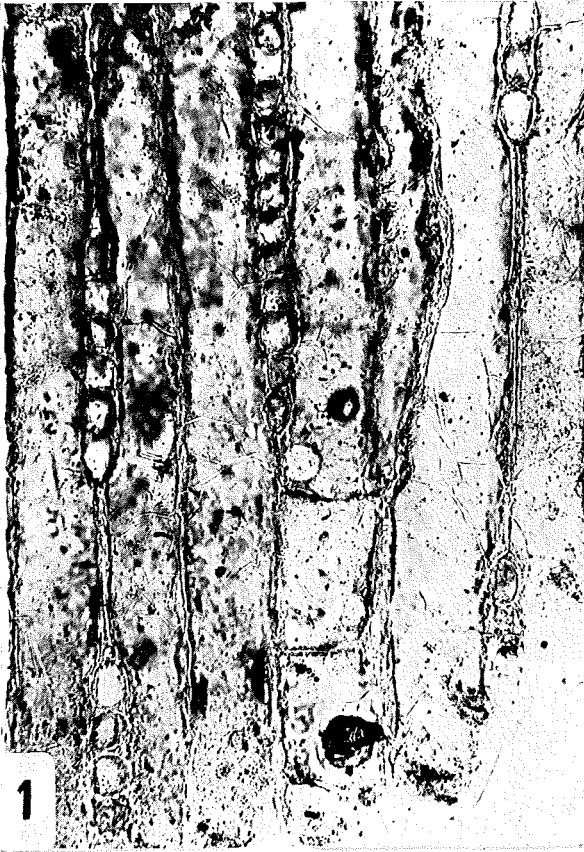


Taf. III





Taf. IV



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora](#)

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: [43](#)

Autor(en)/Author(s): Selmeier Alfred

Artikel/Article: [Verkieselte Sequoia-Hölzer, Taxodioxylon gypsaceum \(Göpp.\) Kräusel, aus jungtertiären Schichten Südbayerns 109-126](#)