

Zur Anatomie des Fichtenholzes

Rasterelektronenmikroskopische Bildtafeln

Zuerst veröffentlicht in: Holz-Zentralblatt, 2012, 138. Jg., Nr. 17, S. 451, 452

Von Michael Rosenthal*, Ernst Bäucker*, Tharandt

*Dr.-Ing. Michael Rosenthal und Dipl.-Forsting. Ernst Bäucker sind wissenschaftliche Mitarbeiter an der Professur für Forstnutzung der TU Dresden

Die Anatomie des Holzes stellt eine entscheidende Einflussgröße bei einer Vielzahl holztechnologischer Prozesse dar. Ihr Einfluss auf die Tränkbarkeit von Holz und der Bau der Nadelholzzellwand wurden bereits vorgestellt. Der folgende Beitrag soll mit Hilfe rasterelektronenmikroskopischer Bildtafeln den anatomischen Bau des Holzes der Gattung *Picea* anschaulich vermitteln.

Allgemeines

Bei der Gemeinen Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) handelt es sich um einen 30 ... 50 m hohen Nadelbaum mit Verbreitungsschwerpunkt in Mittel-, Ost- und Nordeuropa bzw. Nordasien. Sie gehört zu den holzwirtschaftlich bedeutendsten Baumarten Europas. Holzanatomisch sind die einzelnen Arten der Gattung *Picea* nur schwer voneinander unterscheidbar.

Querschnitt

Die Längstracheiden sind im Querschnitt in radialen Reihen angeordnet, die parallel zu den Holzstrahlen (Abb. 1a, d *hs*) verlaufen. Die Jahrringgrenze ist deutlich ausgebildet: Spätholztracheiden (Abb. 1a *sh*) mit dickeren Zellwänden und kleineren radialen Durchmesser sind deutlich von weitleumigen Frühholztracheiden (Abb. 1a *fh*) unterschieden. Innerhalb der Jahrringe erfolgt ein allmählicher Übergang vom Früh- zum Spätholz. Die letzten Tracheidenreihen des Spätholzes sind radial stark abgeflacht.

Frühholztracheiden sind in den Radialwänden stark getüpfelt (Abb. 1a *ht*, 1b). Die Tüpfel bestehen aus einer Tüpfelmembran (Abb. 1b *tm*) und einem Tüpfelhohlräum. Frühholz-Hoftüpfel besitzen einen von der Randwulst (*rw*) überwölbten Tüpfelhohlräum, der sich lumenseitig als Hof abzeichnet. Die Öffnung in das Zelllumen wird als Porus (*po*) bezeichnet. Bei einem Tüpfelverschluss liegt die Tüpfelmembran an einem der zwei Pori an (Abb. 1b, rechts). In den letzten Spätholzzellreihen treten Hoftüpfel zumeist in den Tangentialwänden auf (Abb. 1c). Die Pori sind hier in Form von Tüpfelkanälen (*tk*) angelegt; ein sich auf der Zellwandinnenseite abzeichnender Hof fehlt.

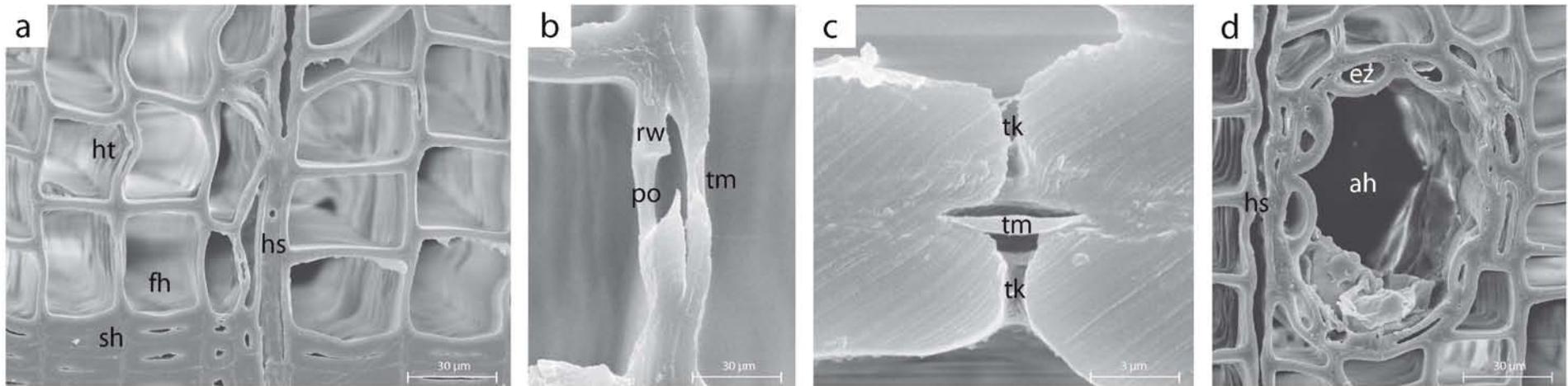


Abbildung 1a-d: Querschnitt von *Picea abies* gekennzeichnet durch den Wechsel von Früh- und Spätholz (1a *fh*, *sh*), radial orientierte Holzstrahlen (*hs*), Hoftüpfel (*ht*) im Früh- (1b) und Spätholz (1c) bestehend aus Randwulst (*rw*), Tüpfelmembran (*tm*) und Tüpfelkanal (*tk*) bzw. Porus (*po*) und axiale Harzkanäle (1d *ah*), die von Epithelzellen (*ez*) umschlossen sind

Axiale Harzkanäle (Abb. 1d *ah*) treten v.a. im Spätholz und im Übergangsbereich zum Frühholz auf, im Querschnitt sind sie kreisförmig oder elliptisch. Die umgrenzenden Epithelzellen (*ez*) sind relativ dickwandig. Längsparenchym ist zumeist fehlend.

Tangentialschnitt

Der Tangentialschnitt ist im Wesentlichen durch längs angeschnittene Tracheiden und quer angeschnittene Holzstrahlen (Abb. 2a *hs*) gekennzeichnet. Die Holzstrahlen sind einreihig mit einer durchschnittlichen Holzstrahlhöhe von 10 ... 15 Zellen. Sie können Harzkanäle (Abb. 2a, d *rh*) enthalten, die meist zentrisch gelegen sind. In deren Umfeld sind die Holzstrahlen mehrreihig. Die Strahlparenchymzellen (Abb. 2e *sp*) sind untereinander mit einfachen Tüpfeln verbunden (Abb. 2f *et*). Zwischen den Zellen treten häufig Interzellularen auf (*iz*). Einseitig behöftete Kreuzungsfeldtüpfel (Abb. 2e *kt*) stellen die Verbindung zu den Längstracheiden dar.

Die Hoftüpfel im Frühholz sind durch kreisrunde Pori (Abb. 2b *po*, 3a) und ausgeprägte Randwülste (*rw*) gekennzeichnet. Im Spätholz tritt die Randwulst zurück. Der Porus der Spätholz-Hoftüpfel (Abb. 2c *po*) ist linsen- bis spaltförmig geformt, er überschreitet bisweilen den Hofrand.

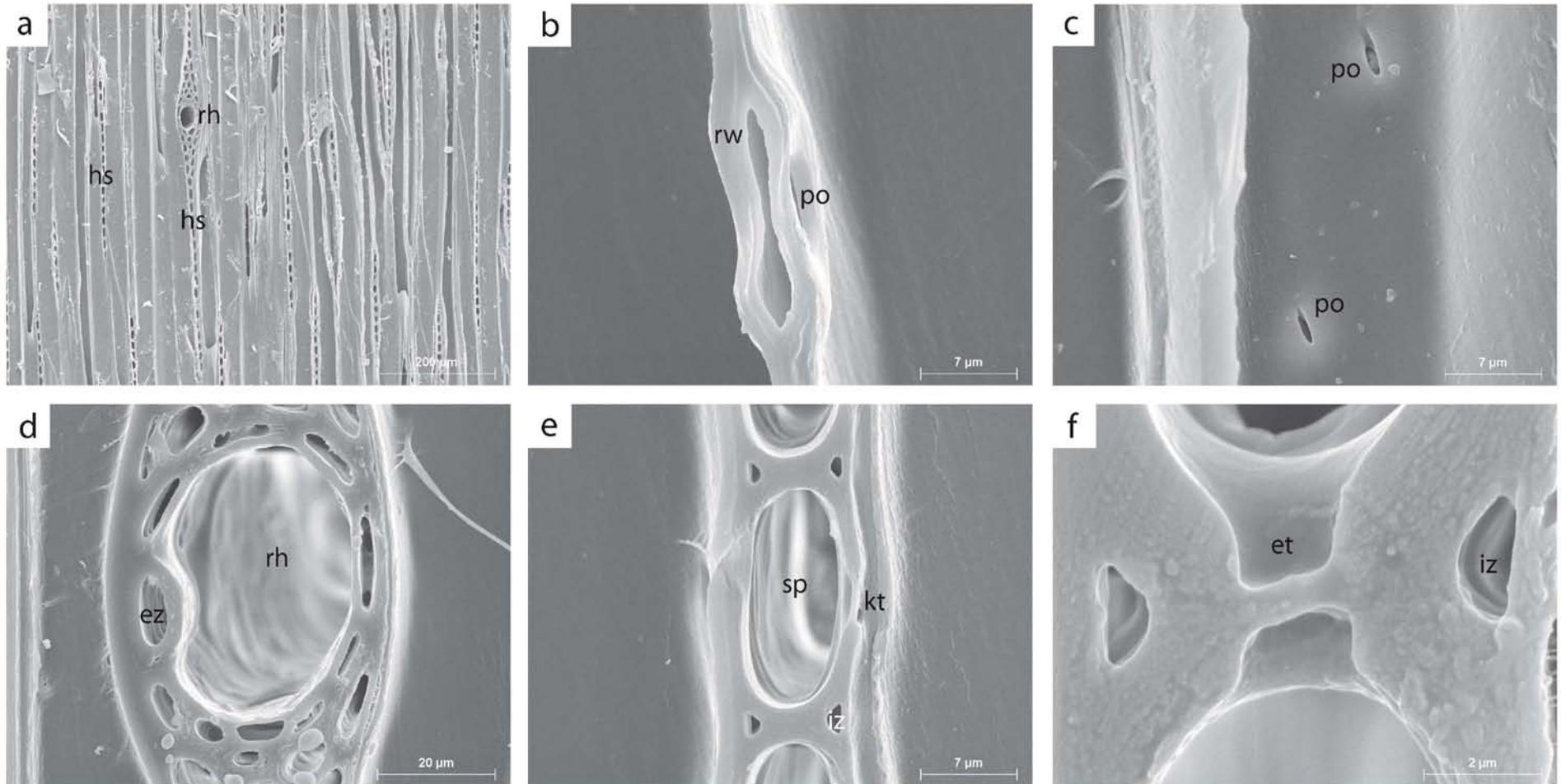


Abbildung 2a-f: Tangentialschnitt von *Picea abies* mit von Holzstrahlen (2a *hs*) durchzogenem Tracheidengewebe, das im Früh- (2b) und Spätholz (2c) Hoftüpfel aufweist; Holzstrahlen von Strahlparenchym (2e *sp*) dominiert, dazwischen Interzellularen (2f *iz*), Strahlparenchym untereinander über einfache Tüpfel (2f *et*) und mit Längstracheiden über Kreuzungsfeldtüpfel (2e *kt*) verbunden, radiale Harzkanäle (2d *rh*) im Holzstrahl mittig angeordnet

Radialschnitt

Die Hoftüpfel in den Radialwänden der Längstracheiden (Abb. 3a (Frühholz)) treten zumeist einreihig auf. Selten sind Zwillingstüpfel zu finden (*zt*). Im Übergangsbereich zum Spätholz kommt es zu einer Modifikation der Tüpfelform: nach einer kreisrunden Porusöffnung erfolgt eine linsenförmige Erweiterung der Mündung, die deutlich über den Bereich des Tüpfels hinausragen kann (Abb. 3d).

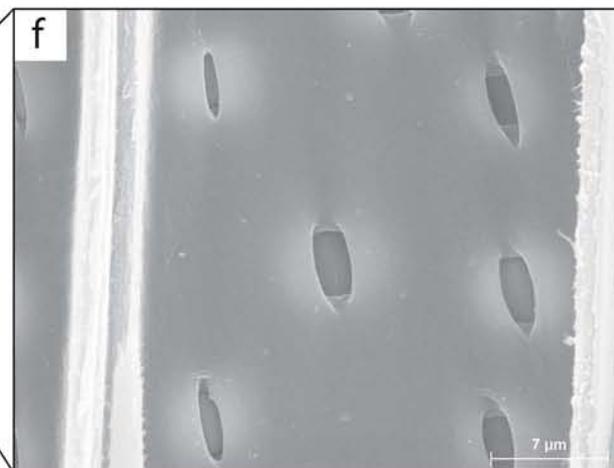
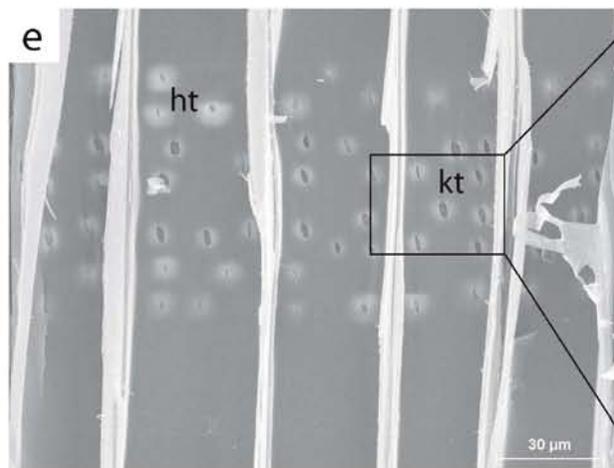
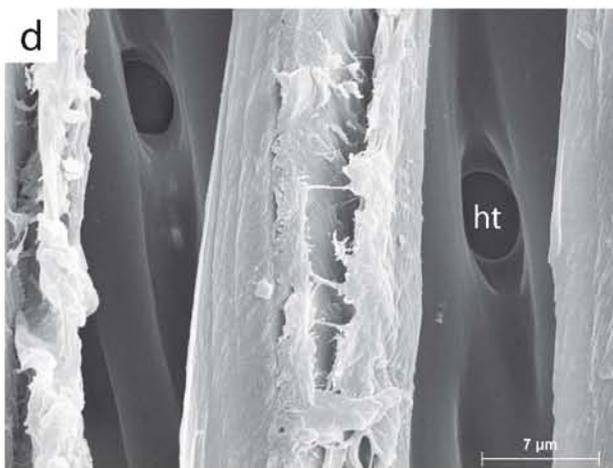
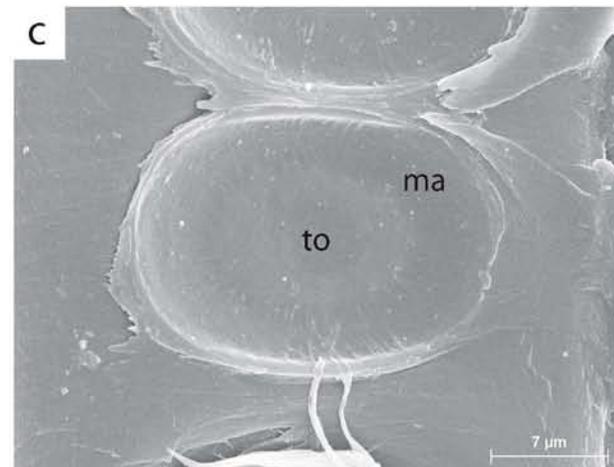
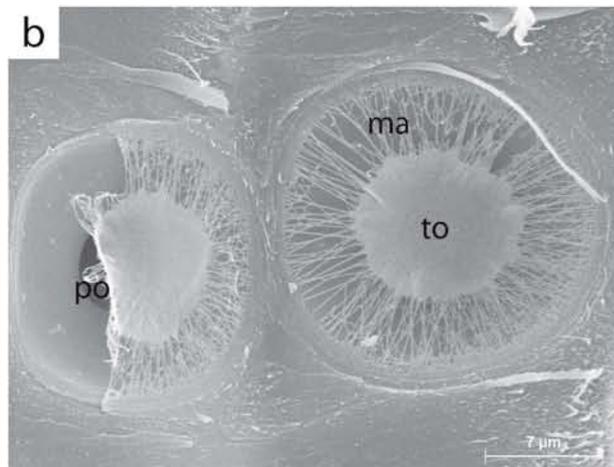
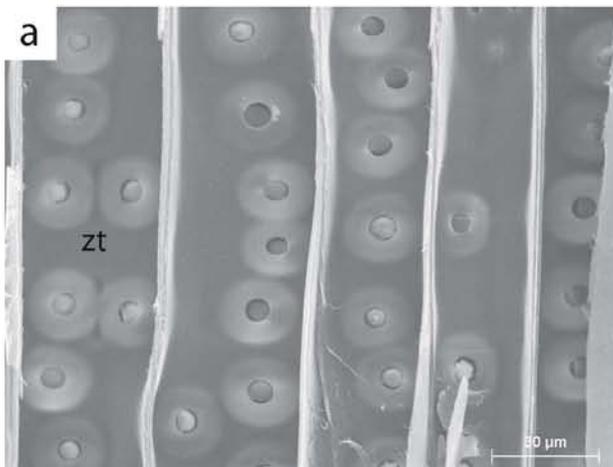
Die Tüpfelmembran der Hoftüpfel ist in einen verdickten, kreisförmigen Torus und eine netzartige Margo (Abb. 3b *to*, *ma*) differenziert. Im Zuge der Trocknung des Holzes legt sich der Torus an den Porus; infolge der Verkernung kommt es zu einer Inkrustierung mit amorphen Substanzen (Abb. 3c).

Der Bau der Holzstrahlen ist zumeist heterozellular. Neben dem Strahlparenchym (Abb. 3h *sp*) sind ein oder zwei Reihen randständiger oder zwischengelagerter Strahltracheiden (*st*) zu finden. Infolgedessen kommen in der Kontaktzone zwischen Längstracheiden und Holzstrahl zwei Arten von Tüpfeln vor: Hoftüpfel zwischen Längs- und Strahltracheiden (Abb. 3e *ht*) und einseitig behöfte Tüpfel (Kreuzungsfeldtüpfel) zwischen Längstracheiden und Strahlparenchym (Abb. 3e, f, g *kt*). Die Hoftüpfel zwischen Längs- und Strahltracheiden sind entsprechend der geringeren Durchmesser der Strahltracheiden kleiner als die Hoftüpfel zwischen zwei Längstracheiden. In ihrer Gestalt ähneln sie letzteren: Vom Zelllumen aus betrachtet sind sie durch einen von einem Hof umgebenen Porus gekennzeichnet (Abb. 3e).

Die Kreuzungsfeldtüpfel bei *Picea spec.* entsprechen zumeist (im Spätholz stets) dem piceoiden Typ (Abb. 3e, f (Frühholz) bzw. 3g (Übergang zum Spätholz)): schlitzförmige, den Hofumriss oft leicht überschreitende Tüpfelmündungen, deren Breite geringer ist als die der Randwulst. Im Frühholz können daneben cupressoide Tüpfel mit breiteren Tüpfelmündungen auftreten. Die Anzahl der Tüpfel je Kreuzungsfeld liegt meist bei 2 ... 4.

Abb. 3j zeigt beide Arten der Tüpfelung in der Ebene der Mittellamelle, die Jahrringgrenze befindet sich in Bildmitte. Die oberen zwei Zellreihen Strahlparenchym (*sp*) zeigen die Membranen und die unteren zwei die schlitzförmigen Mündungen der Kreuzungsfeldtüpfel. Interzellularen (*iz*) durchziehen den Zellzwischenbereich. In den randständigen Strahltracheiden (*st*) sind die Pori und die Membranen der Hoftüpfel zu erkennen.

Abb. 3h, 3i, 3k, 3l und 3m zeigen eine bei 600°C behandelte Probe. Das thermisch bedingte spröde Bruchverhalten erleichtert eine rasterelektronenmikroskopische Charakterisierung gewisser Zellstrukturen innerhalb der Holzstrahlen. Zu erkennen ist, dass die Zellwände der Strahltracheiden dünnwandiger sind als die des Strahlparenchyms. Ihr Verlauf ist wellig. Im Gegensatz zum Parenchym besitzen sie lumenseitig eine glatte Oberfläche (Abb. 3h). Die Wände zwischen Strahlparenchymzellen sind reichlich von einfachen Tüpfeln (*et*), bestehend aus Tüpfelkanal (*tk*) und Tüpfelmembran (*tm*), durchbrochen (Abb. 3i); insbesondere die tangentialen Zellwände (Abb. 3m) erscheinen dadurch „zahnradartig“ bzw. „geknotelt“. Auf den radialen Wandflächen sind die Kreuzungsfeldtüpfel als Vertiefungen zu erkennen (Abb. 3i). Angrenzend zu Strahltracheiden treten einseitig behöfte Tüpfel auf (Abb. 3l), die auf der Parenchymseite der Tüpfelmembran (*tm*) einen Tüpfelkanal (*tk*) und auf der Tracheidenseite einen von einer Randwulst (*rw*) überwölbten Hohlraum aufweisen. Der Bau der Tüpfel (*ht*) zwischen Strahltracheiden (Abb. 3k) ähnelt dem der Hoftüpfel zwischen Frühholztracheiden.



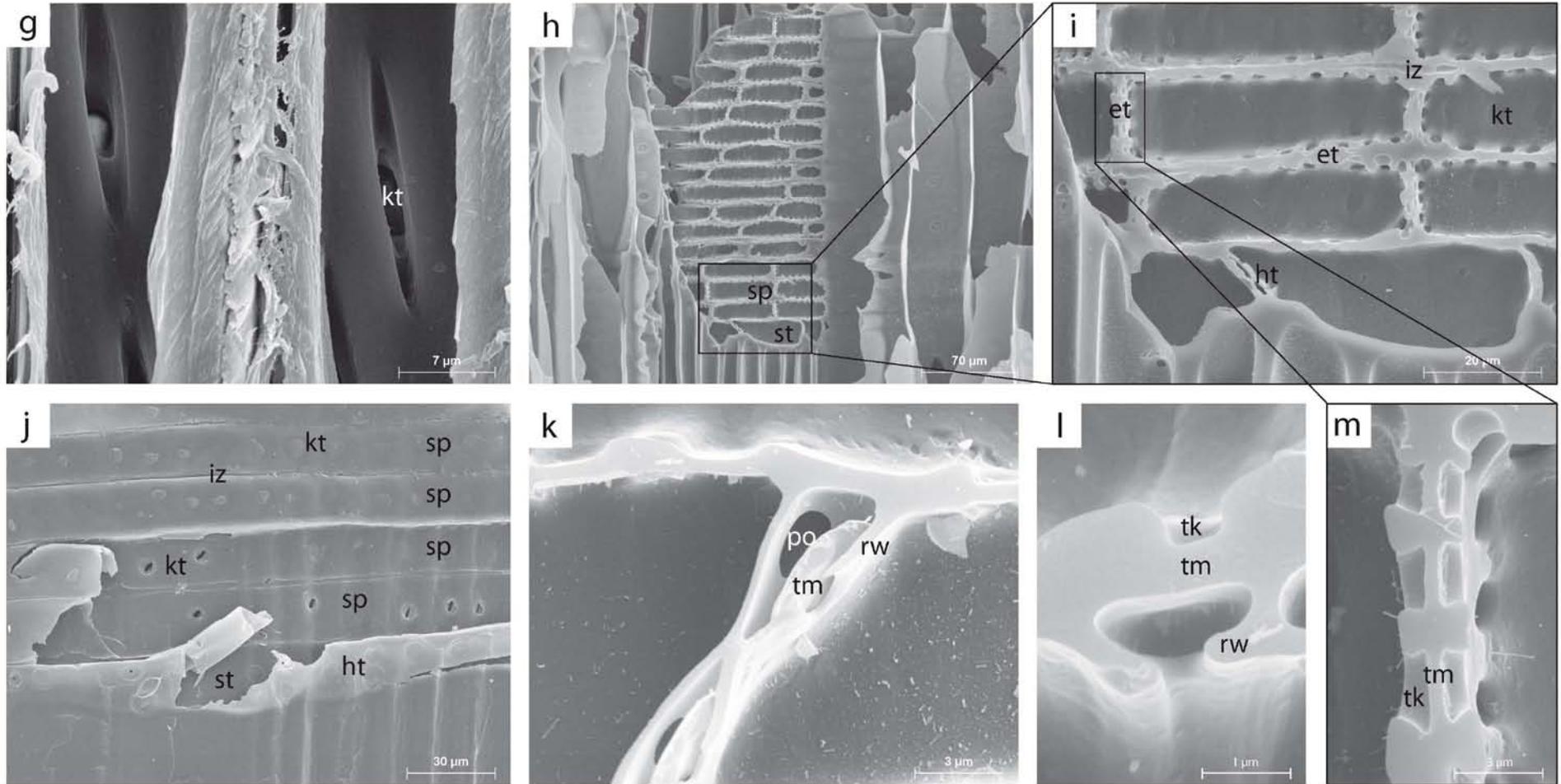


Abbildung 3a-m: Radialschnitt von *Picea abies*, Hoftüpfel im Frühholz (3a, b, c) und im Übergangsbereich zum Spätholz (3d) meist einreihig, Zwillingtüpfel (zt) selten; Tüpfelmembran (3b) bestehend aus Torus (to) und Margo (ma), im Kernholz (3c) inkrustiert; Kreuzungsfeldtüpfel zwischen Längstracheiden und Strahlparenchym im Früh- (3e, f) und Spätholz (3g); zwischen Zellen des Strahlparenchyms (3h, i) sp einfache Tüpfel (et, 3m zeigt Tüpfelmembran (tm) und Tüpfelkanal (tk)); in den an Strahltracheiden (st) angrenzenden Zellwänden einseitig behöfete Tüpfel (3l); Hoftüpfel (ht) zwischen Strahltracheiden (3k) bzw. zwischen Strahl- und Längstracheiden (3e, j)

Literatur

Fengel, D; Wegener, G. (1989): Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter, Berlin & New York

Greguss, P. (1955): Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen. Akadémiai Kiadó, Budapest

Grosser, D. (1977): Die Hölzer Mitteleuropas. Ein mikrophotographischer Lehratlas. Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg & New York

Liese, W.; Dujesiefken, D. (1986): Das Holz der Fichte. In Schmidt-Vogt, H.: Die Fichte. Bd. II/1 Wachstum, Züchtung, Boden, Umwelt, Holz. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin

Ohtani, Jun (2000): Wood Micromorphology. An Atlas of Scanning Electron Micrographs. Hokkaido University Press

Schweingruber, F. H. (1990): Anatomie europäischer Hölzer. Verlag Paul Haupt, Bern & Stuttgart

Wagenführ, R. (2007): Holzatlas. 6. Aufl. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München

Die Autoren bedanken sich herzlich bei Rudi Wagenführ und Walter Liese für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Zum Thema Holzanatomie sind bereits folgende Beiträge erschienen:

- Holzaufbau und Tränkbarkeit. Holz-Zentralblatt, 136. Jg, Nr. 34, S. 852, 854
- Der Zellwandbau von Nadelholztracheiden. Holz-Zentralblatt, 138. Jg., Nr. 1, S. 10, 11

Beide Beiträge sind im Internet abrufbar unter: www.qucosa.de