

Willkommen
Welcome
Bienvenue



Fachseminare im Linzer Baumforum

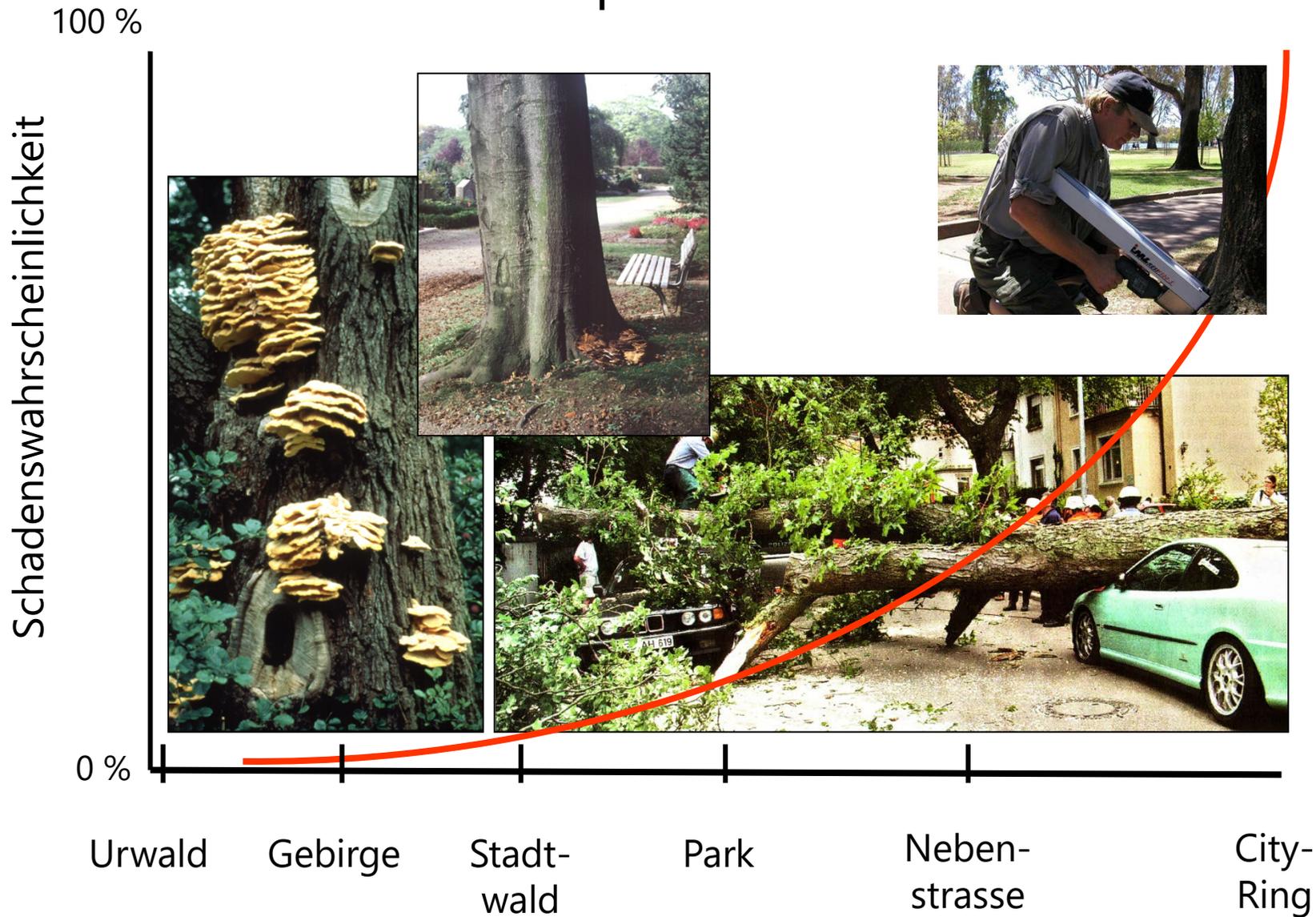
Angriff und Abwehr im lebenden Baum Teil 1

Linz | September 2018

Prof. Dr. Francis W.M.R. Schwarze



Schadenswahrscheinlichkeit auf unterschiedlich stark verkehrsexponierten Standorten



verändert nach Kucera & Niemz (1998)

Sind Stammverletzungen potentielle Eintrittspforten für holzzersetzende Pilze?



? %



? %



? %

Tilia platyphyllos



Materials Science & Technology

Sind Stammverletzungen potentielle Eintrittspforten für holzzeretzende Pilze?



? %



? %



? %

Aesculus hippocastanum



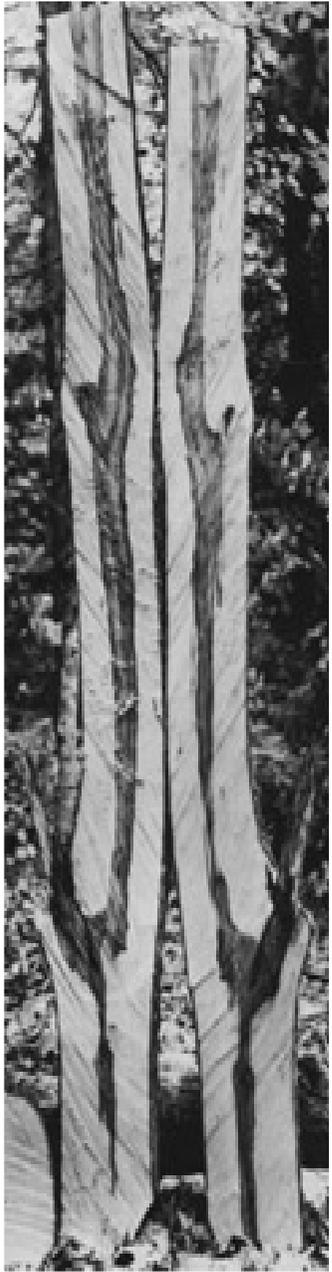
Materials Science & Technology

Holzzersetzungs-Dreieck



Die Länge der drei Seiten symbolisiert die Qualität der am Entstehen einer Holzzersetzung beteiligten Faktoren. Die Fläche des Dreiecks symbolisiert das Ausmaß der Holzzersetzung.

Wenn sich einer oder mehrere Faktoren ändern, dann verändert sich im Modell die Länge der betreffenden Seite und damit das Ausmaß der Dreiecksfläche.



COMPARTMENTALIZATION

EINGRENZUNG

OF

VON

DECAY
FÄULE

IN

IM

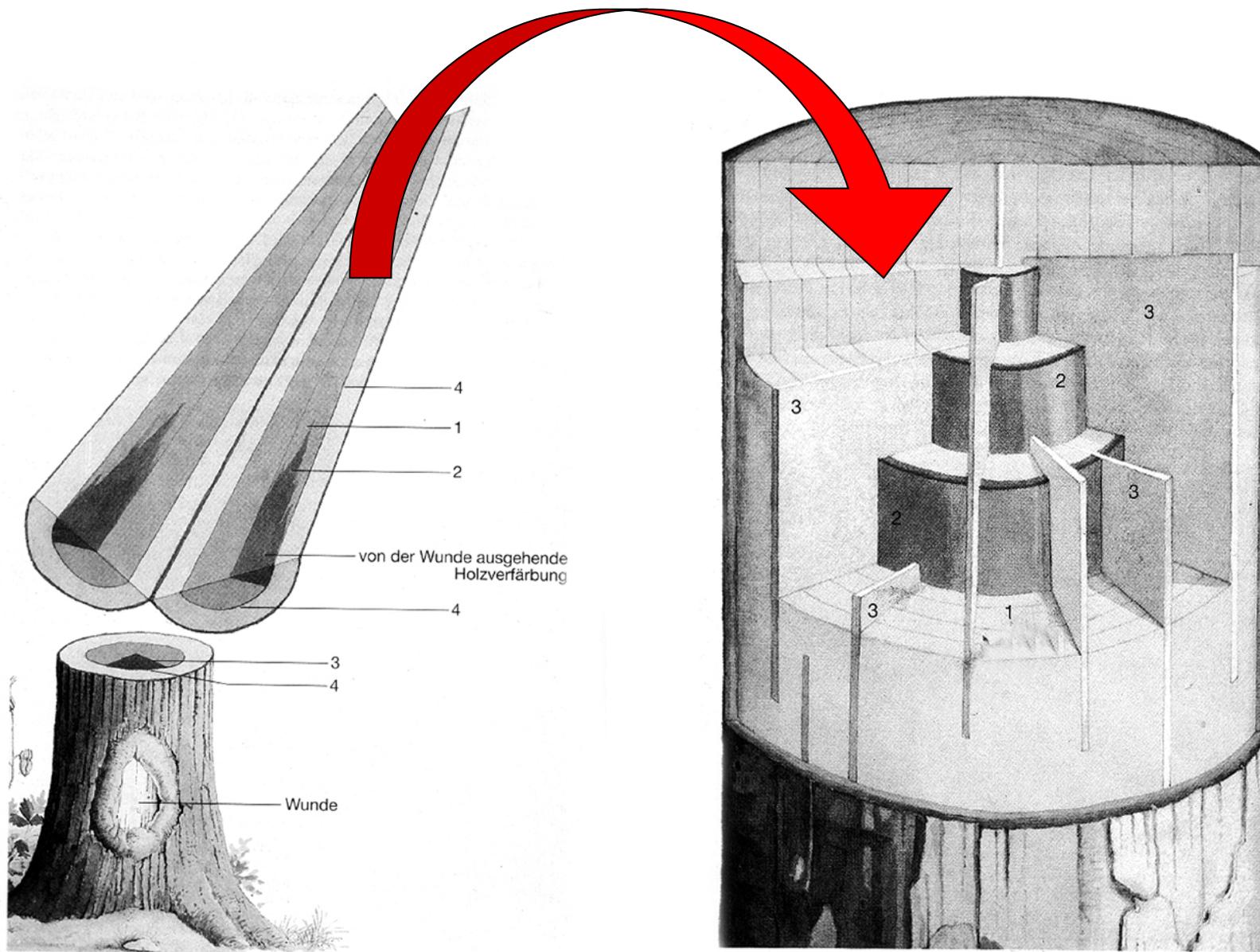
TREES

BAUM

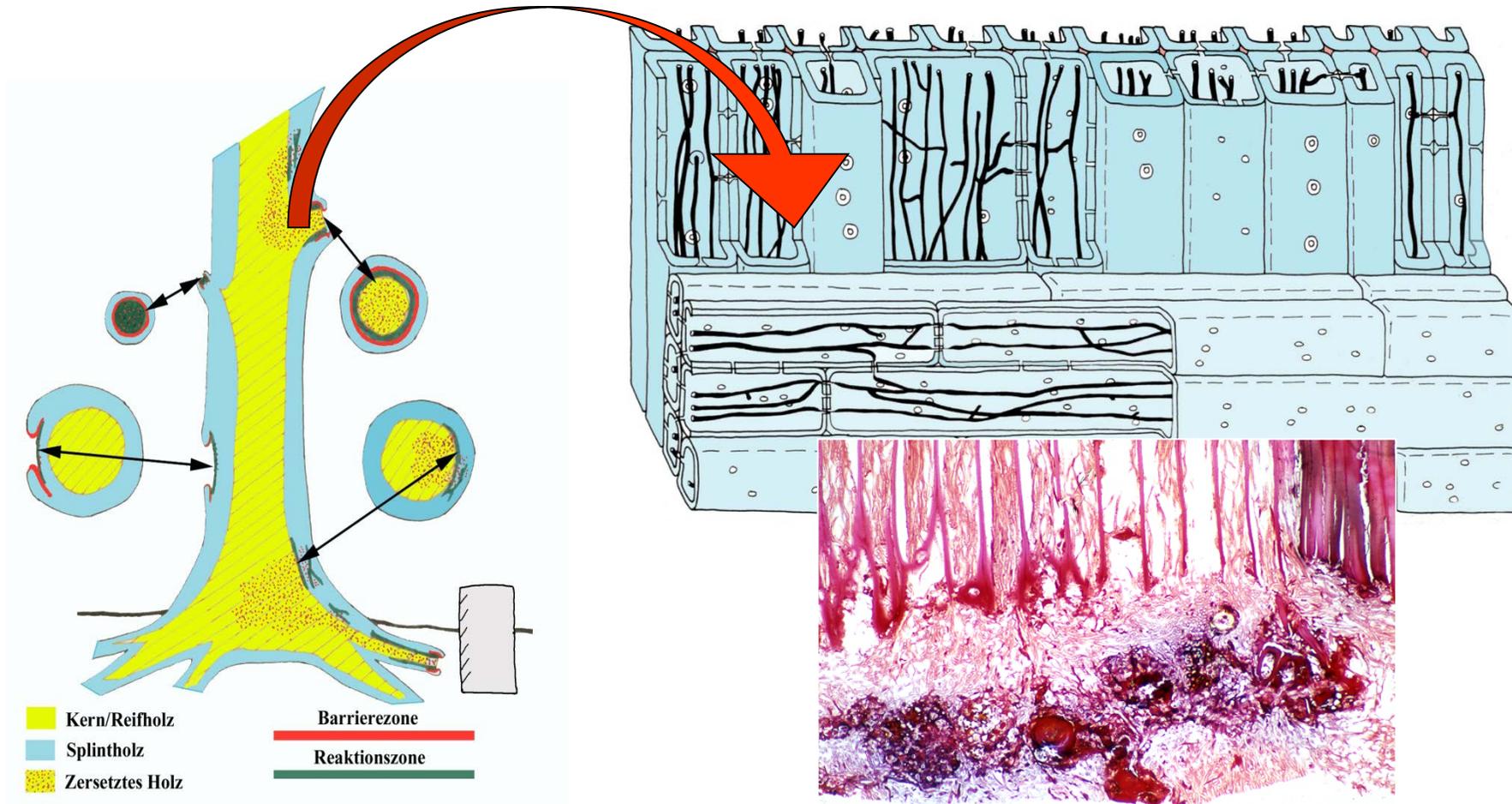


Shigo & Marx 1977

Das CODIT-Modell

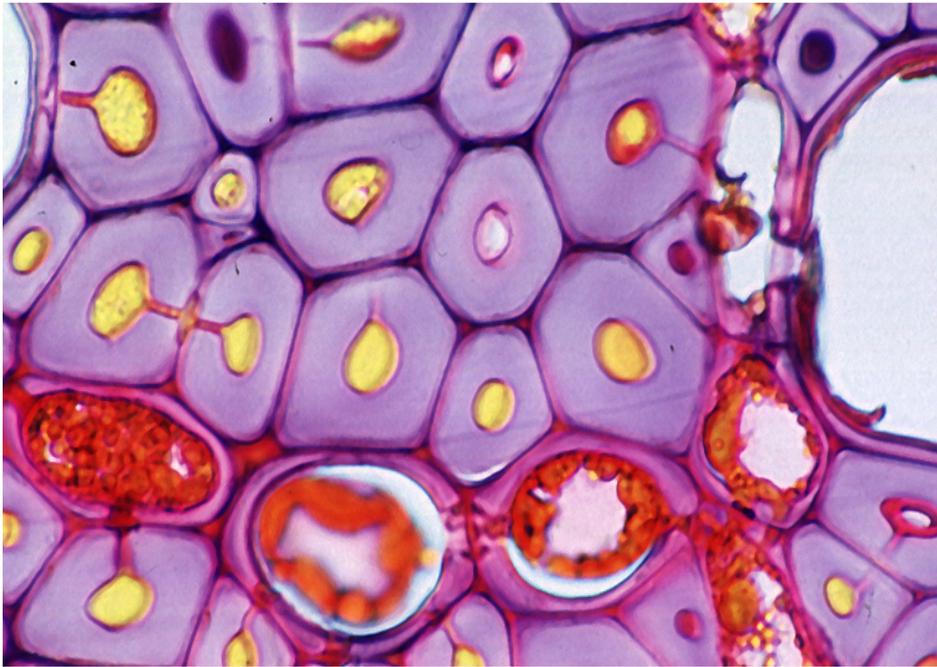


Holzbesiedlung durch Pilzhyphen

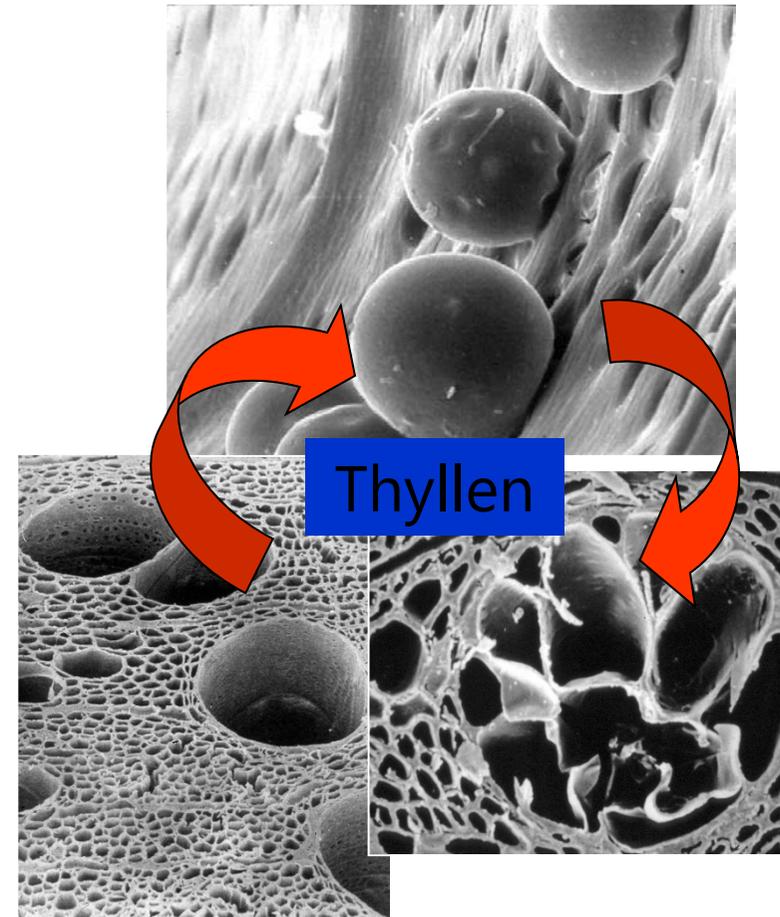


Im Kern- und Reifholz wachsen Hyphen stets entlang des Weges des geringsten Widerstandes

Wand 1 des CODIT-Modells



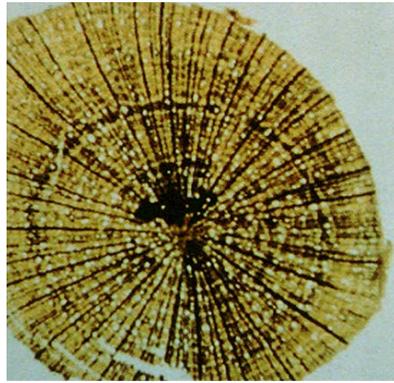
Polyphenole



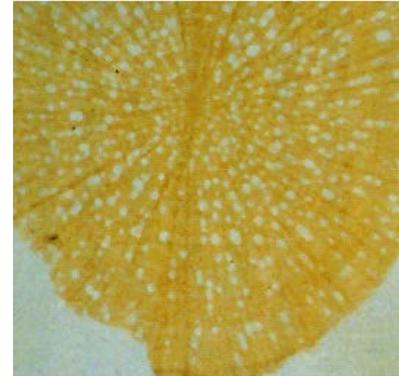
Axial Verschluss der Zellen, im Laubholz durch phenolische Einlagerungen, teilweise durch Thyllenbildung, im Nadelholz durch Verschluss der Hoftüpfel.

Schwarze, F.W.M.R. (2007). Wood decay under the microscope.
Fungal Biology Reviews 1, 133-170.

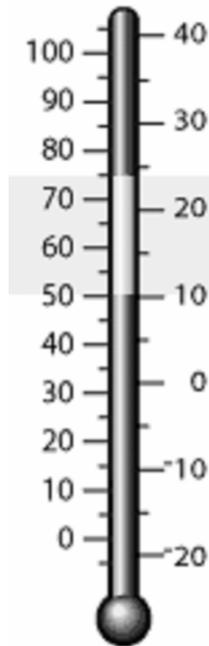
Stärkenachweis im Holz mit Lugol'sche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung)



Hohe
Energiereserven



Geringe
Energiereserven

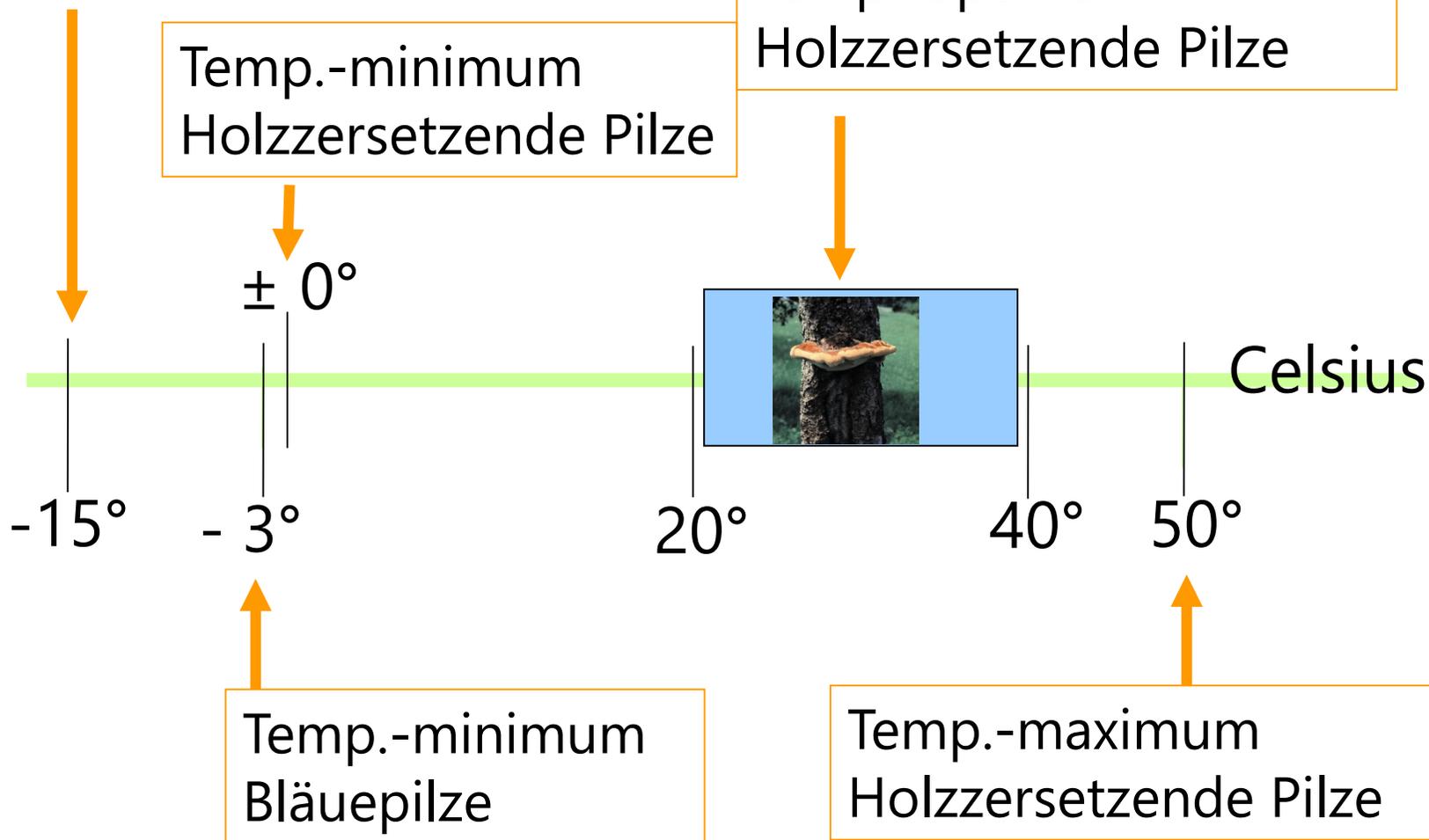


Temperatur

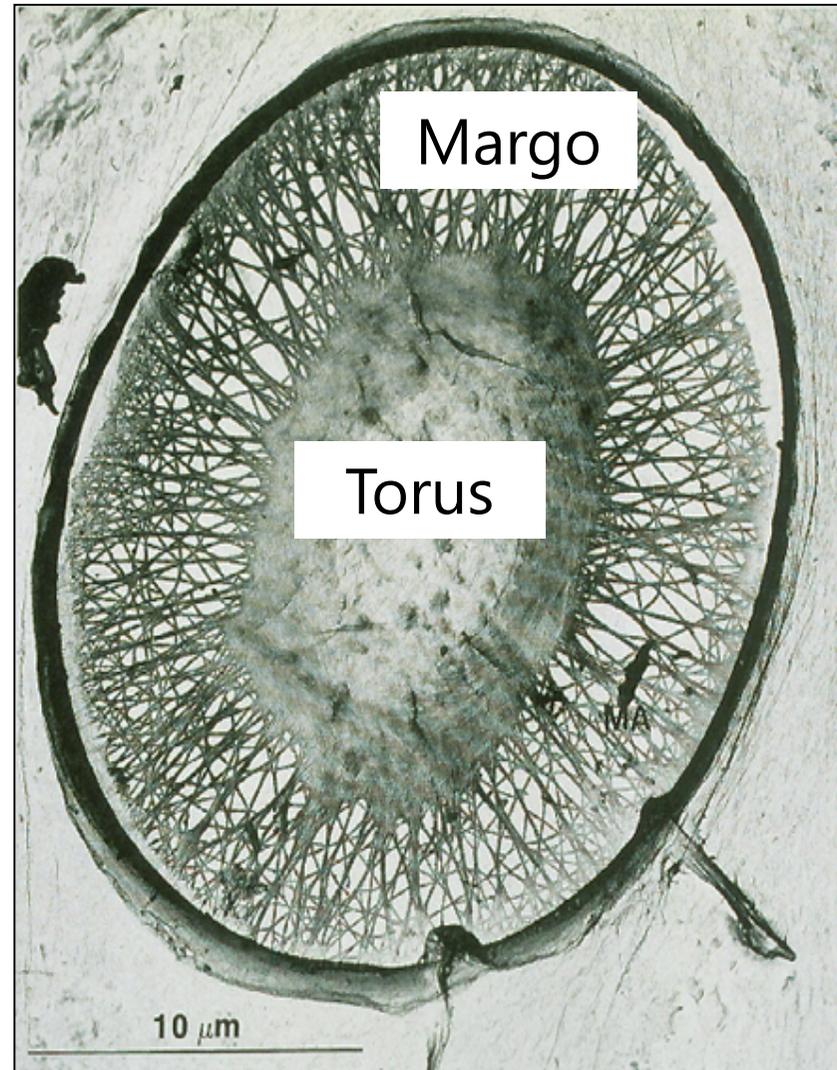
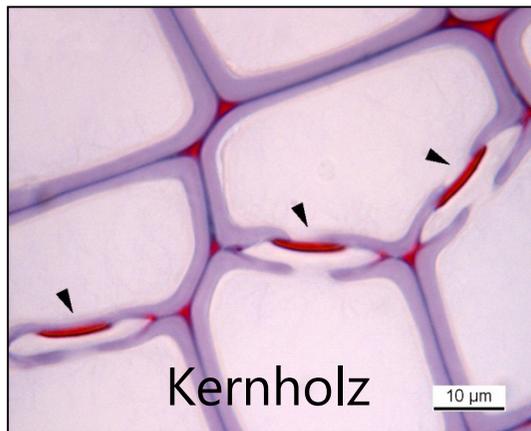
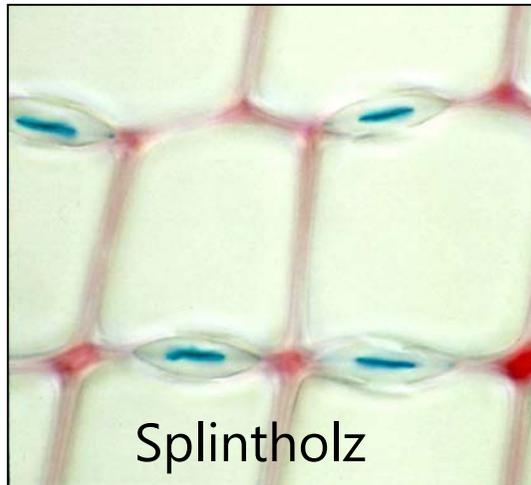
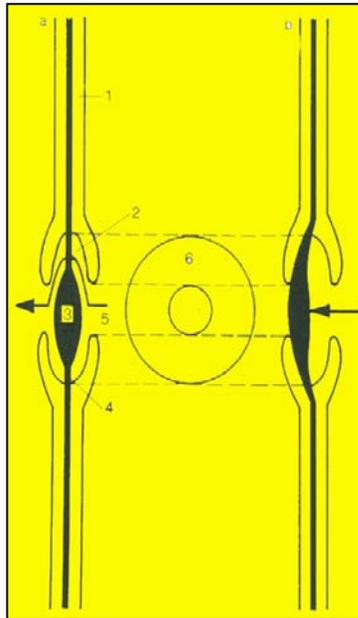
Temp.-minimum
Schimmelpilze

Temp.-minimum
Holzzeretzende Pilze

Temp.-optimum
Holzzeretzende Pilze

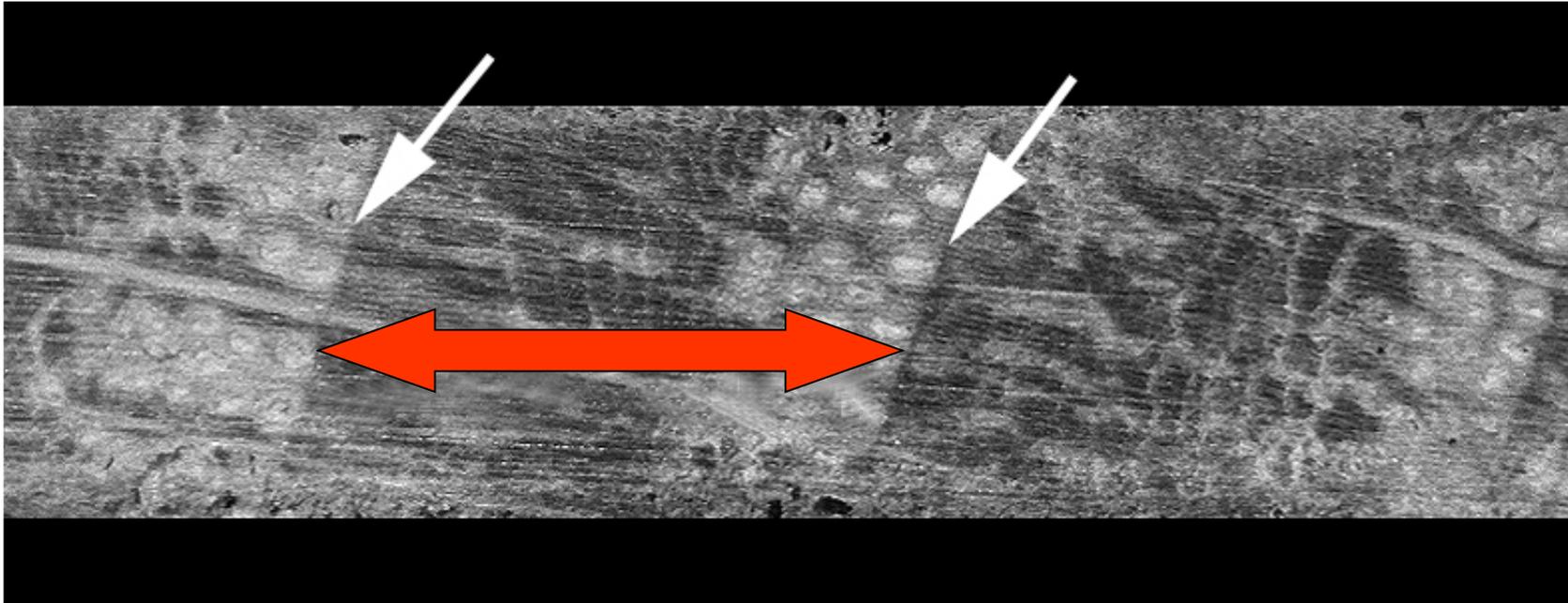


Verschluss von Hoftüpfeln



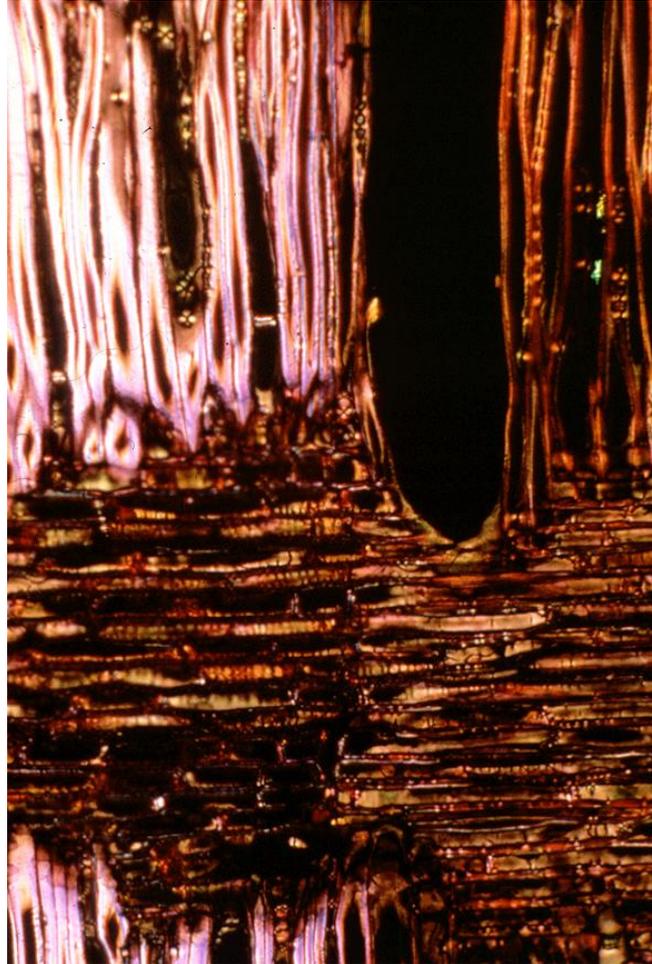
In Nadelbäume (Pinaceae) wird ein Lufteinbruch durch ein Verschluss der Hoftüpfel entgegen gewirkt.

Wand 2 des CODIT-Modells



Die Ausbreitung in **radialer Richtung** wird durch das Spätholz begrenzt. Oft sind die letzten Zellreihen stärker lignifiziert.

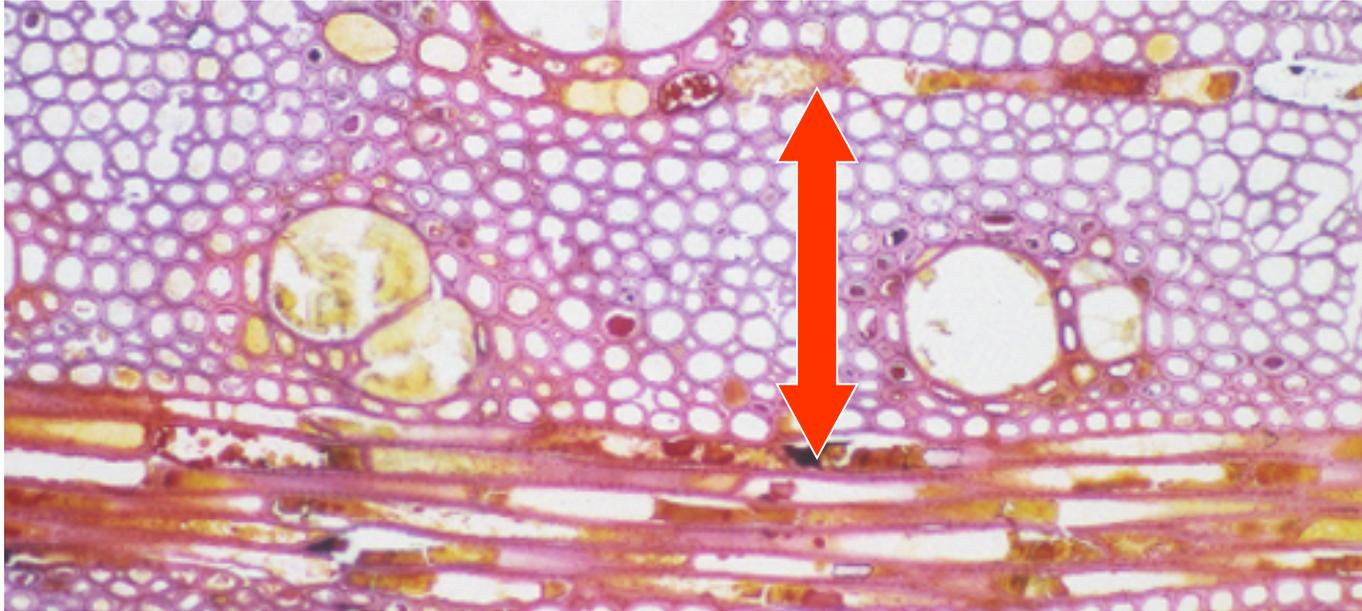
Einfluss des Ligningehalts auf Braunfäuleerreger



Stark lignifizierte Zellen werden durch Braunfäuleerreger verzögert abgebaut.

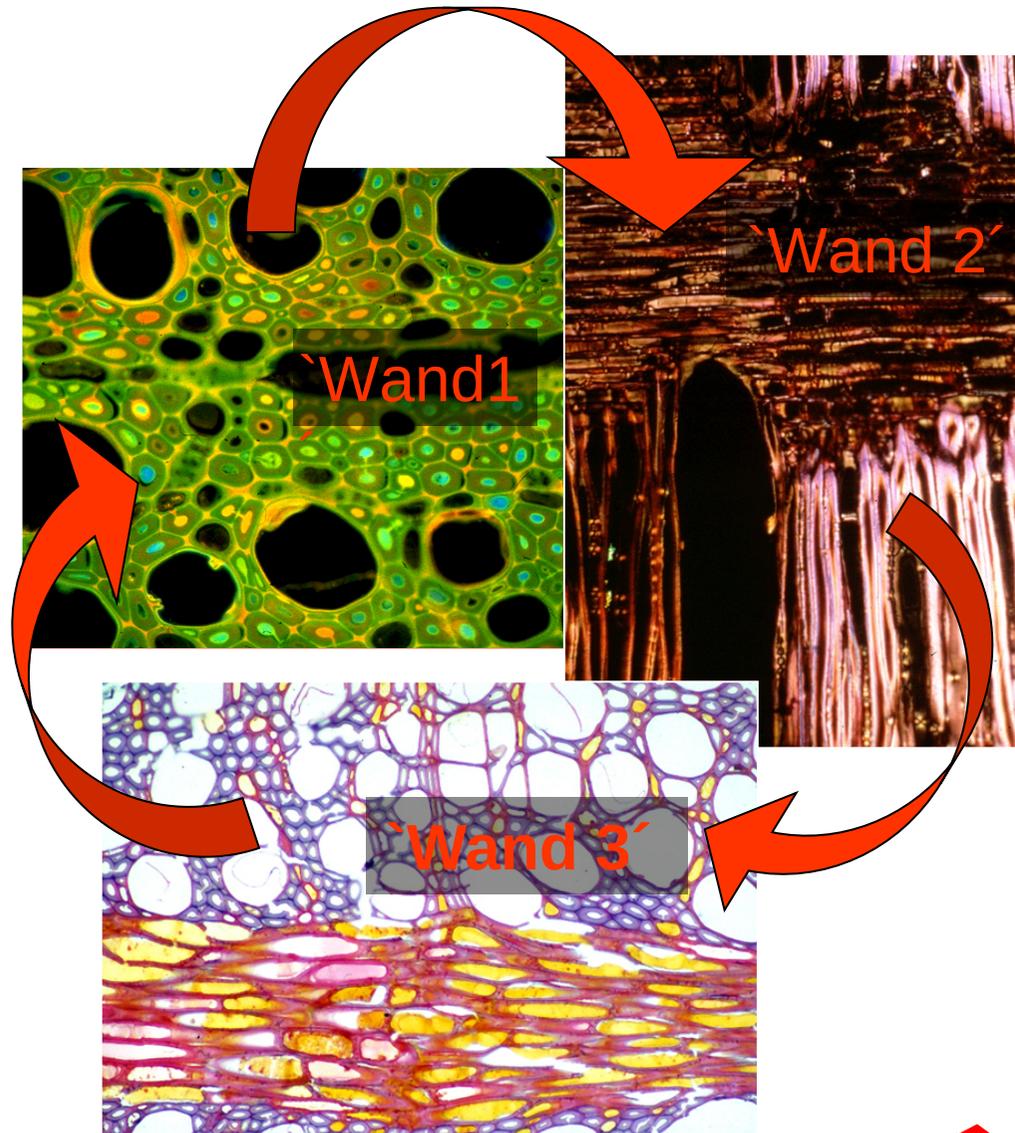
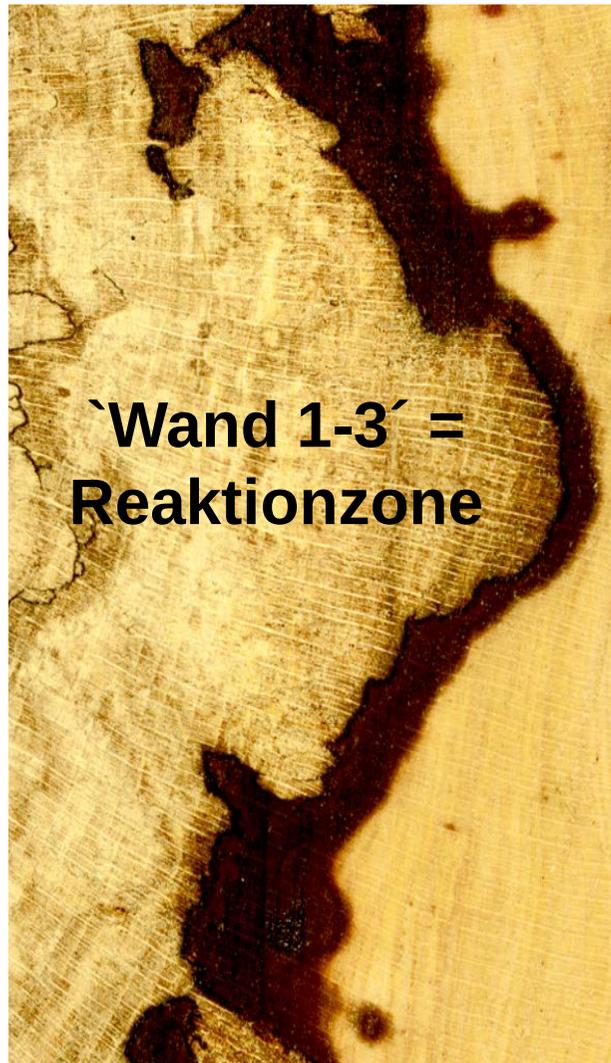
Schwarze et al. (2003). Mycol. Progress 2, 267- 274.

Wand 3 des CODIT-Modells



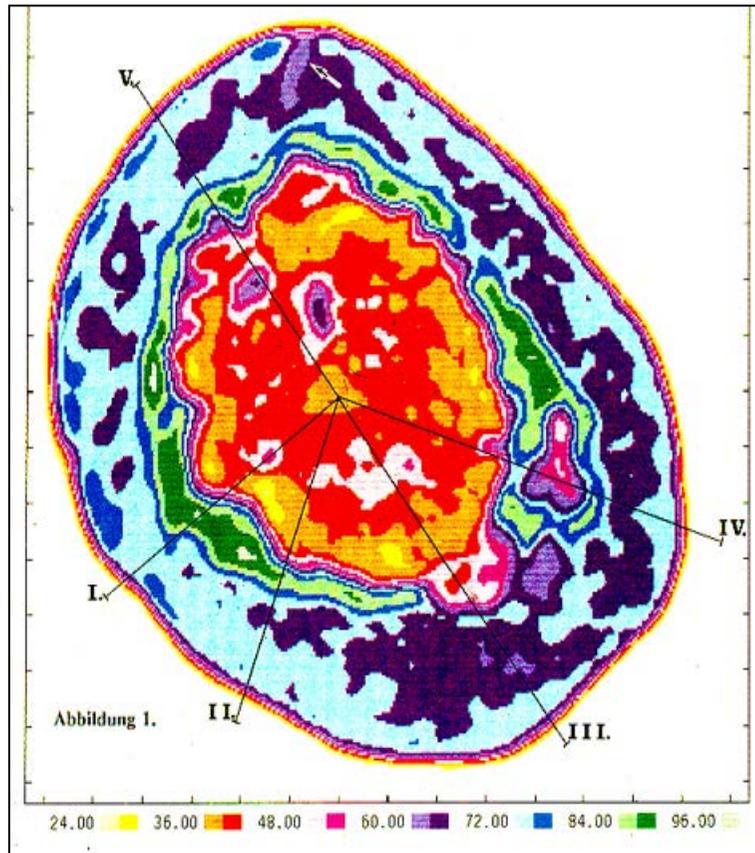
In tangentialer Richtung können die lebenden Parenchymzellen in den Holzstrahlen des Splintholzes die Ausbreitung einer Fäule eindämmen, indem sie Abwehrstoffe einlagern.

Makro- und mikroskopische Erscheinung der Reaktionszone



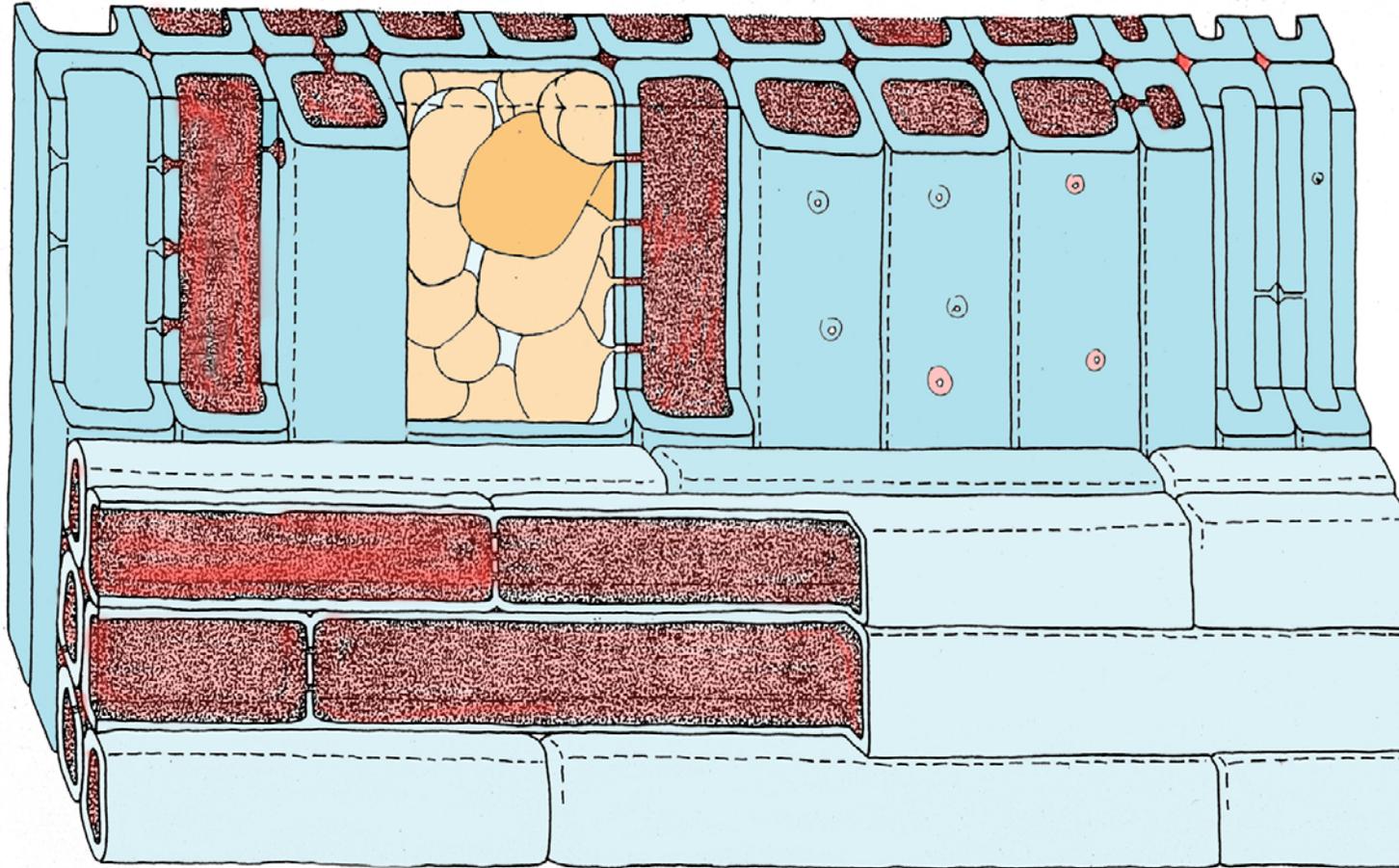
Schwarze, F.W.M.R. (2007). Wood decay under the microscope. Fungal Biology Reviews 1, 133-170.

CT-Aufnahme Ahorn / *Kretzschmaria deusta*



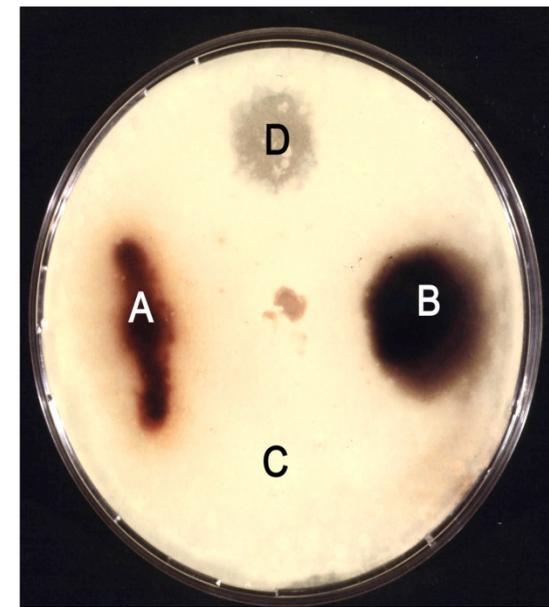
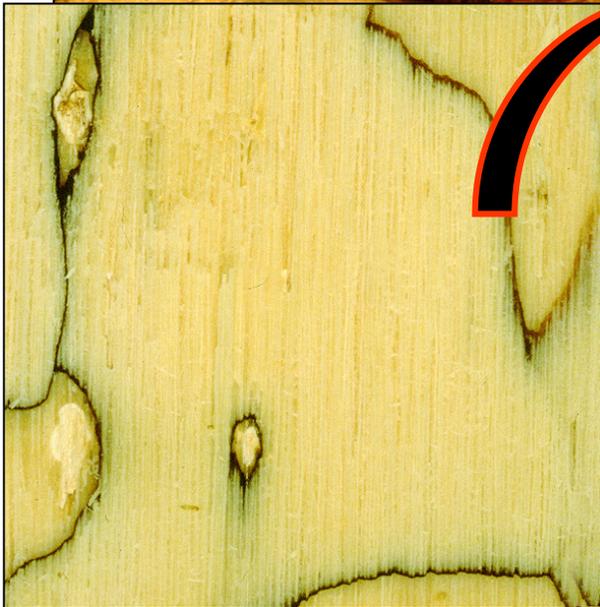
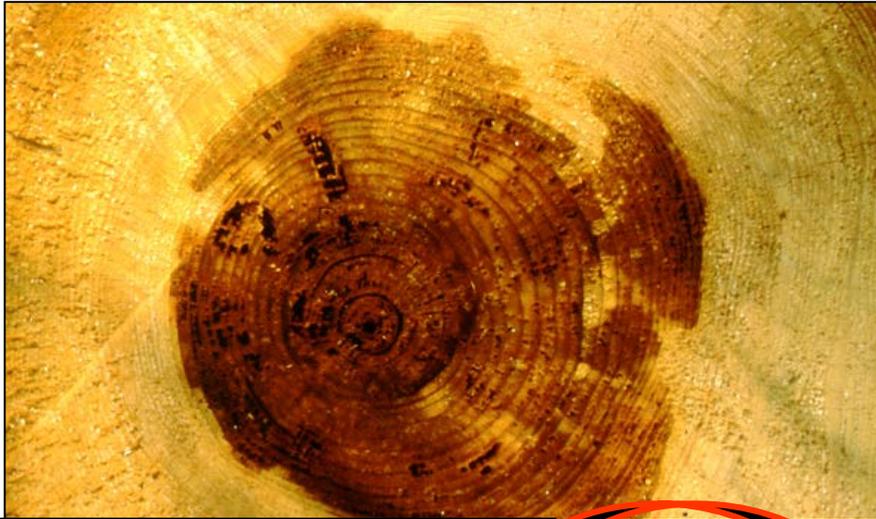
Innerhalb der Reaktionszone von Laubbäumen, wie Ahorn und Buche kann eine sehr hohe Holzfeuchte nachgewiesen werden.

Reaktionszonen - chemische und physikalische Modifikation des Holzgewebes



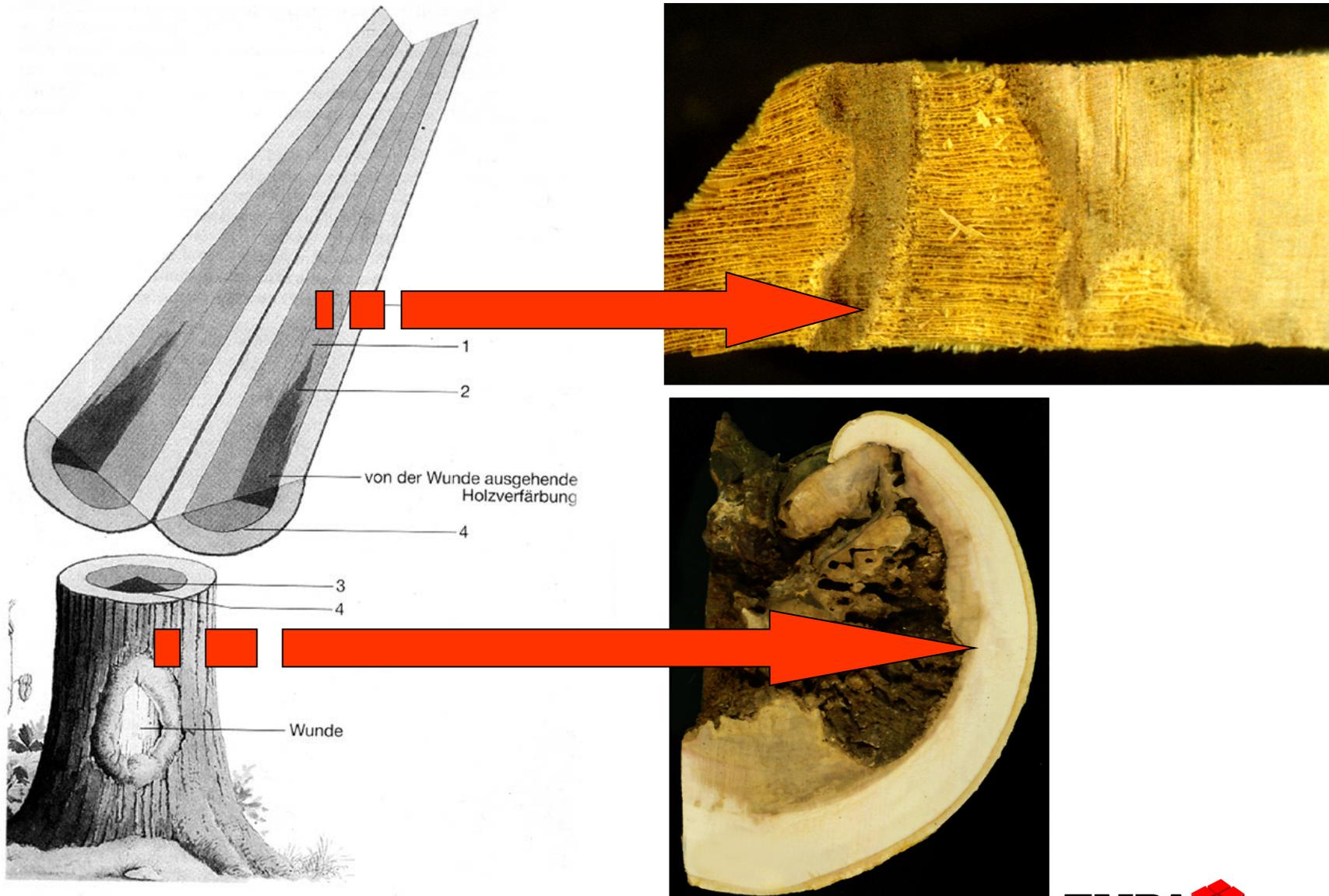
Schwarze & Baum (2001). *New Phytol.* 146, 129-140.

Grenzlinien sind keine Reaktionszonen

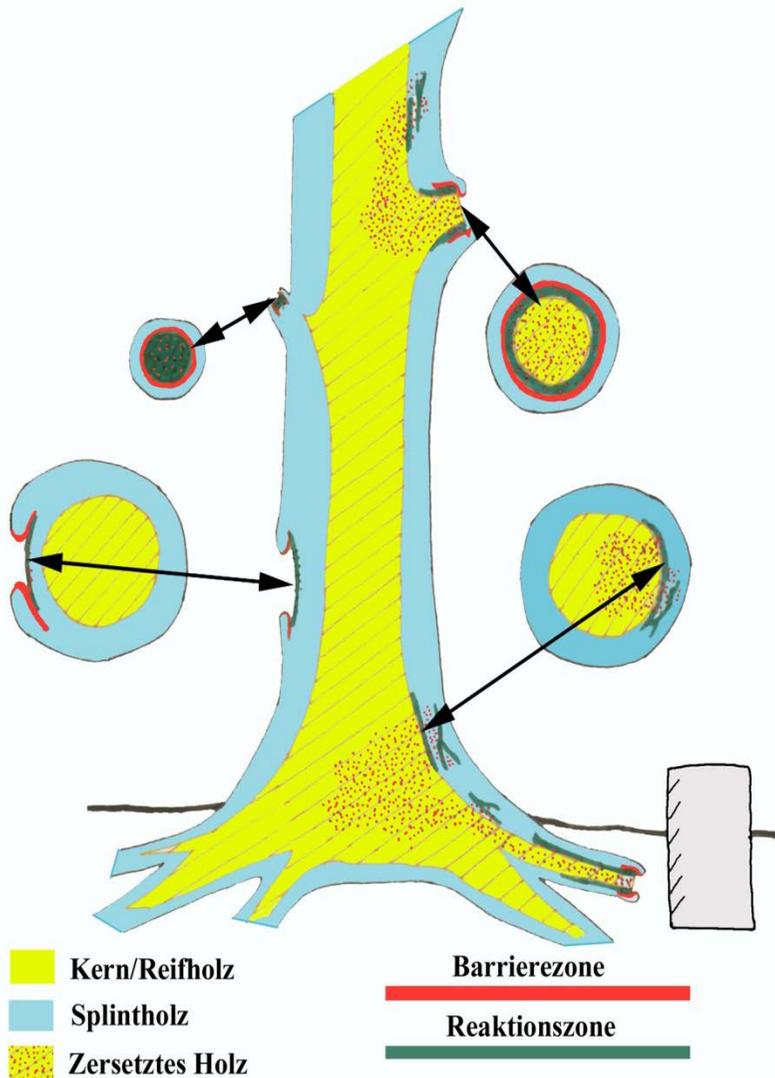


Schwarze, F.W.M.R. (2007). Wood decay under the microscope.
Fungal Biology Reviews 1, 133-170.

Reaktionszonen contra Barrierezonen

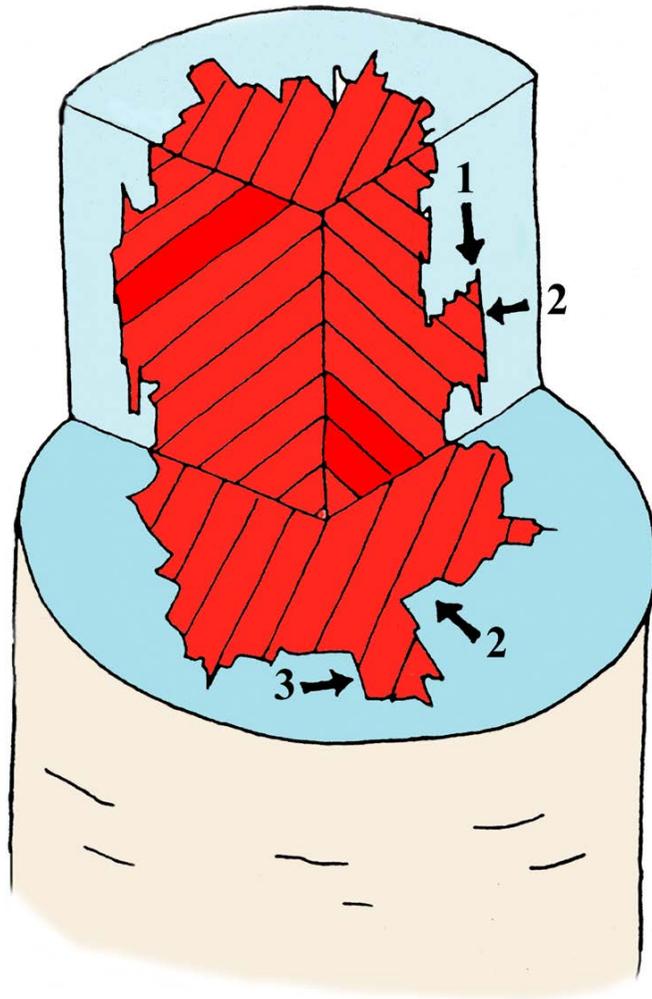


Eintrittspforten für holzzeretzende Pilze und Abwehrreaktionen im Baum



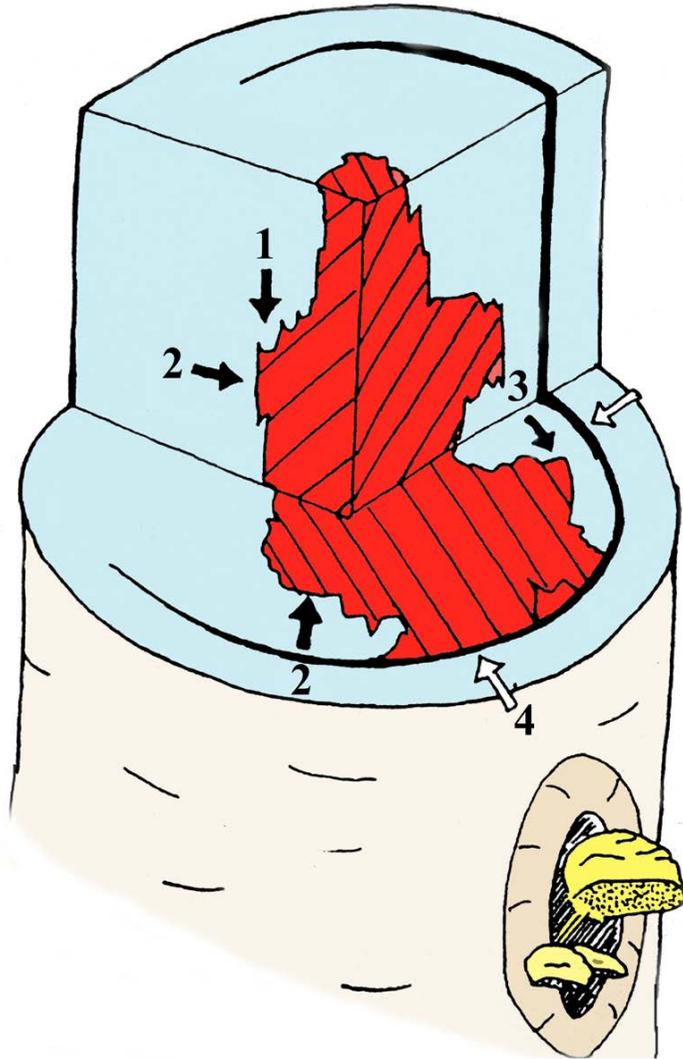
- Die meisten holzzeretzende Pilze, die die Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen beeinträchtigen etablieren sich im Kern- und Reifholz des Wirtes.
- Eintrittspforten sind Starkastentnahmen oder gekappte Starkwurzeln.

Fäuledynamik ohne Verletzung



Breitet sich ein Pilz von innen nach außen aus, sind nur die Wände 1 bis 3 des CODIT Modells wirksam. Die Bildung von Wand 1 (Laubholz) und Wand 3 kann dabei nur im lebenden Splintholz erfolgen.

Fäuledynamik nach Verletzung



Breite sich der Pilzinfektion von außen aus, wird neben den Wänden 1 bis 3 auch die Wand 4 (Barrierezone) gebildet, da eine solche Infektion nicht ohne eine Verletzung des Kambiums erfolgen kann.

Fäuledynamik im Splintholz lebender Bäume

Verschluss der Zelllumina
mit Polyphenolen

Anatomie

Verthyllung

Reaktionszone



Suberin-
auflagerungen

Komposition der
Einlagerungen

Vitalität und
Jahreszeit

Feuchtigkeits-
veränderung



Schwarze (2001)
Arboric. Journal 101, 1201-1214.

Duale Strategien der Holzzersetzung

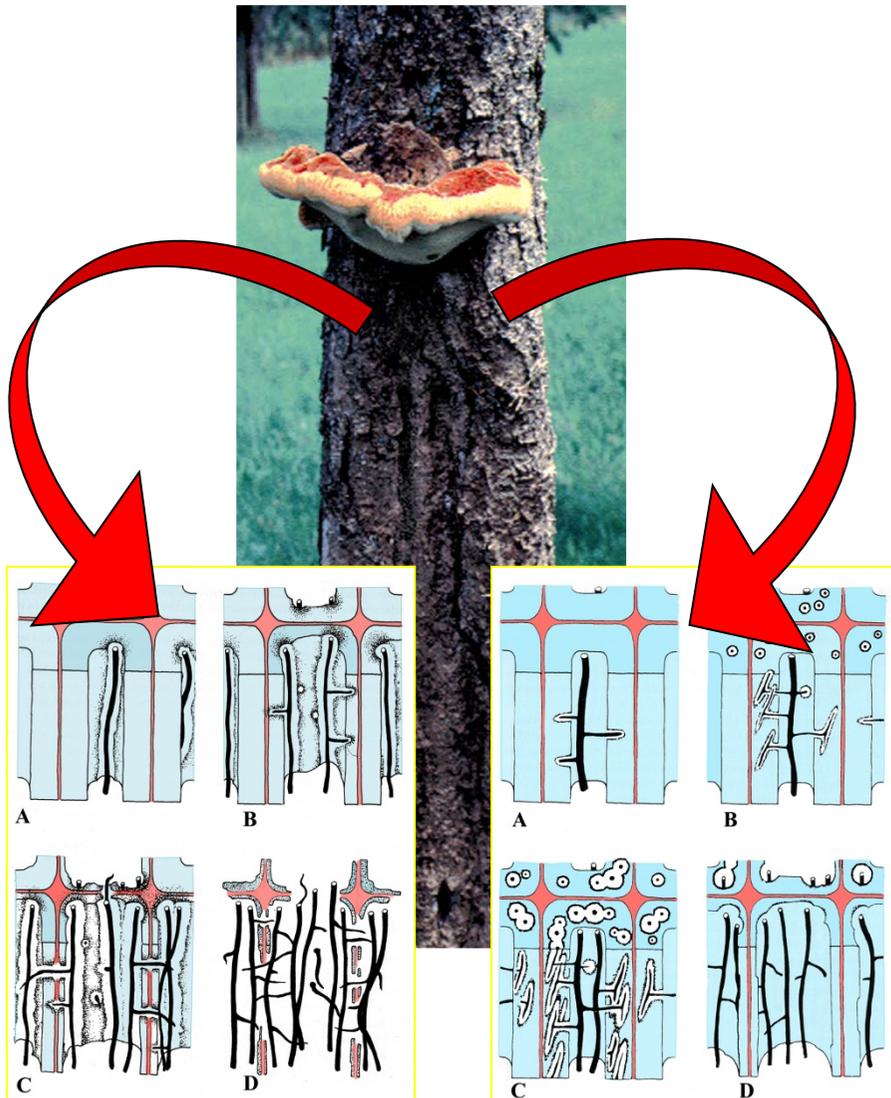
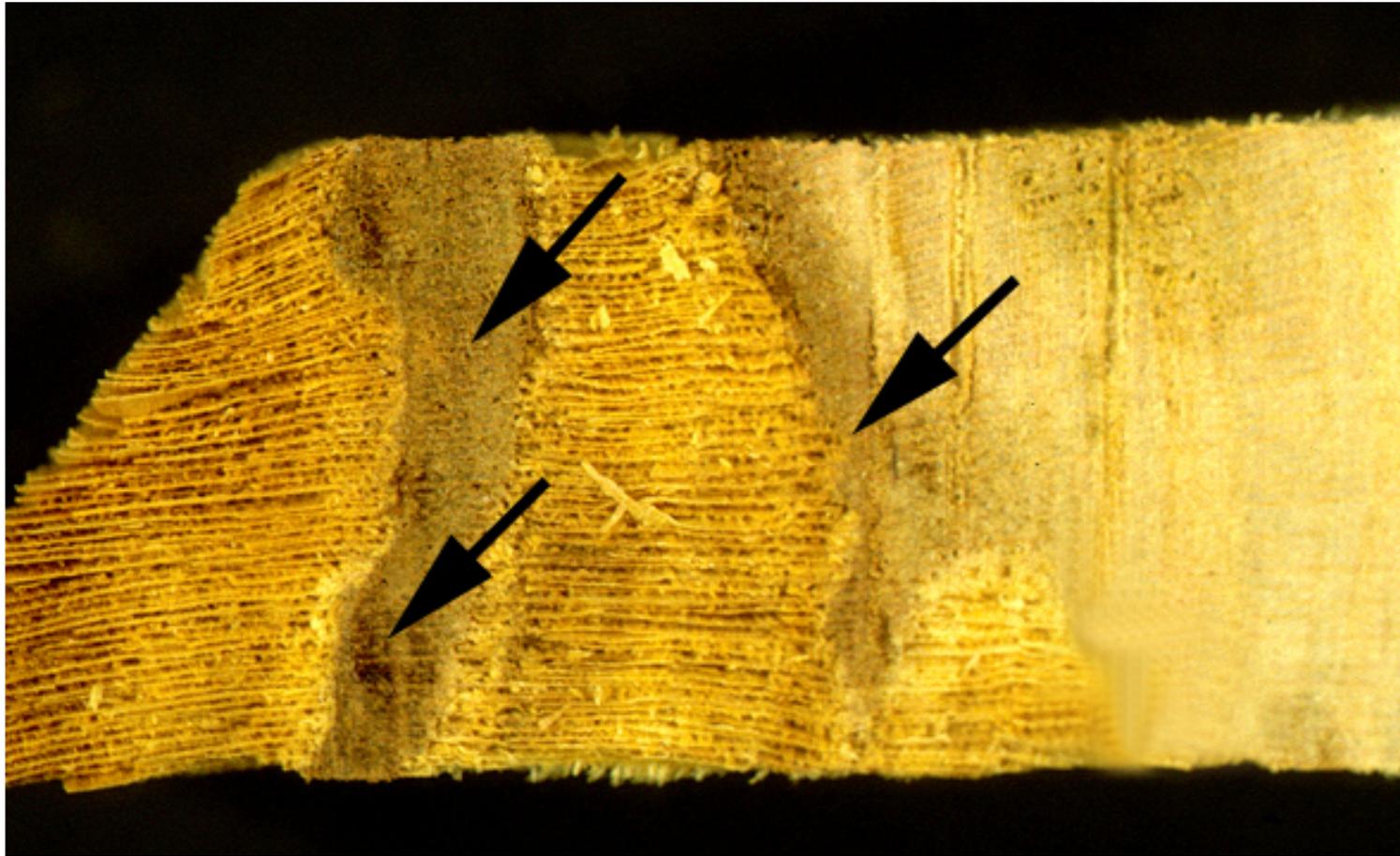


Tabelle 33. Holz zersetzende Basidiomyceten, die nachweislich eine Moderfäule »Typ 1« verursachen.

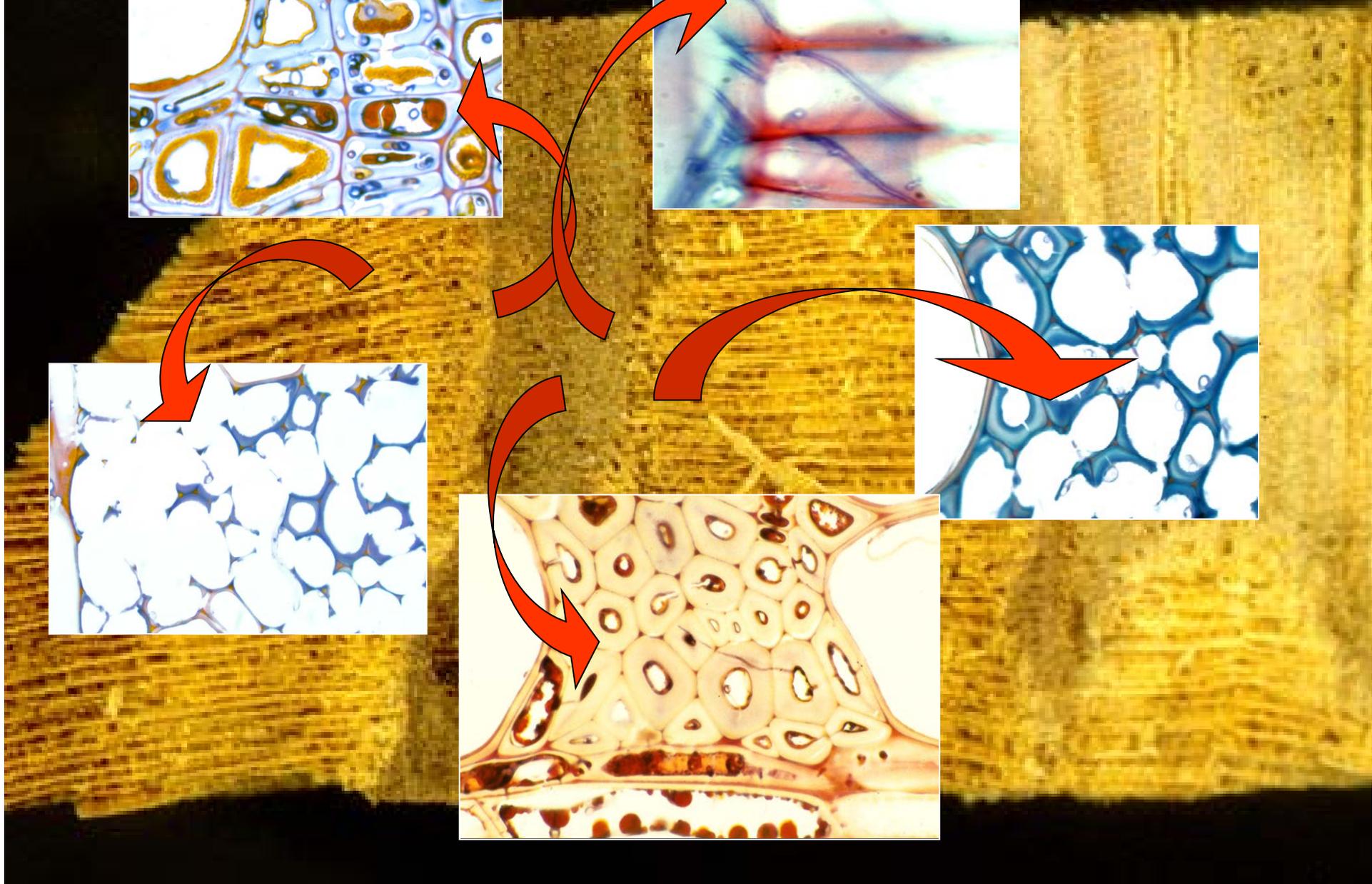
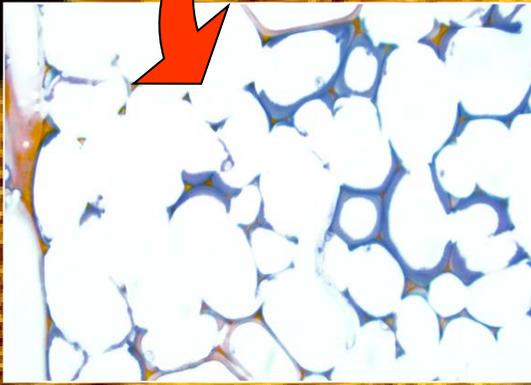
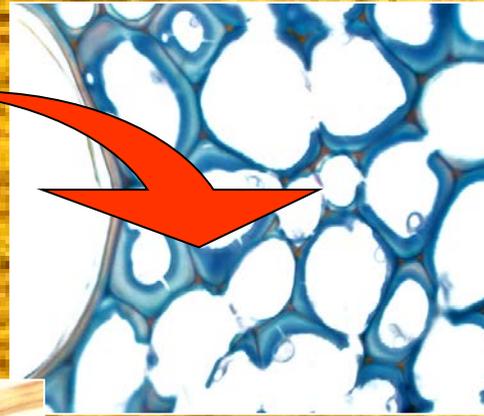
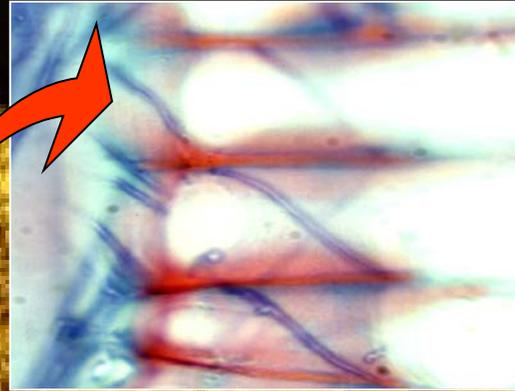
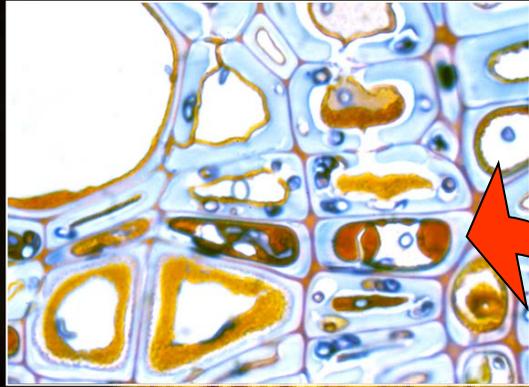
Pilzart	Wirt	Bedingungen	Zelltypen	Quelle
Braunfäuleerreger				
<i>Rigidoporus crocatus</i>	<i>Pinus nigrescens</i>	In vivo & in vitro	Tracheiden	Duncan (1960) Courtois (1965)
<i>Rigidoporus lineatus</i>	<i>Pinus eliotti</i> var. <i>elliottii</i>	An berieseltem Rundholz	Tracheiden	Hood et al. (1997)
<i>Fistulina hepatica</i>	<i>Quercus robur</i>	In vitro und im Kernholz einer 150-jährigen Eiche	Libriformfasern Holzstrahlparenchym	Schwarze et al. (2000a)
<i>Coniophora puteana</i>	<i>Entandrophragma cylindricu</i>	In vitro	Libriformfasern	Kleist & Schmitt (2001)
<i>Dacrymyces stillatus</i>	<i>Dipterocarpus spp.</i>	Holzhandlauf	Libriformfasern	Kleist et al. (2002)
<i>Coniophora puteana</i>	<i>Pinus densiflora</i> <i>Quercus acutissima</i>	In vitro	Tracheiden Libriformfasern	Lee et al. (2004)
<i>Gleophyllum trabeum</i>	<i>Picea abies</i>	In vitro, in THM-verdichtetem Holz	Tracheiden, Holzstrahlparenchym	Schwarze & Spycher (2005)
Weißfäuleerreger				
<i>Armillaria borealis</i> , <i>A. cepistipes</i> , <i>A. gallica</i> , <i>A. mellea</i>	<i>Picea abies</i> <i>Fagus sylvatica</i>	In vitro, an Wurzeln lebender Bäume	Tracheiden, Fasertracheiden, Gefäße, Holzstrahlparenchym	Hartig (1878) Ferner (2004)
<i>Heterobasidion annosum</i>	<i>Picea abies</i>	In vitro	Tracheiden	Aufsess (1968)
<i>Inonotus hispidus</i>	<i>Platanus x hispanica</i> <i>Fraxinus excelsior</i>	In vitro, in der Reaktionszone lebender Bäume	Fasertracheiden Libriformfasern, Holzstrahlparenchym	Schwarze et al. (1995) Schwarze & Baum (2000)
<i>Oudemansiella mucida</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	In vitro	Tracheiden	Daniel et al. (1992)
<i>Meripilus giganteus</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	In vitro, in der Reaktionszone lebender Bäume	Fasertracheiden	Schwarze & Fink (1998)
<i>Auricularia auricularia</i>	<i>Betula pendula</i>	In vitro	Libriformfasern	Worrall et al. (1997)
<i>Ganoderma adspersum</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	In vitro, in der Reaktionszone lebender Bäume	Fasertracheiden	Schwarze & Ferner (2003)
<i>Phellinus contiguus</i>	<i>Dipterocarpus spp.</i>	In vitro, Holz-Handlauf	Libriformfasern	Kleist et al. (2002)

Überwindung der Reaktionszone in Platane durch *Inonotus hispidus*

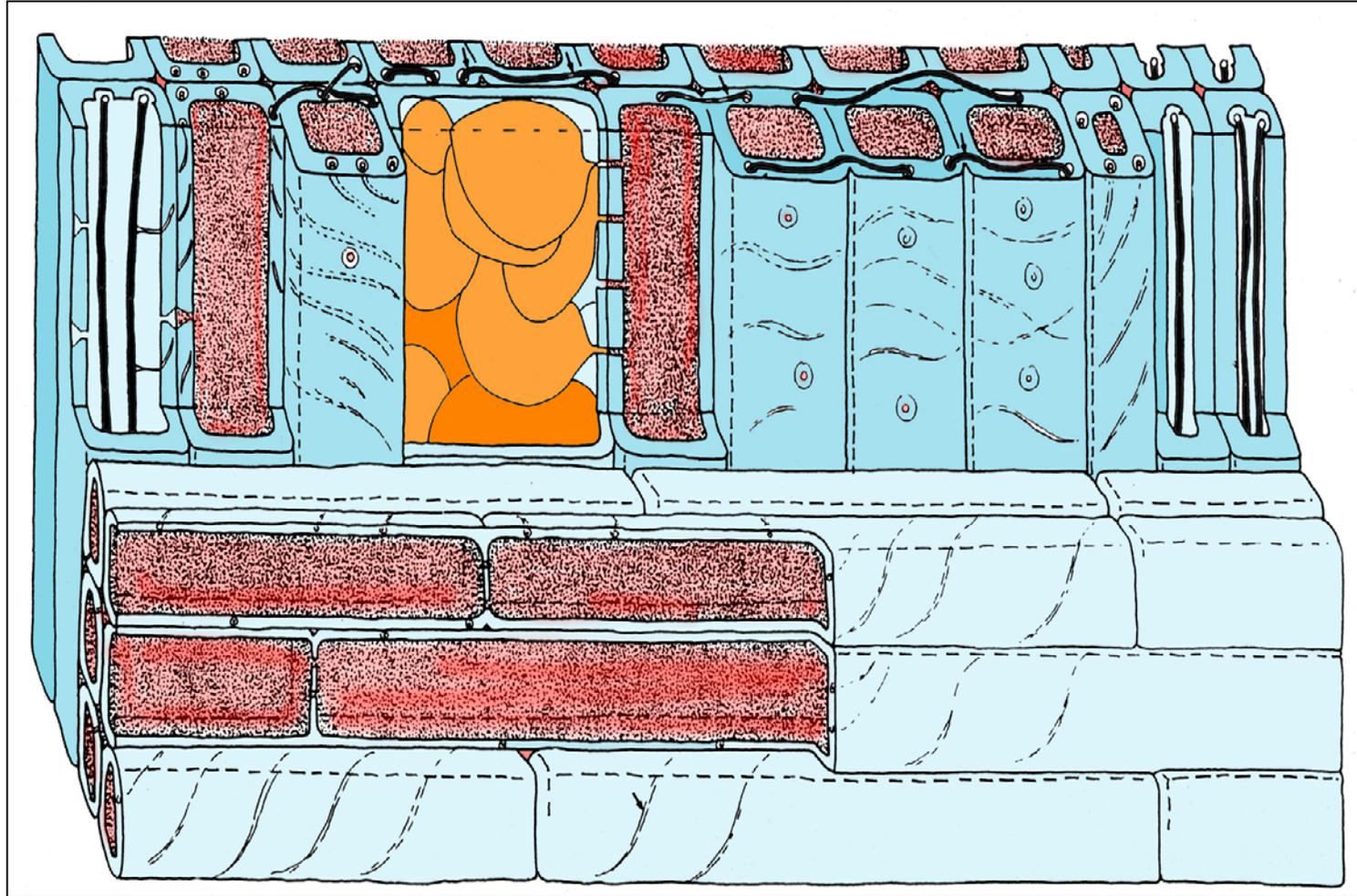


Wechselspiel zwischen der Aggressivität des Pilzes und
der Abwehrreaktion des Baumes.

Überwindung der Reaktionszone durch *Inonotus hispidus*

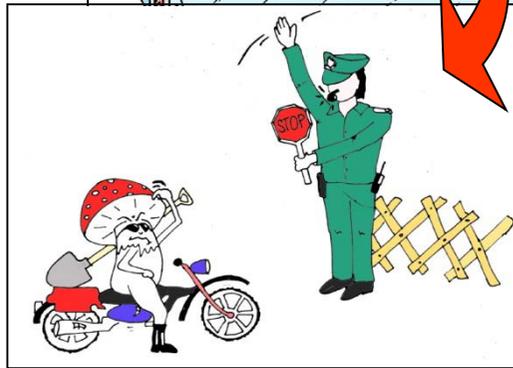
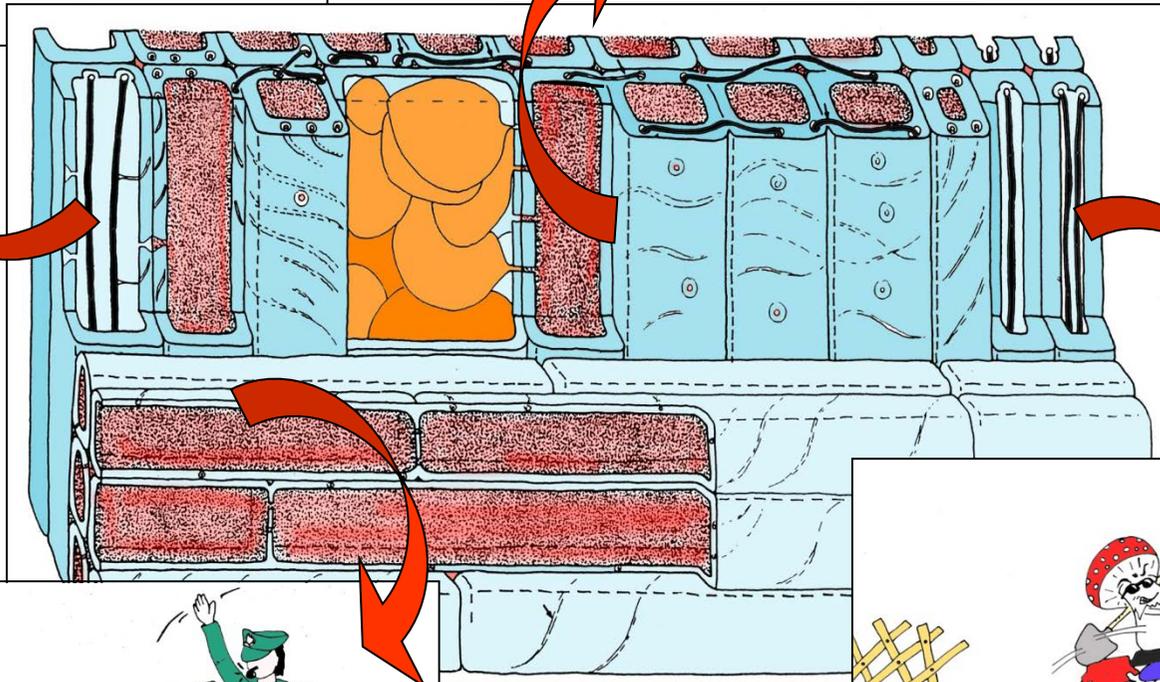
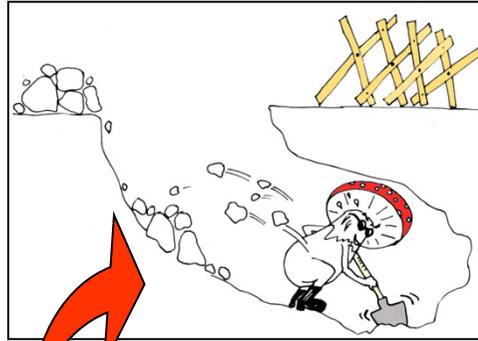


Inonotus hispidus an *Platanus x hispanica*

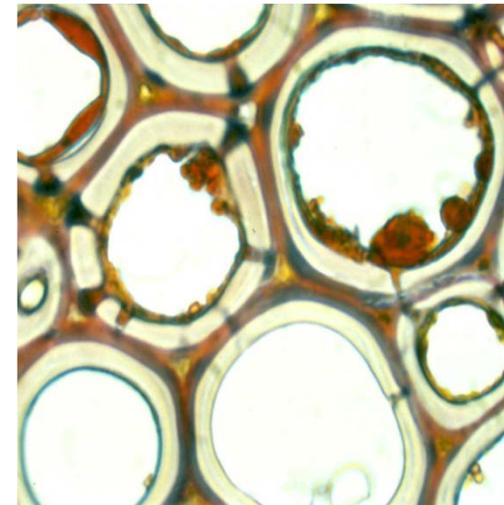
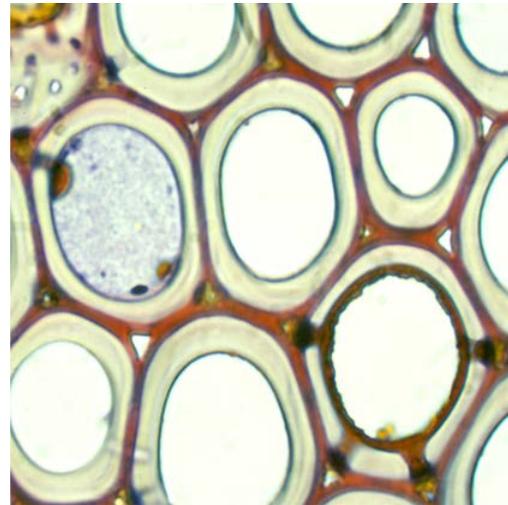
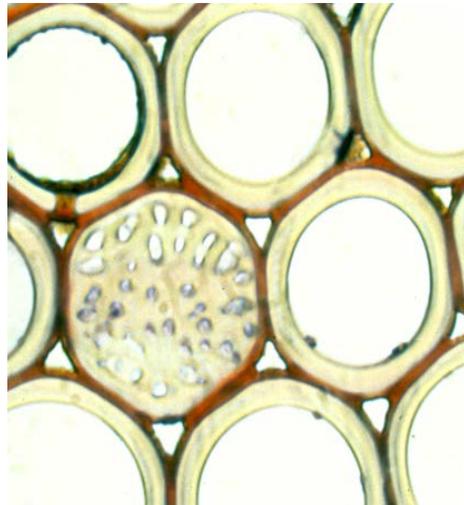
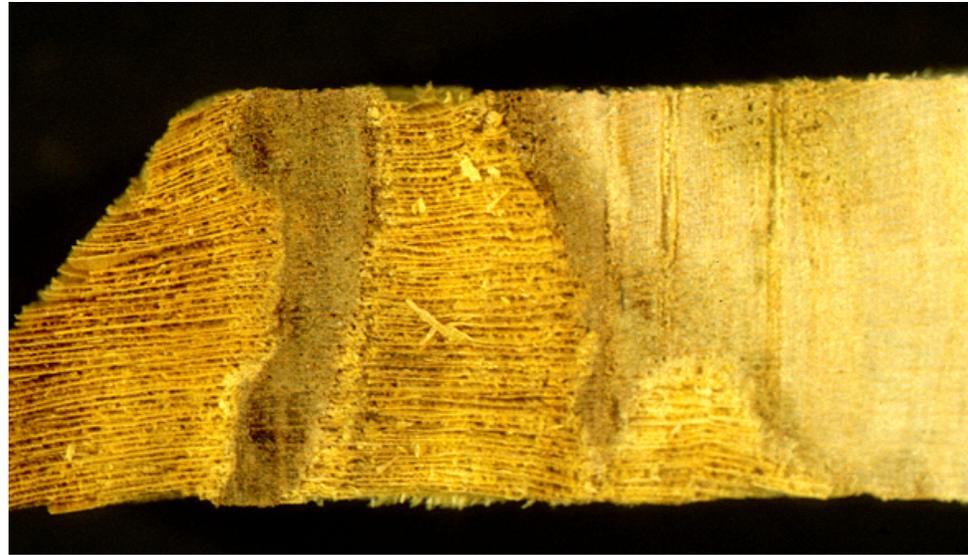


Schwarze F.W.M.R., Fink S. (1997). Reaction zone penetration and prolonged persistence of xylem rays in London plane wood degraded by the basidiomycete *Inonotus hispidus*. *Mycological Research* 101, 1201-1214.

'Funky Fungi'

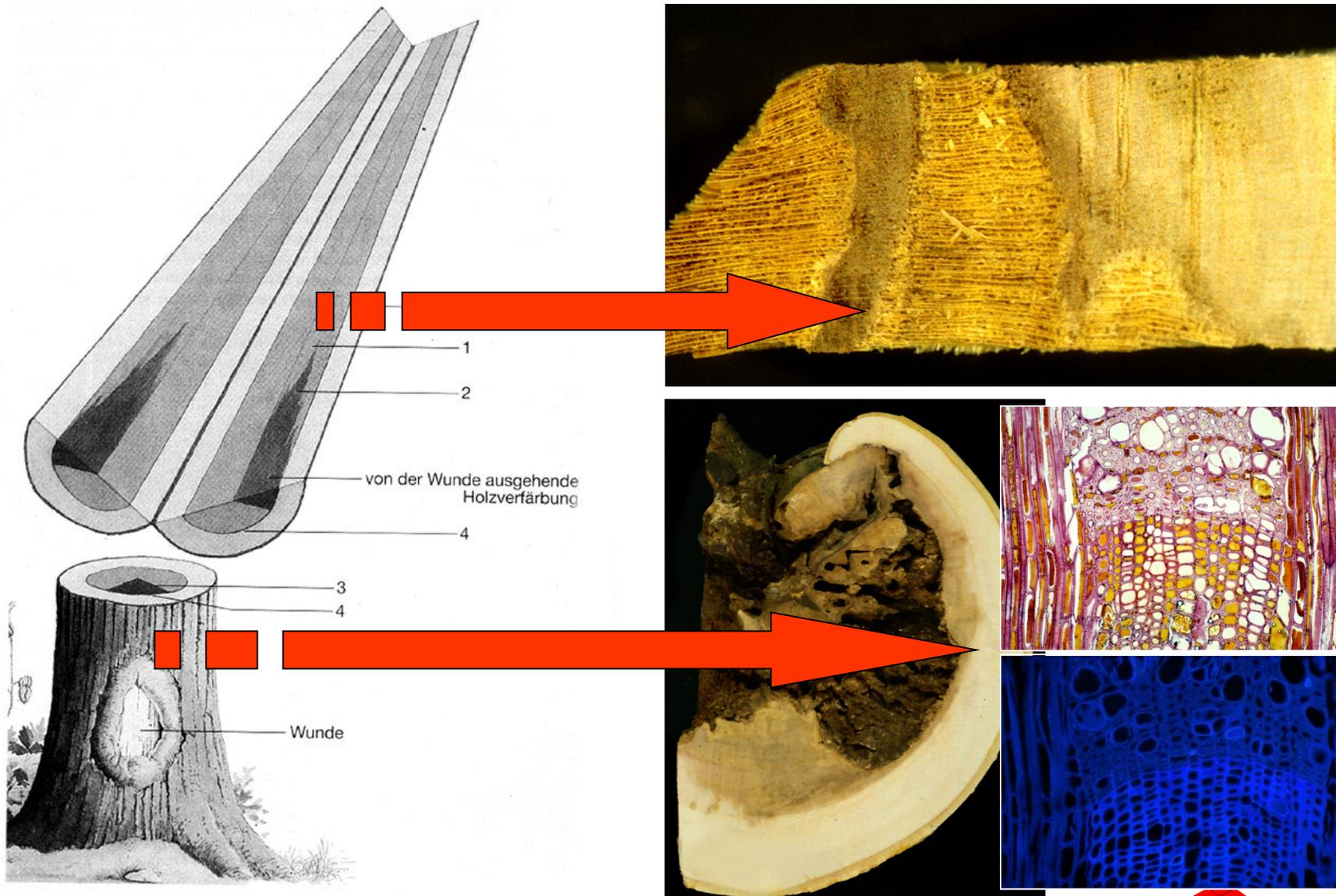


Dauerhaftigkeit der Holzstrahlen



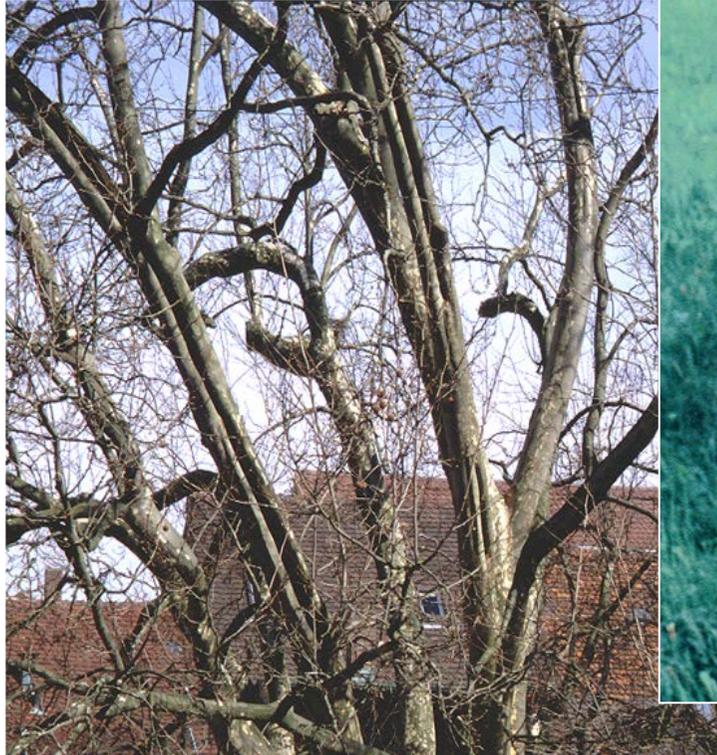
Schwarze F.W.M.R., Fink S. (1997). Reaction zone penetration and prolonged persistence of xylem rays in London plane wood degraded by the basidiomycete *Inonotus hispidus*. Mycological Research 101, 1201-1214.

Reaktionszonen und Barrierezonen



Inonotus hispidus

London plane



Effektiver
Kompartimentierer



Ash



Schwacher
Kompartimentierer

Baumgattungen mit einer starken oder schwachen Barrierezone

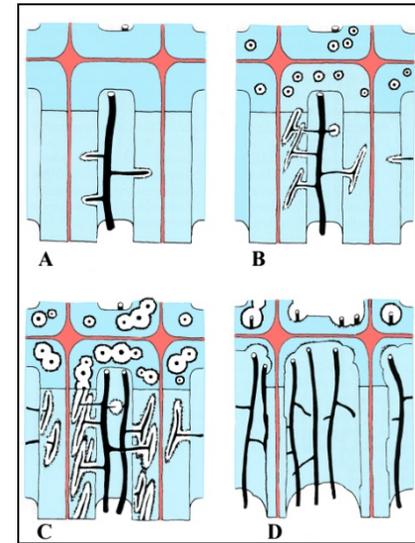
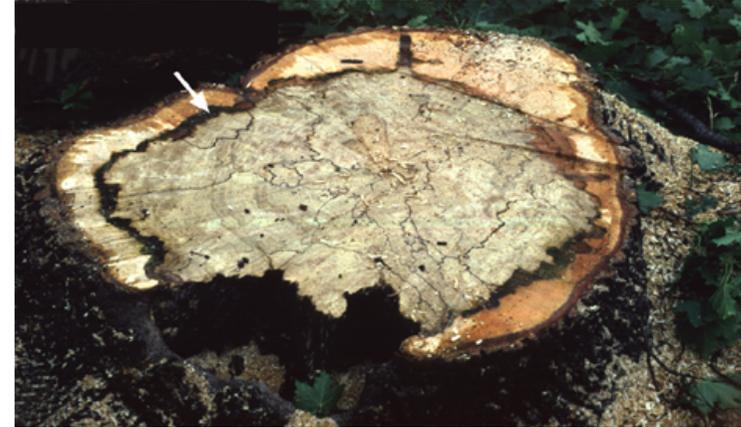
Suberinisiert

- *Platanus*
- *Tilia*
- *Quercus*
- *Fagus*
- *Acer*
- *Populus*
- *Robinia*

Nicht Suberinisiert

- *Fraxinus*
- *Sophora*
- *Taxus*
- *Thuja*

Kretzschmaria deusta



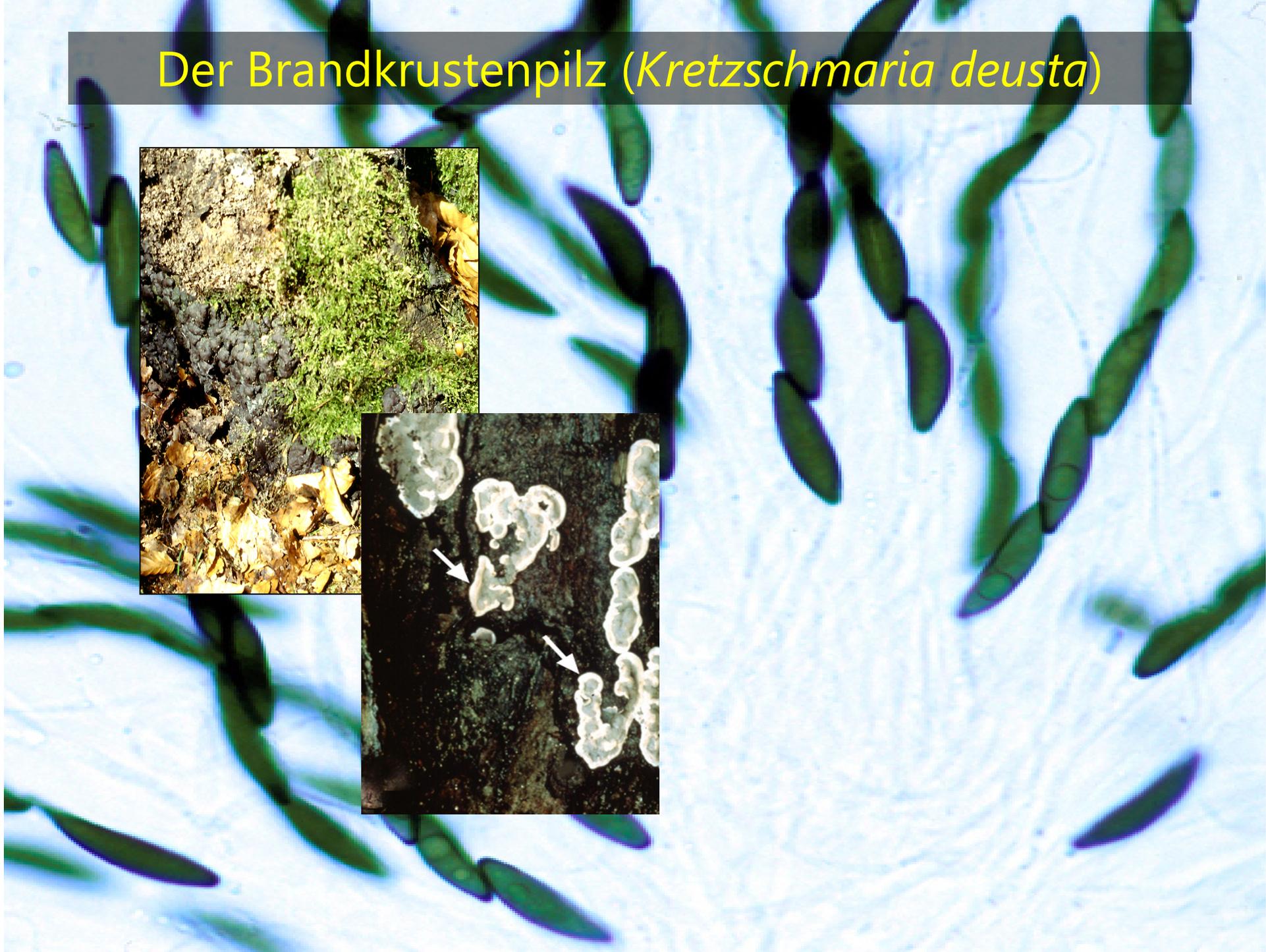
Moderfäule



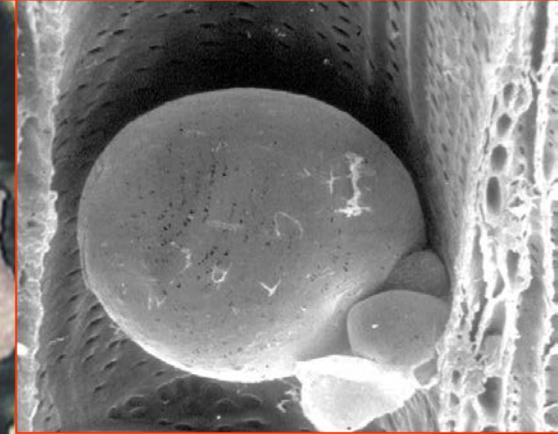
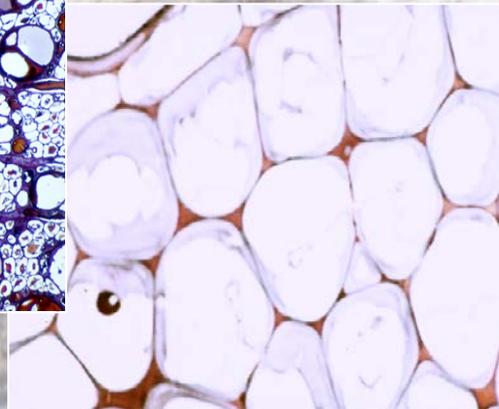
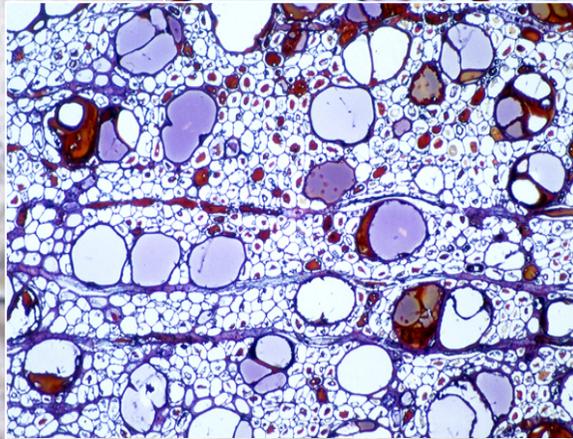
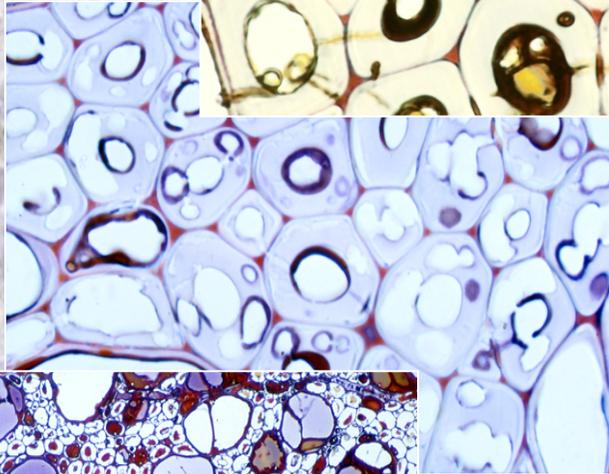
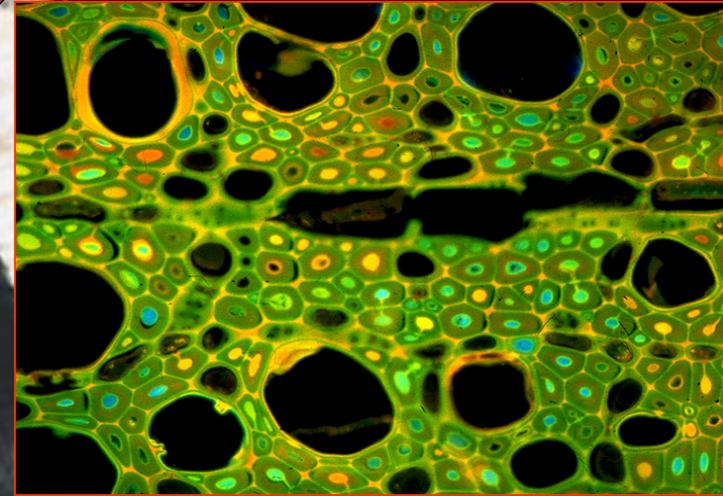
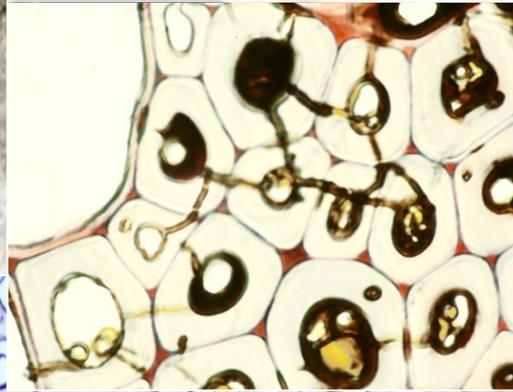
Materials Science & Technology

Schwarze et al. (1995). Eur. J. For. Path. 99, 327-341.

Der Brandkrustenpilz (*Kretzschmaria deusta*)

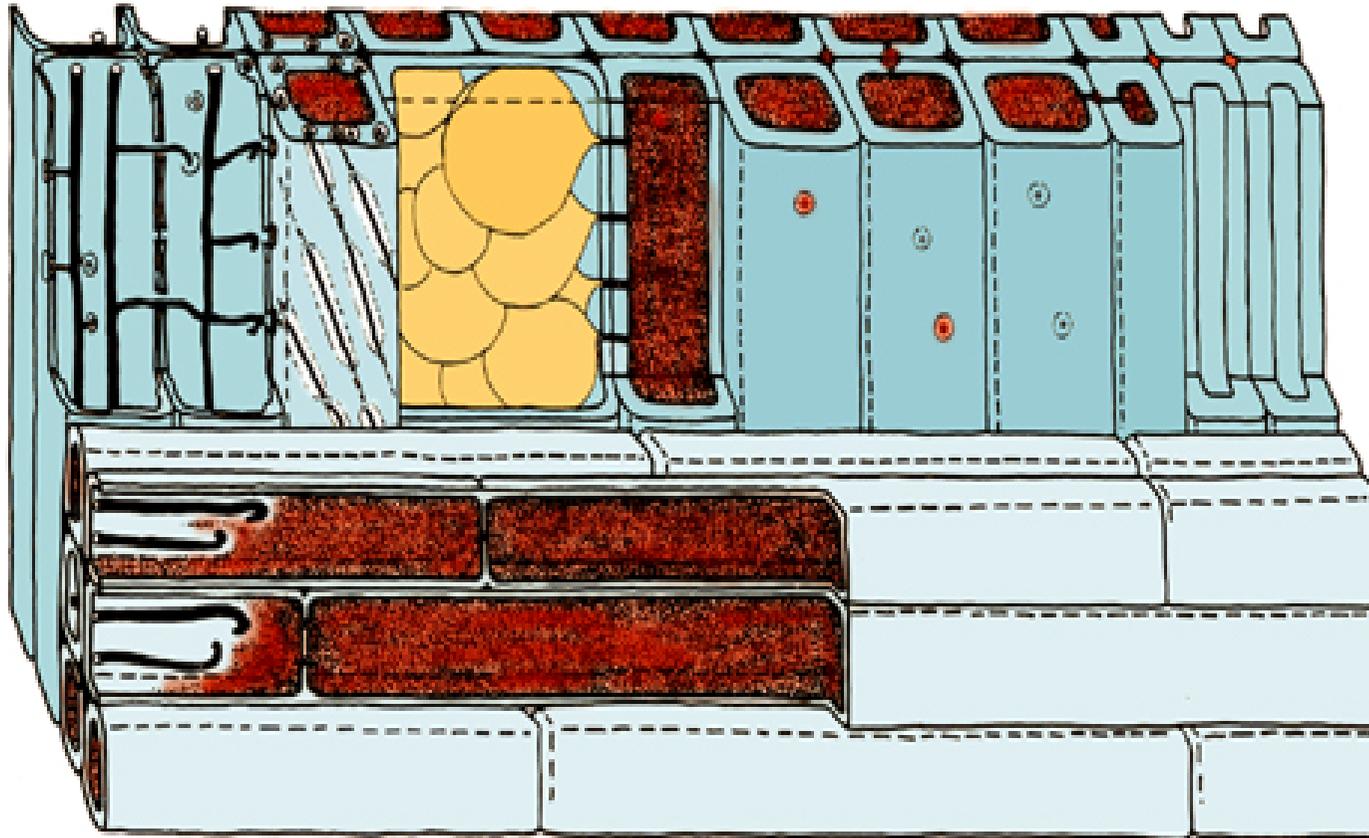


Buchen-Reaktionzone und *Kretzschmaria deusta*



Reaktionzonen in Buche sind **statisch**

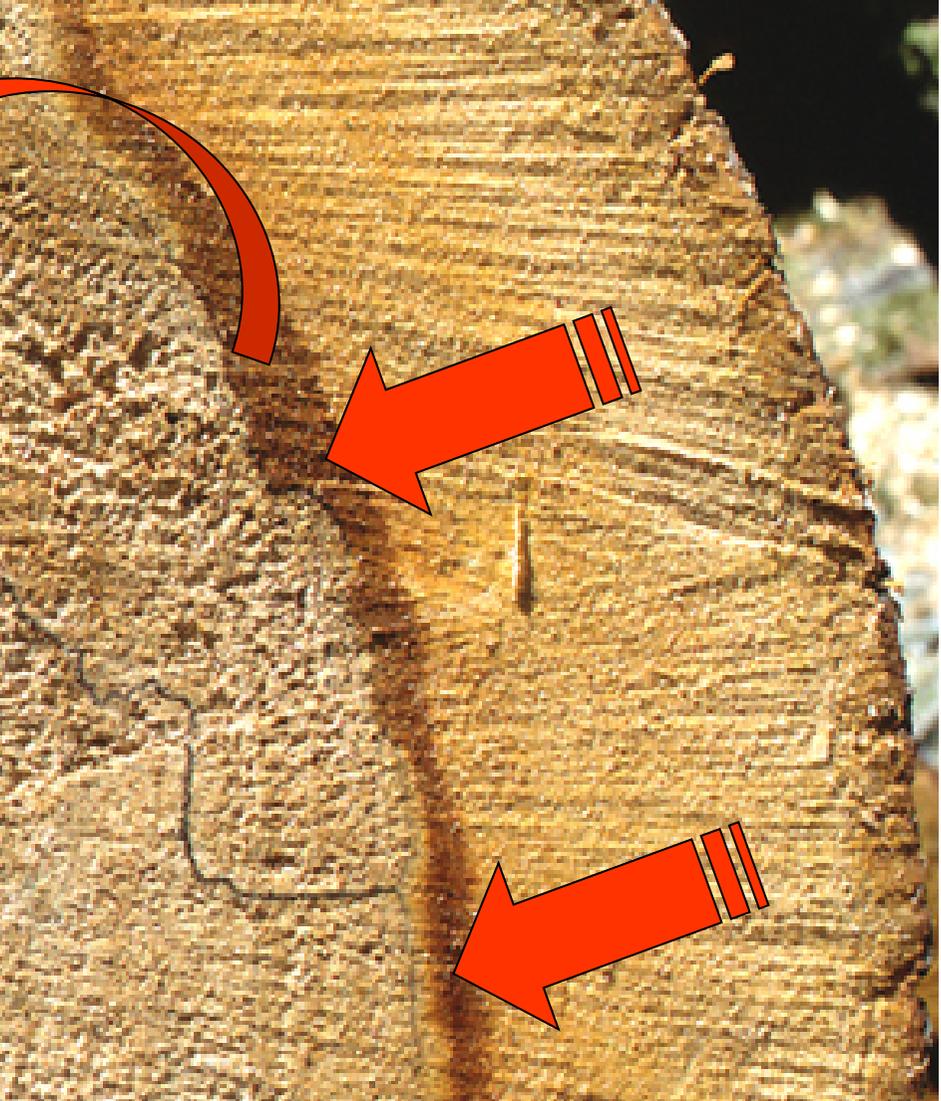
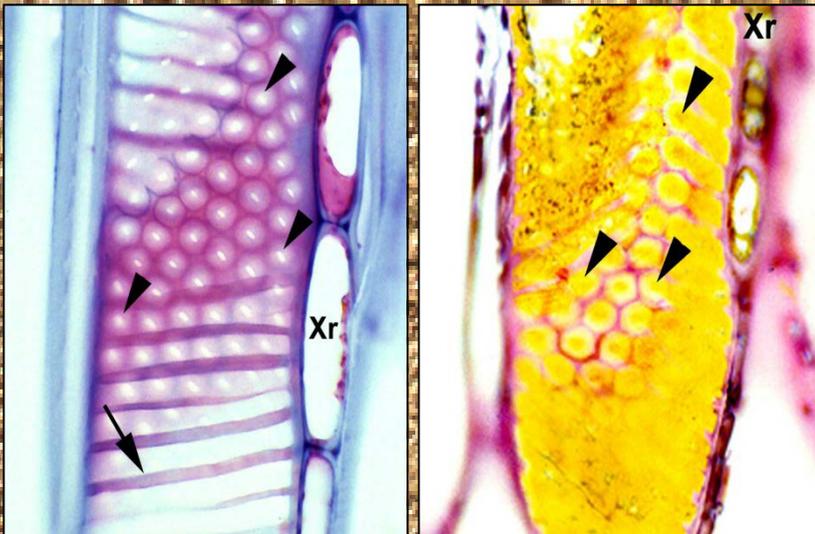
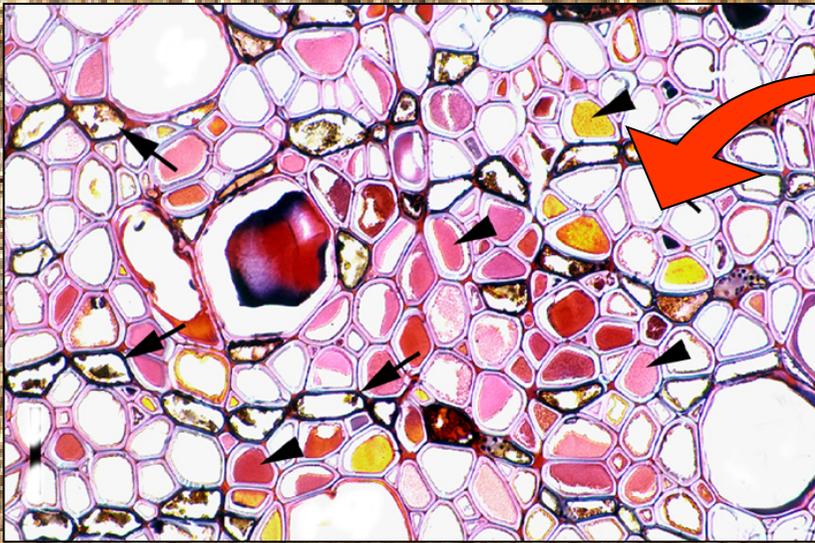
Reaktionszone in Buche / *Kretzschmaria deusta*



Reaktionszonen in Buche sind statisch

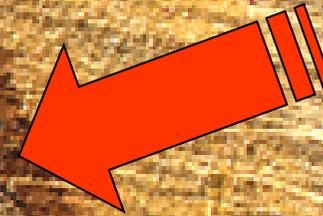
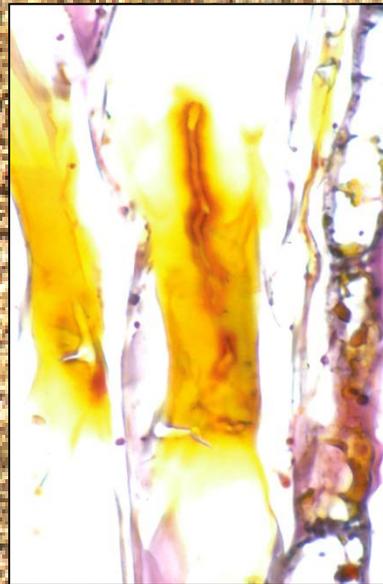
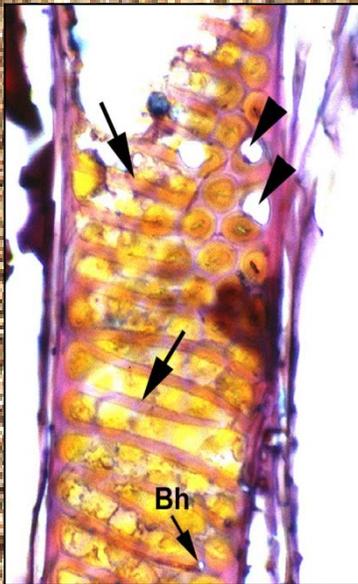
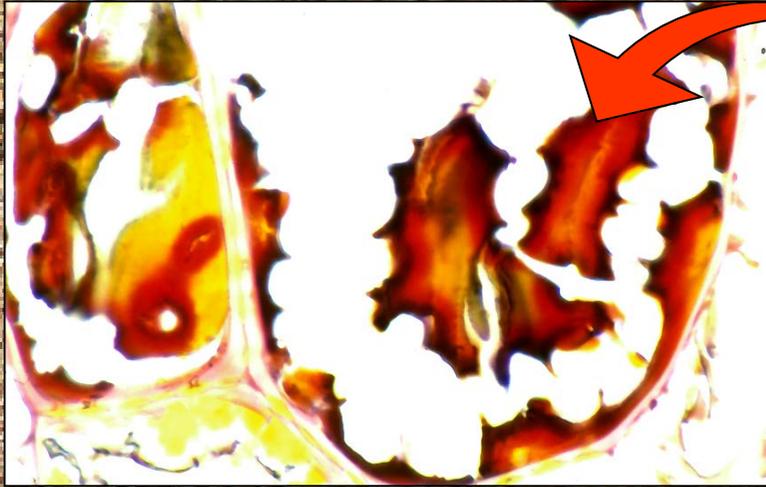
Schwarze, F.W.M.R., Baum, S. (2000). Mechanisms of reaction zone penetration by decay fungi in beech wood. *New Phytologist* 146, 129-140.

Eigenschaften von Linden-Reaktionzonen



Reaktionszonen in Linde sind dynamisch. Das bedeutet sie eilen der Holzerersetzung voraus.

Überwindung einer Linden-Reaktionszone durch *Kretzschmaria deusta*



Reaktionszone in Linde überwunden durch *Kretzschmaria deusta*



Baum, S., Schwarze, F.W.M.R. (2002). Large-leaved lime (*Tilia platyphyllos*) has a low ability to compartmentalize decay fungi via reaction zone formation. *New Phytologist* 154, 481-490.

Pilzhemmende Substanzen im Holz

<u>Substanz</u>	<u>Vorkommen</u>	<u>Wirkung</u>
Lignin	Verholzte Pflanzenzellen, besonders Mittellamelle	meist schwer abbaubar für Pilze, besonders wenn hoher Guaiacyl-Anteil
Suberin	Verthyllte Gefäße in Kernholz und Reaktionszonen, Rinde	wasserabweisende und pilzhemmenden Eigenschaften
Proanthocyanidine	Normalholz, besonders aber in der RZ	natürliche Resistenz gegen Fäuleerreger
Catechin	Normalholz und vermehrt in RZ von Laubbäumen wie Buche und Linde	Pilzwachstum hemmend
Epicatechin	RZ von Laubbäumen wie Linde	am Abwehrsystem der Pflanze beteiligt

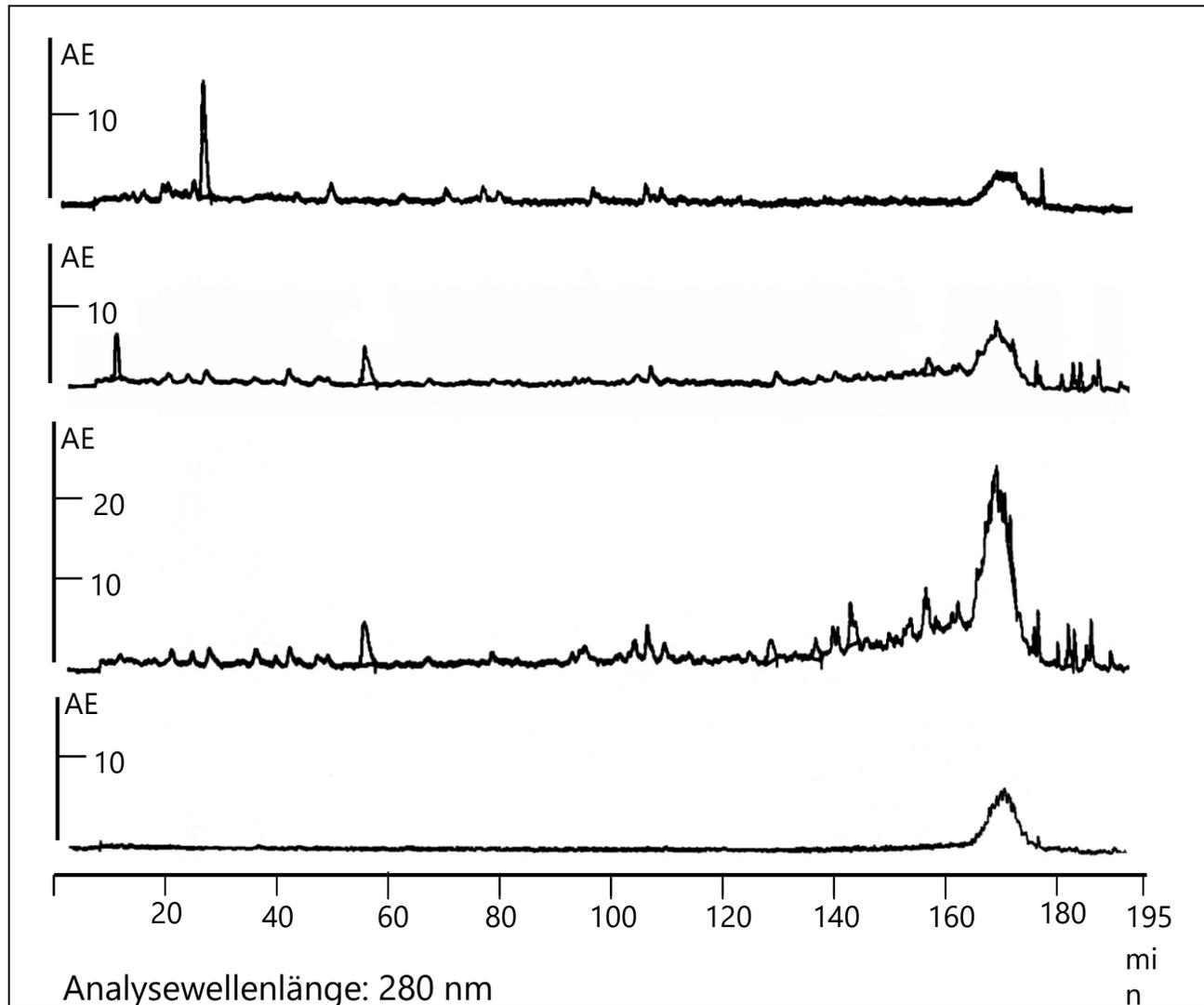
HPLC-Analyse für Phenole

HPLC ist die engl. Abkürzung für „Hochdruckflüssigkeits-Chromatographie“

- Vorbereitung: Herauslösen von phenolischen Bestandteilen aus dem Holz durch Methanol
- Trennung der Phenole in einer „Säule“: die unterschiedlichen Lösungseigenschaften der Stoffe führen zu einer zeitlich versetzten Feststellung.
- Die Analyse erfolgt über die Absorptionseigenschaften der Phenole bei einer Lichtwellenlänge von 280 nm.
- Die Stoffmenge wird durch die Höhe und Breite des „Peaks“ (Gipfel) in der Ergebniskurve dargestellt.
- Die jeweilige Zeit, die ein Stoff zum Durchlauf der Säule benötigt ist charakteristisch, d.h. jeder Durchlaufzeit kann eine bestimmte phenol. Komponente zugeordnet werden.



HPLC-Analyse zum Phenolgehalt im Buchenholz



unverfärbter
Splint

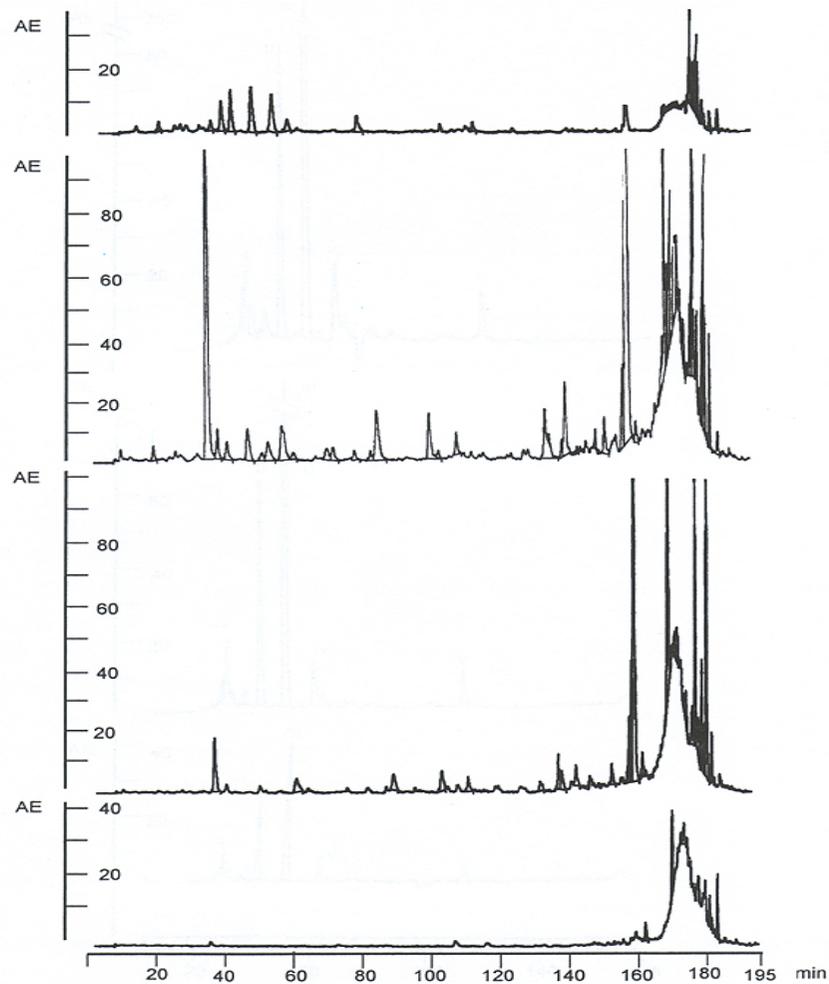
äußere RZ

innere RZ

zersetztes
Holz

Schwarze, F.W.M.R., Baum, S. (2000). Mechanisms of reaction zone penetration by decay fungi in beech wood. *New Phytologist* 146, 129-140.

HPLC-Analyse zum Phenolgehalt im Lindenholz



unverfärbter
Splint

äußere RZ

innere RZ

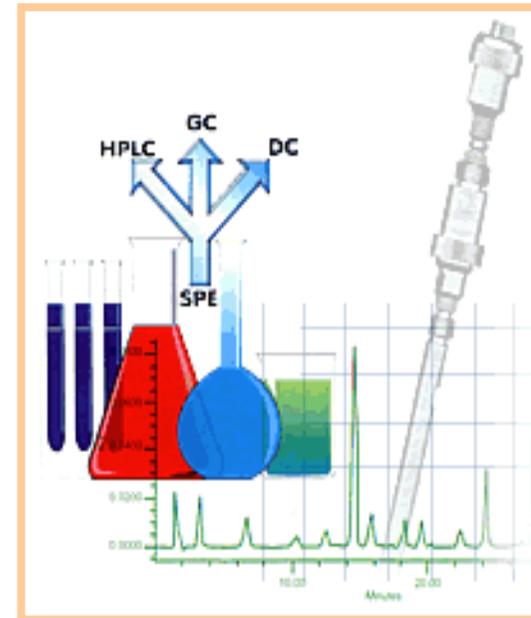
zersetztes Holz

Analysewellenlänge von 280 nm

DMAZA-Nachsäulenderivatisierung

DMAZA ist die Abkürzung für den Farbstoff „Dimethylaminozimtaldehyd“

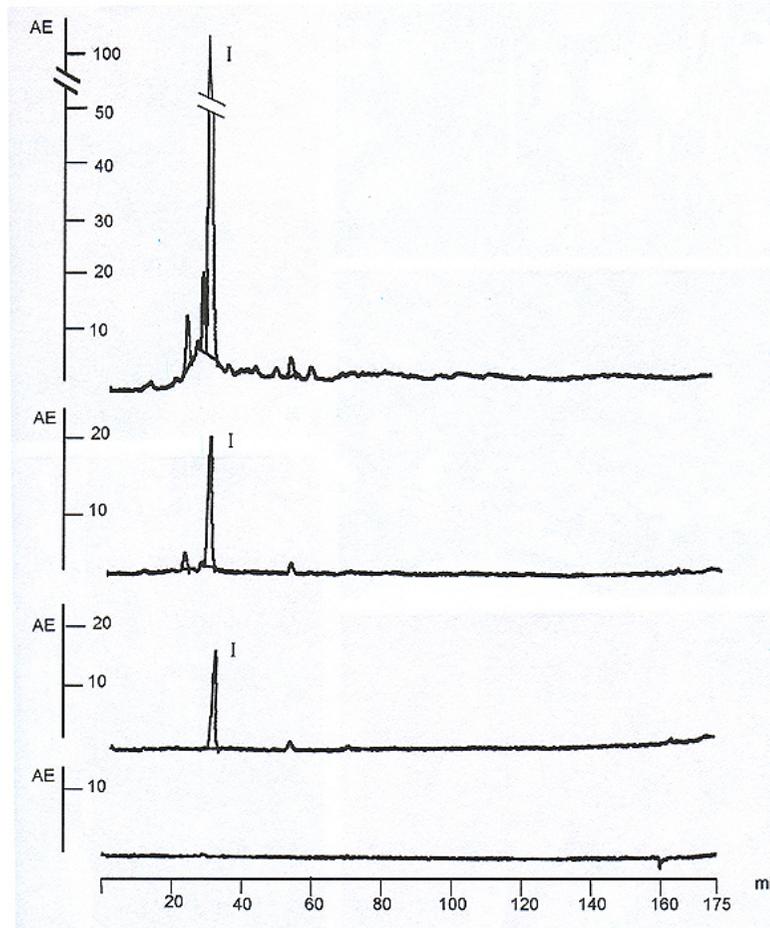
- Die HPLC-Analyse liefert sehr eng zusammenliegende Peaks --> Für eine sichere Zuordnung der Phenole ist das ungünstig.
- Eine zweite Analyse nach Durchlauf der Säule wird durchgeführt. Komplexbildung der Phenole mit Farbstoff DMZA.
- Analyse des orange-gefärbten Komplexes bei einer Wellenlänge von 640 nm.
- Auswertung über Peaks wie bei HPLC



DMAZA-Nachsäulenderivatization-Buche

Peak:

I Catechin



Splintholz

äußere RZ

innere RZ

zersetztes Holz

Analysewellenlänge 640 nm

Schwarze, F.W.M.R., Baum, S. (2000). Mechanisms of reaction zone penetration by decay fungi in beech wood. *New Phytologist* 146, 129-140.

DMAZA-Nachsäulenderivatization-Linde

Peaks:

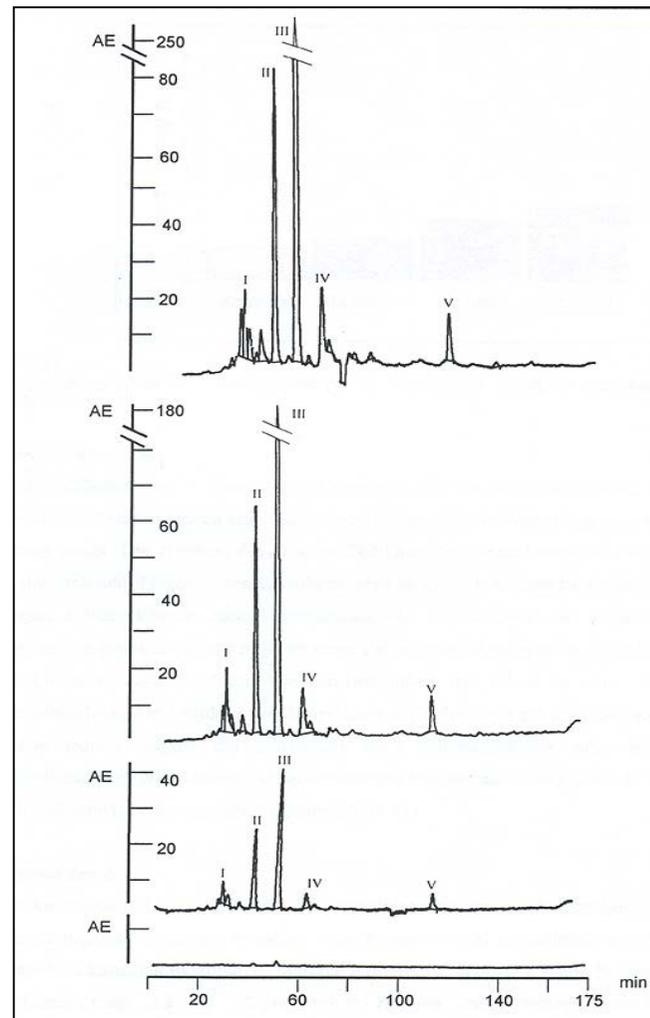
I. Catechin

II. Procyanidin B2

III. Epicatechin

IV. Procyanidin C1

V. Procyanidin B5



Splintholz

äußere RZ

innere RZ

zersetztes Holz

Analysewellenlänge 280 nm

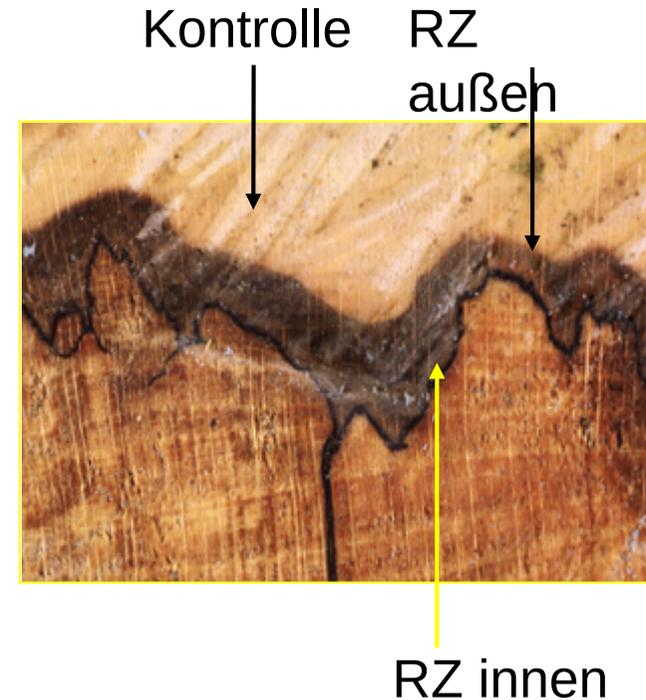
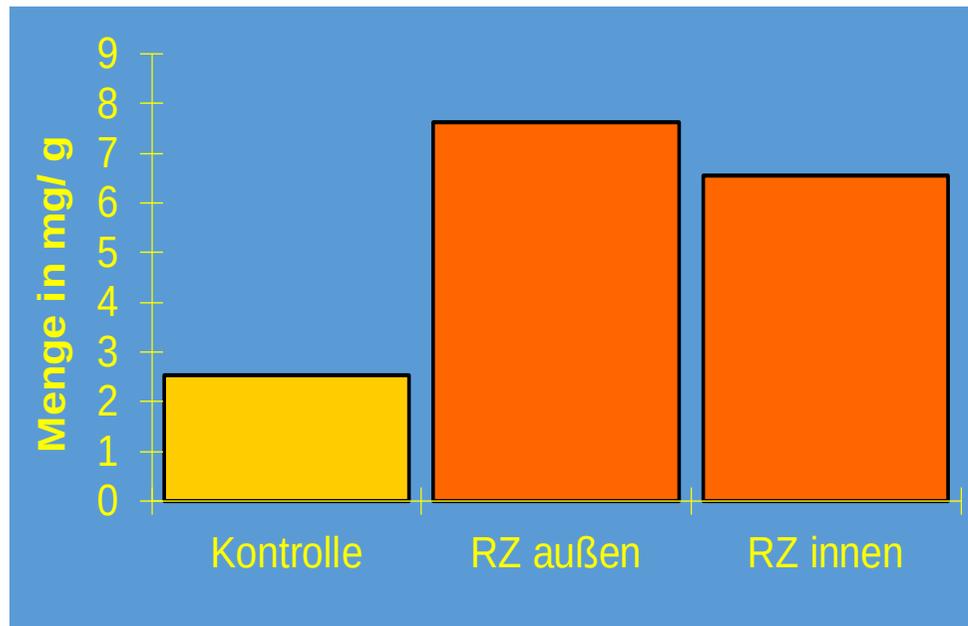
Baum, S., Schwarze, F.W.M.R. (2002). Large-leaved lime (*Tilia platyphyllos*) has a low ability to compartmentalize decay fungi via reaction zone formation. *New Phytologist* 154: 101-108

Messung Proanthocyanidine

Die Proanthocyanidine sind eine best. Gruppe der zellwandgebundenen Phenole

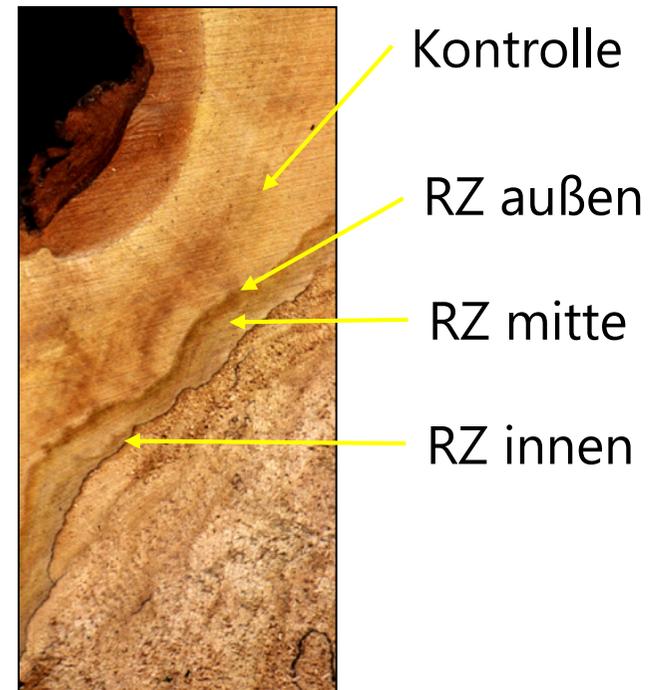
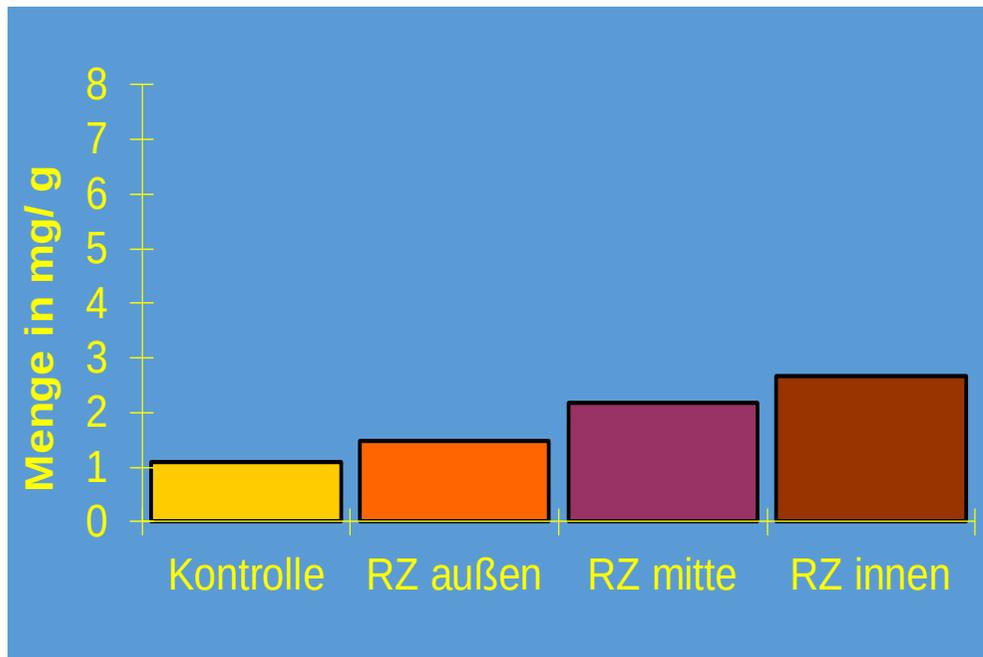
- Nicht alle Phenole können bei der HPLC mit Methanol aus dem Holz gelöst werden. Übrig bleiben „Zellwandgebundene Phenole“
- Rückstände aus HPLC werden mit Butanol/HCl versetzt und gekocht --> charakteristische Färbung der phenolischen Bestandteile.
- Analyse dieser Flüssigkeit durch Spektralphotometer bei 550 nm (charakteristischer Peak).

Gebundene Proanthocyanidine im Buchenholz



Schwarze, F.W.M.R., Baum, S. (2000). Mechanisms of reaction zone penetration by decay fungi in beech wood. *New Phytologist* 146, 129-140.

Gebundene Proanthocyanidine im Lindenholz



Baum, S., Schwarze, F.W.M.R. (2002). Large-leaved lime (*Tilia platyphyllos*) has a low ability to compartmentalize decay fungi via reaction zone formation. *New Phytologist* 154, 481-490.

Charakteristika der Reaktionszonen

Buche:

- dunkelbraune Färbung
- etwa 1-2 cm breit
- klar abgegrenzt
- Anteil an Einlagerungen in Zelllumina hoch
- verthyllte Gefäße
- statisch

Linde :

- rötlich-bräunliche Farbe
- 1-5 cm breit
- Einlagerungen meist nur in Parenchymzellen
- keine Thyllen
- Übergang RZ zu Normalholz fließend

Gemeinsamkeiten von Lackporlingen

Basidiomyceten

Weißfäuleerreger

Wurzel- bzw. stammbürtig

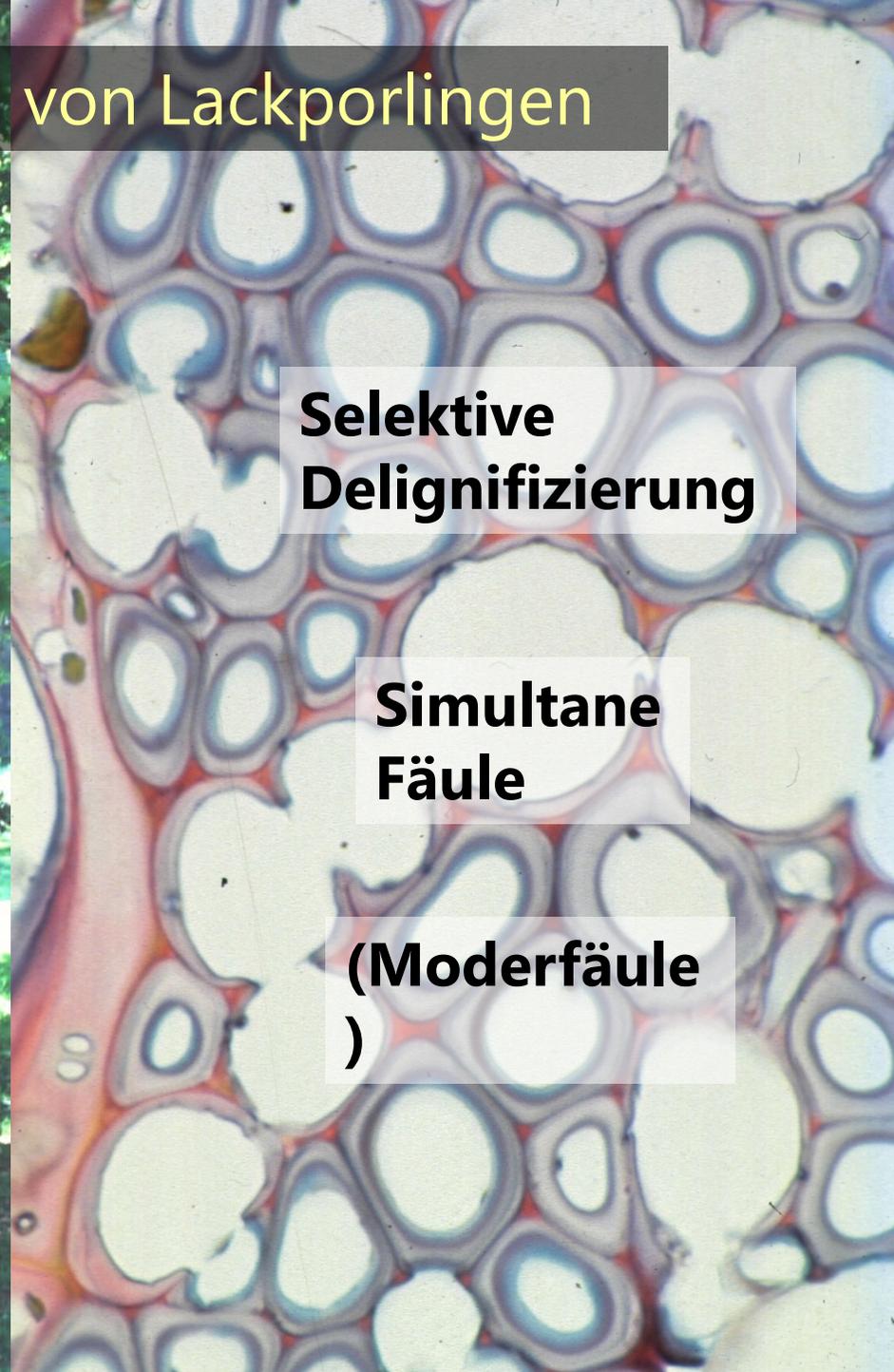
**Defektsymptome
durch
Steifigkeitsverlust**

Mehrjährige Fruchtkörper

**Selektive
Delignifizierung**

**Simultane
Fäule**

**(Moderfäule
)**



Ganoderma Arten



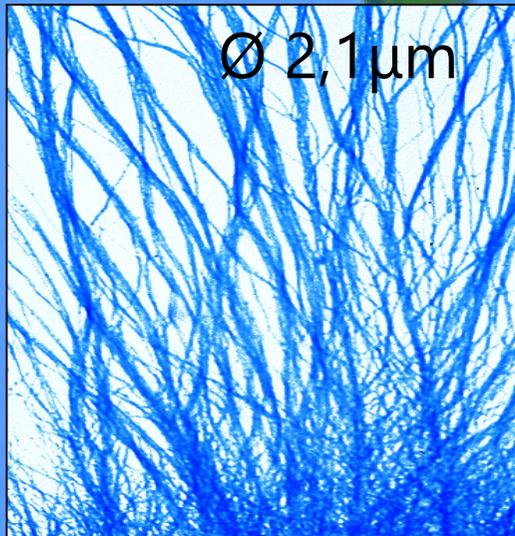
G. adspersum



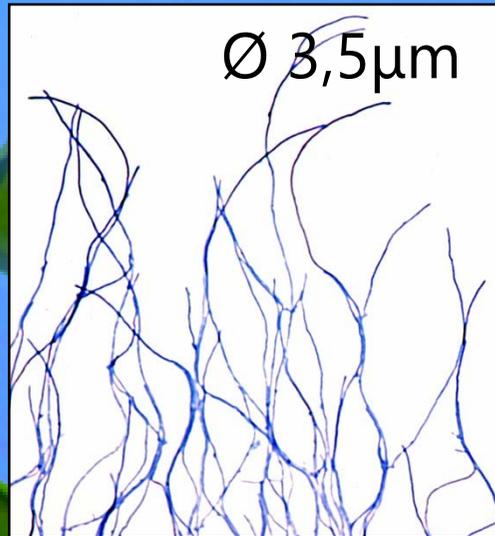
G. applanatum



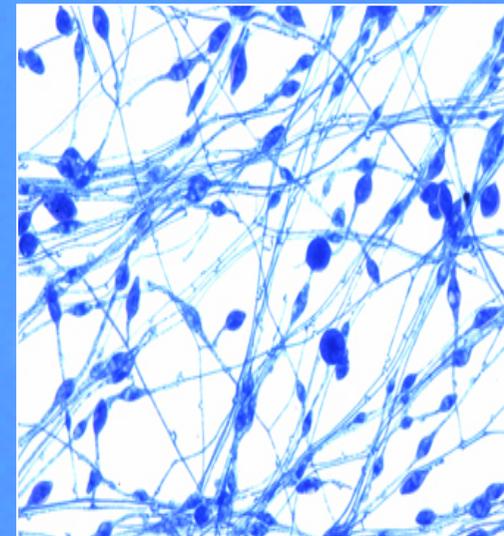
G. resinaceum



Hyphenstränge an
der Peripherie der
Reinkultur

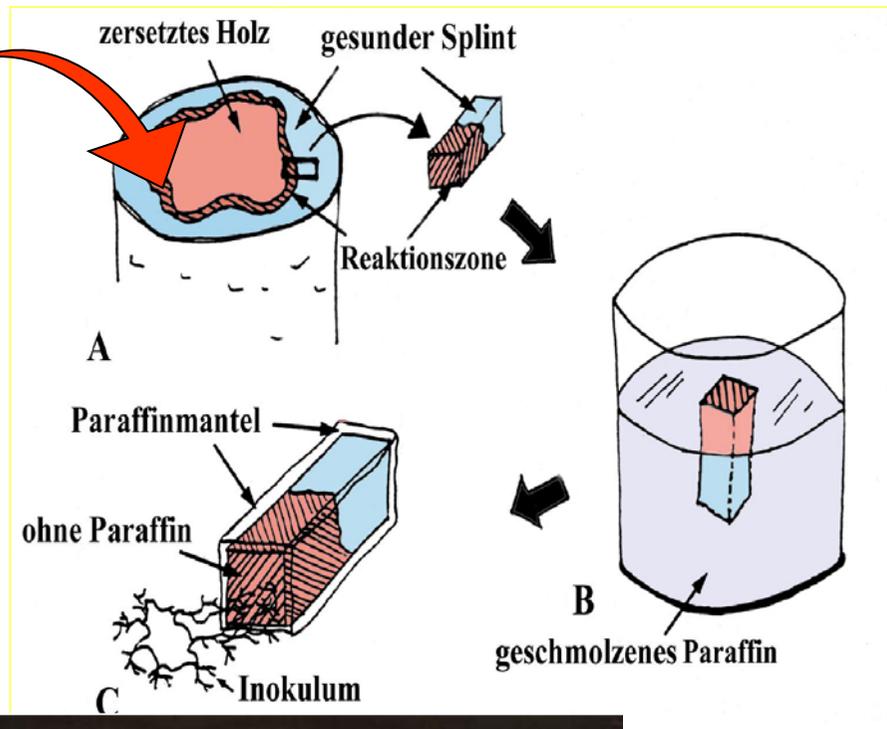
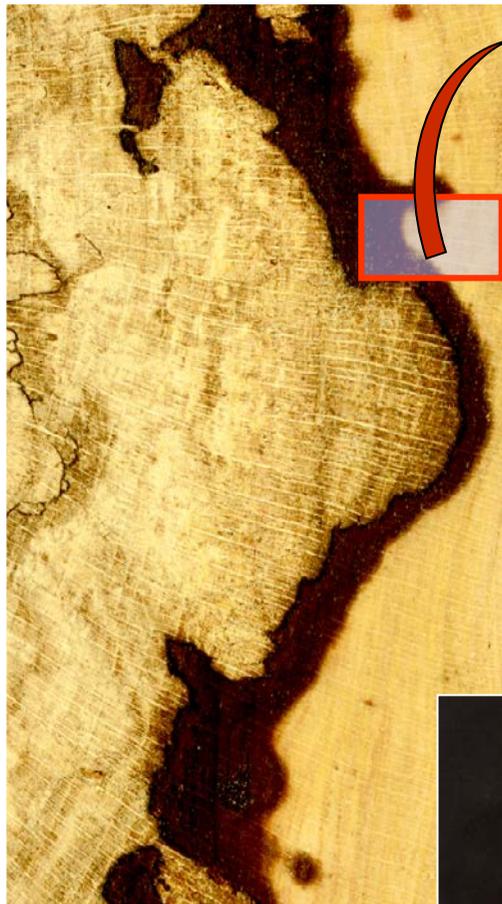


Keine
Hyphenstränge

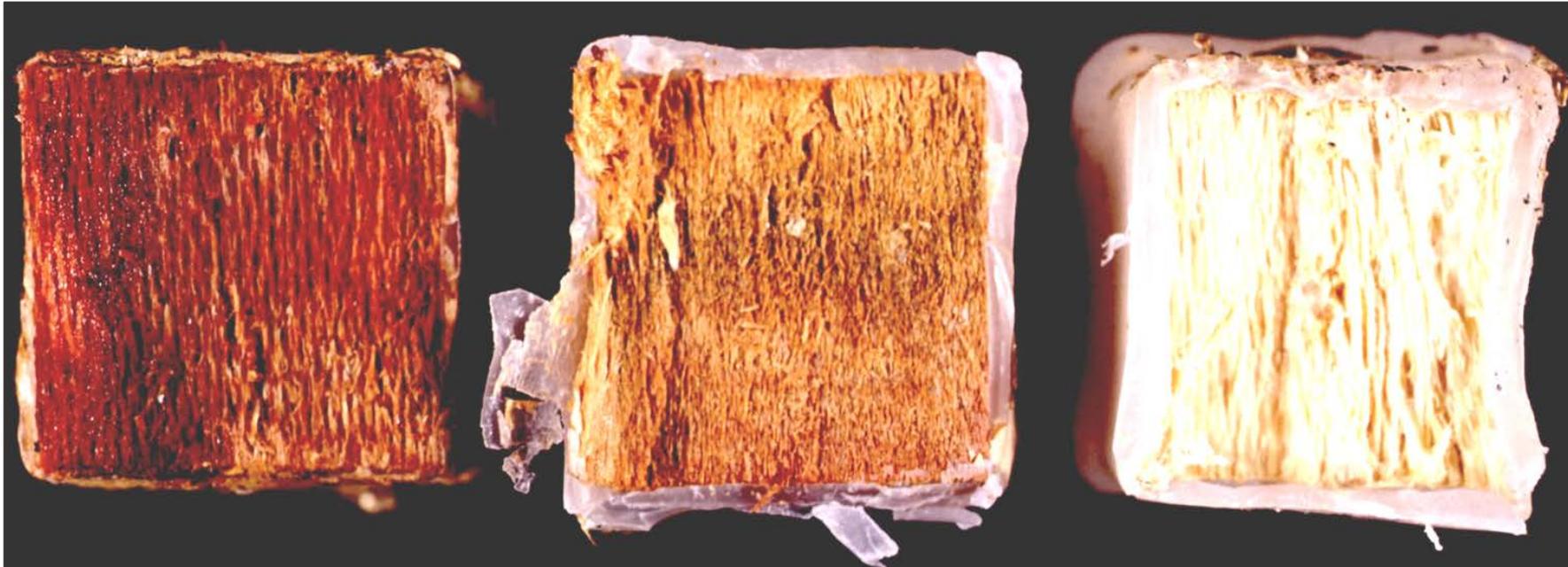


Chlamydosporen

Künstliche Inokulation von Holzklötzchen mit Reaktionszonen



Inokulierte Buchenklötzchen mit Reaktionszonen nach 18 Wochen

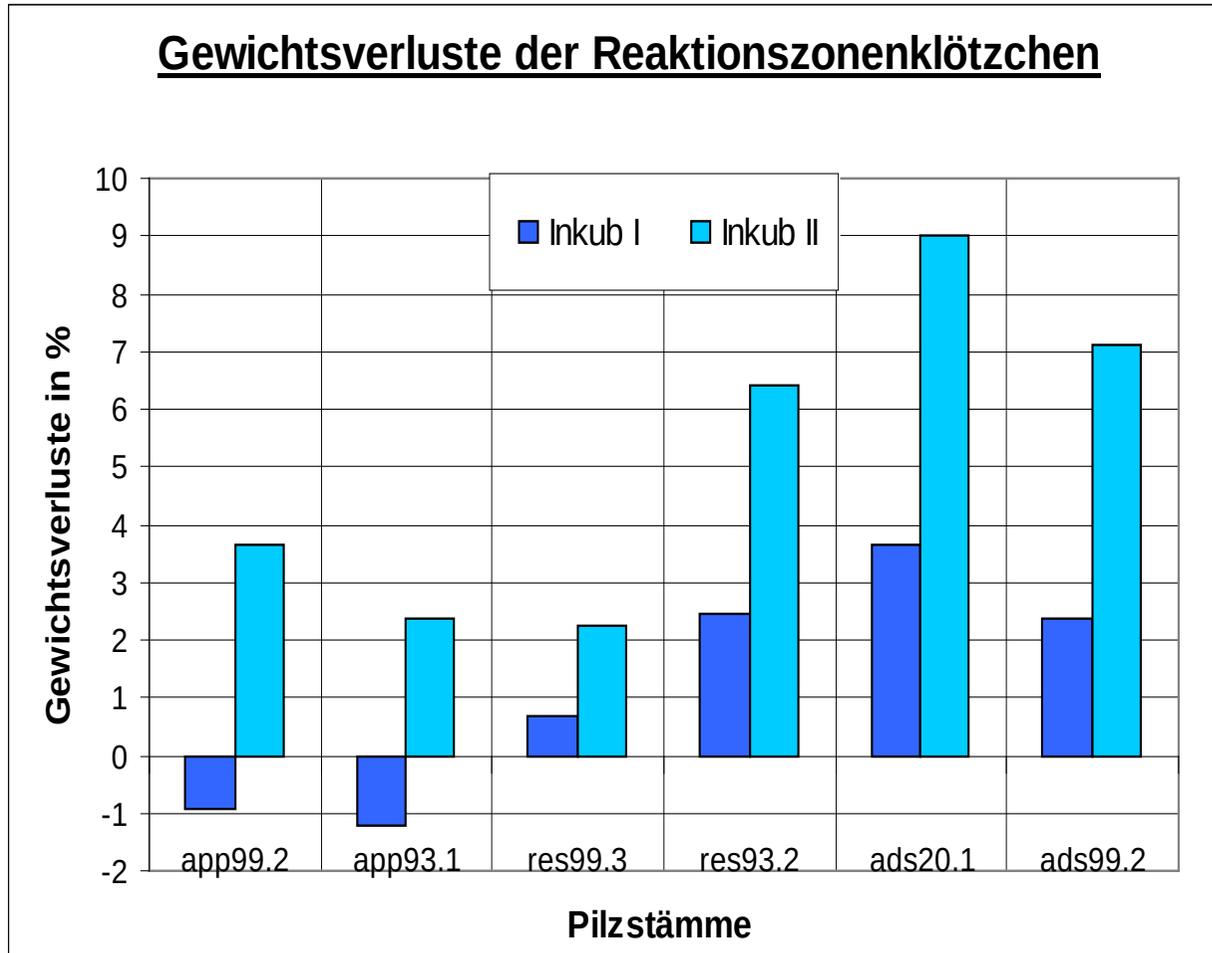


G. lipsiense

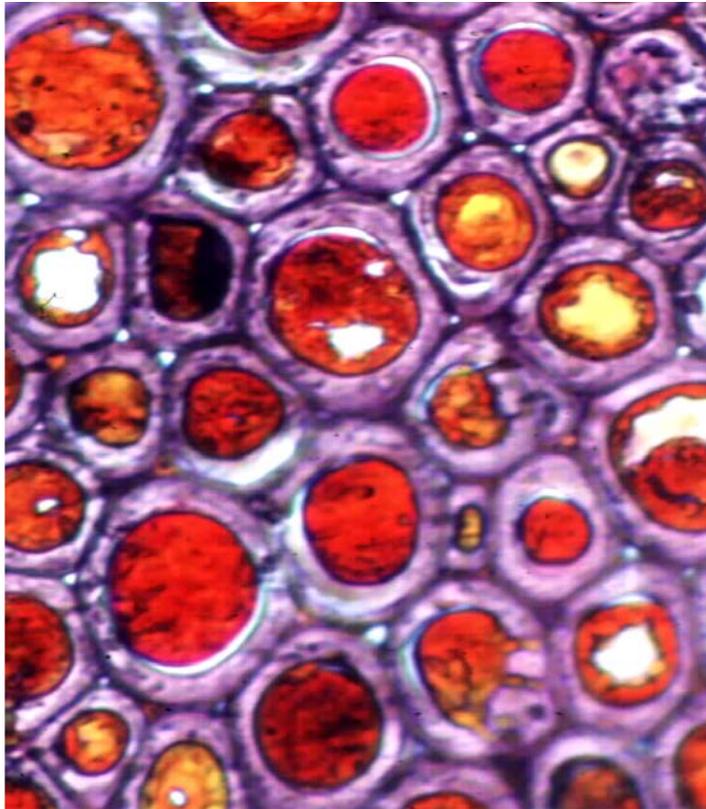
G. resinaceum

G. adspersum

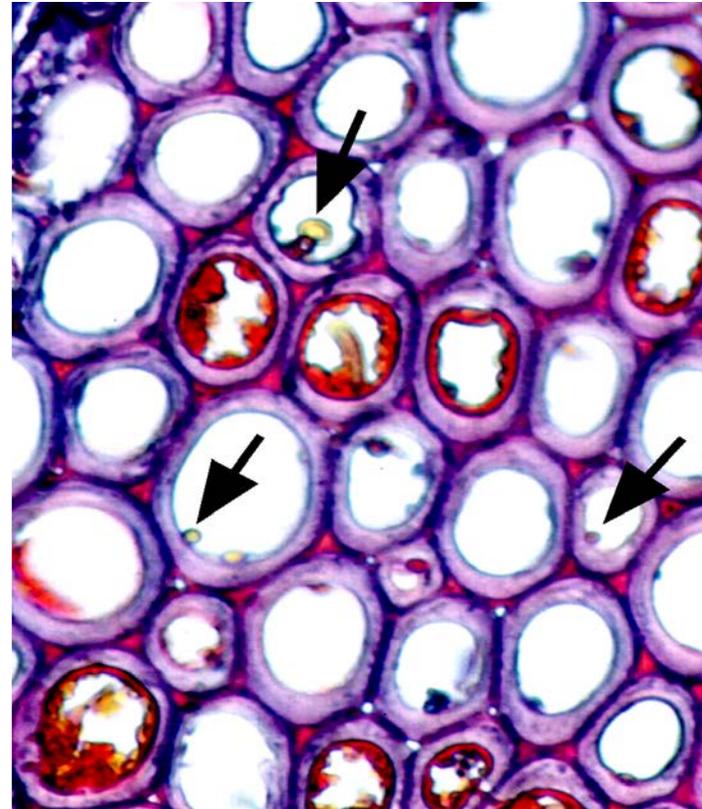
Einfluss der Reaktionszone auf Abbauraten durch *Ganoderma* spp.



Mikroskopische Auswertung der Reaktionszonenklötzchen:

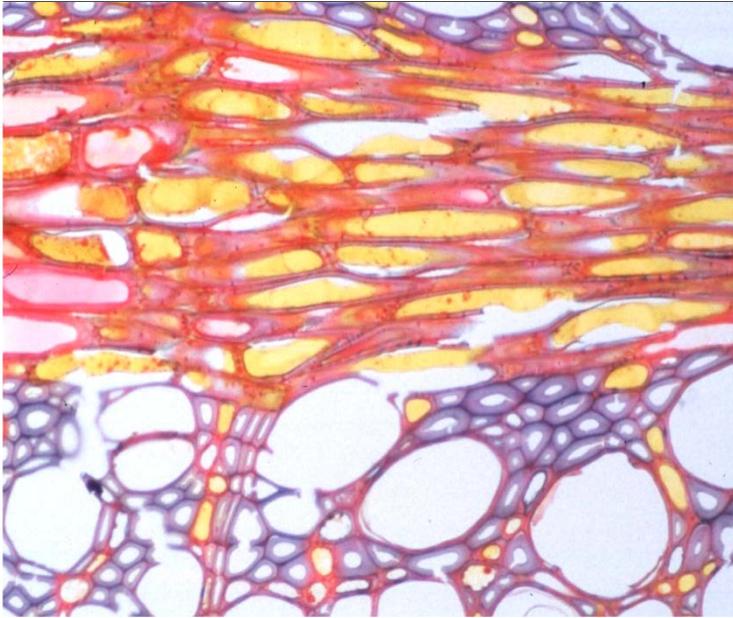


G. lipsiense (8 Wochen)

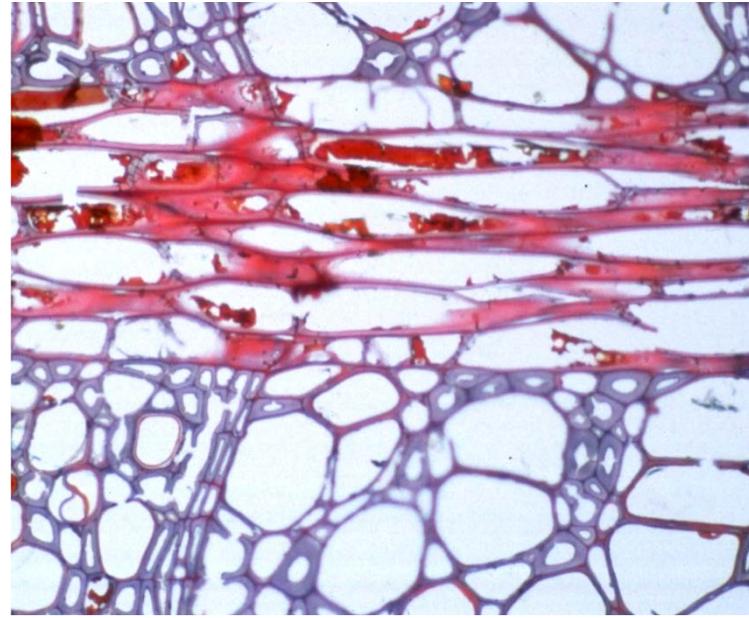


G. adpersum (4 Wochen)

Mikroskopische Auswertung der Reaktionszonenklötzchen

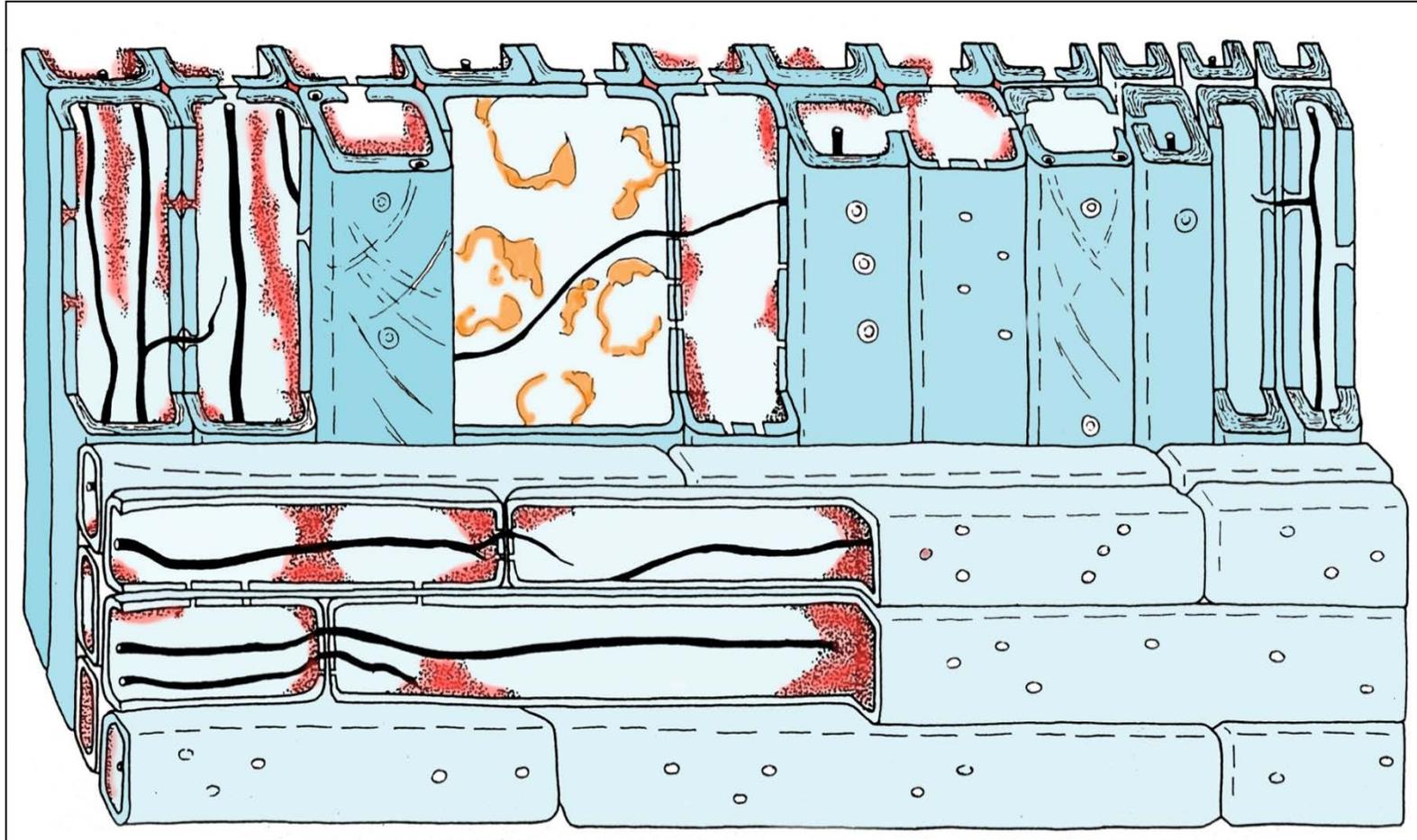


Holzstrahl vor der Inkubation
mit *G. adspersum*

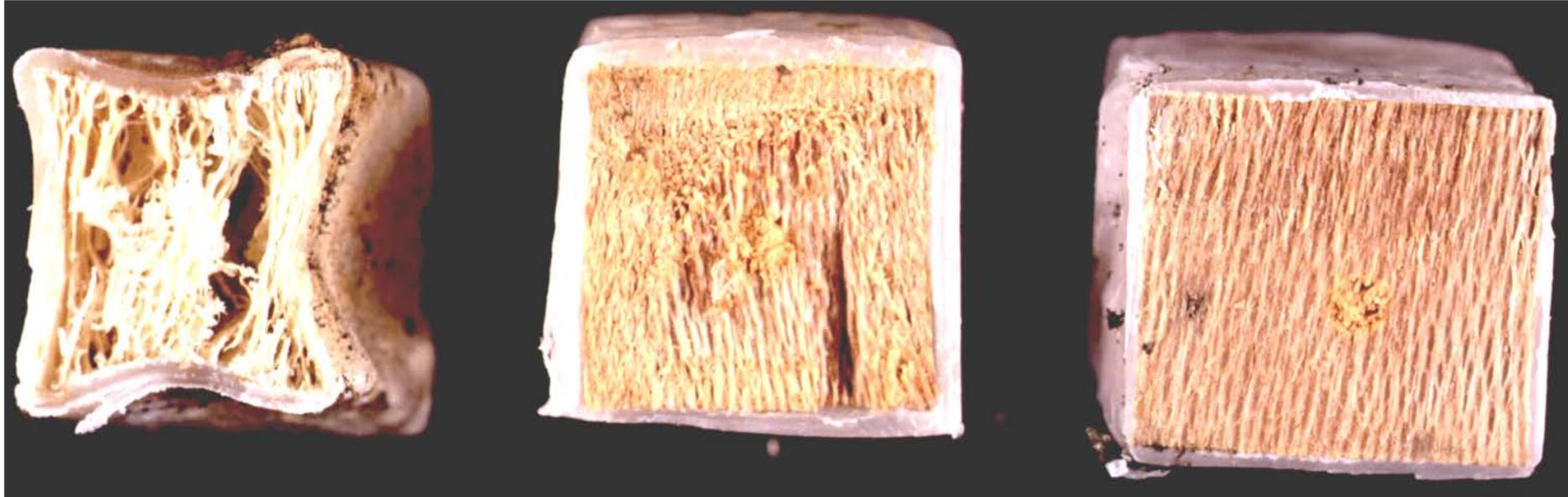


Holzstrahl nach der Inkubation
mit *G. adspersum*

Buchen-Reaktionzone und *Ganoderma adspersum*



Vergleich der Splintholzklötzchen nach 18 Wochen Inkubation:

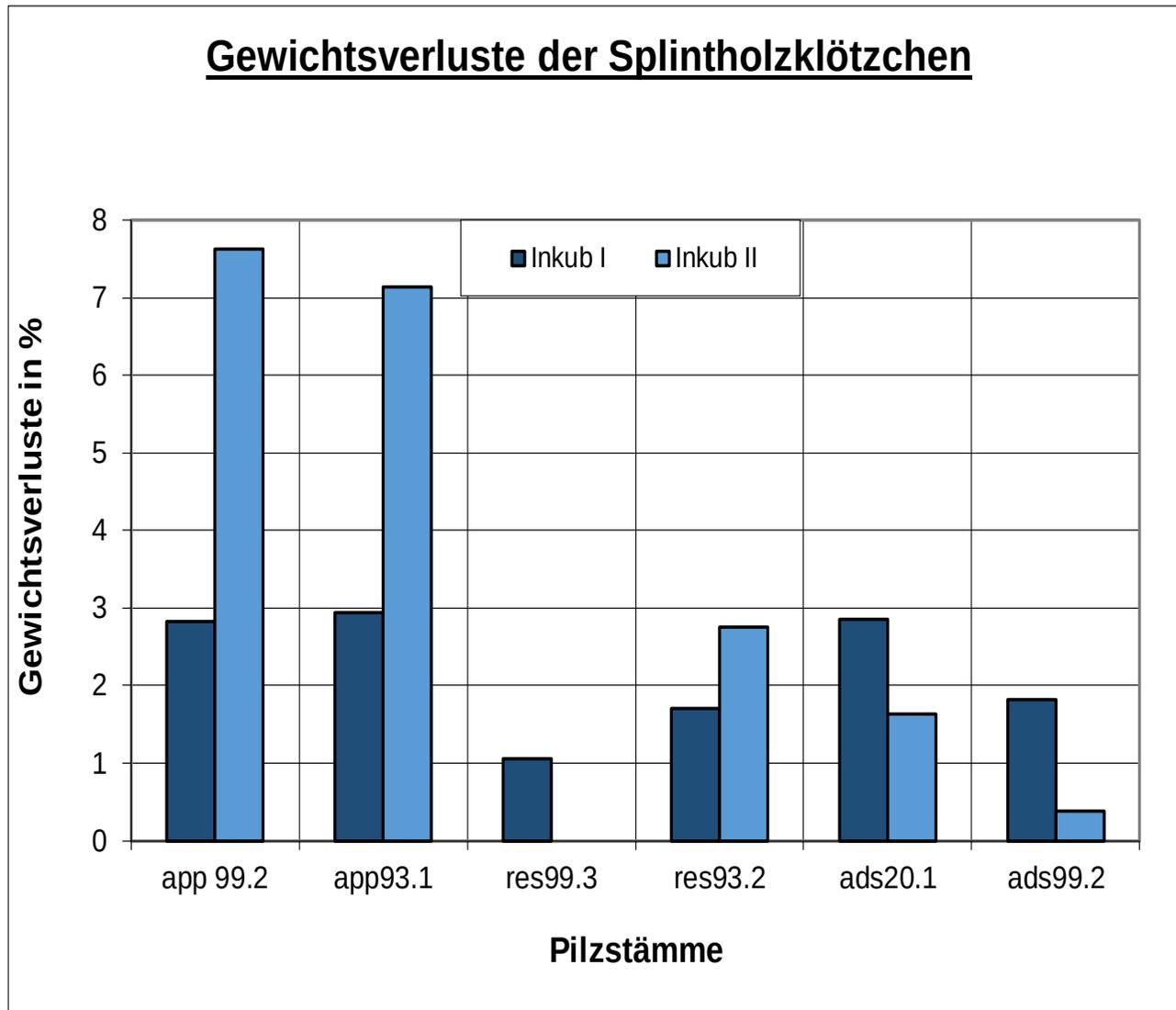


G. lipsiense

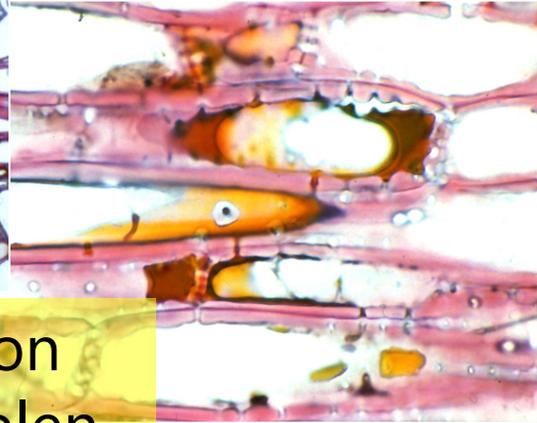
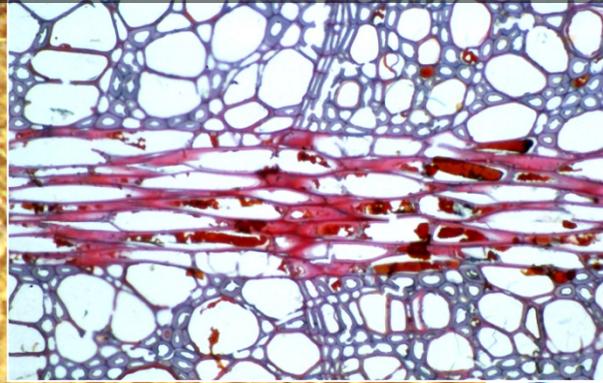
G. resinaceum

G. adspersum

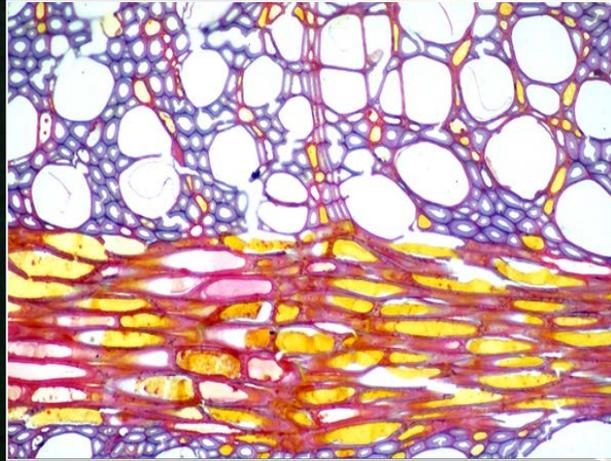
Einfluss der Reaktionszone auf Abbauraten durch *Ganoderma* spp.



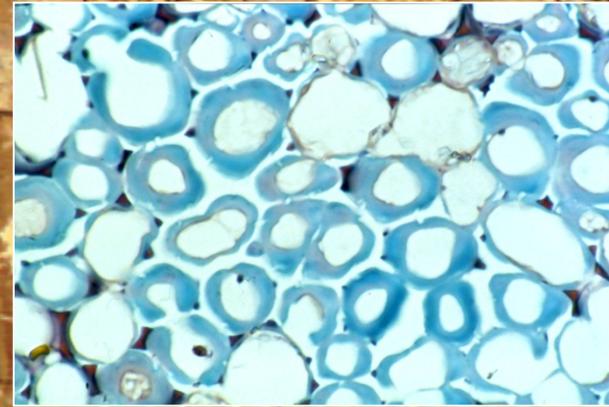
Interaktionen *Ganoderma adspersum* und *Fagus sylvatica*



Abbau von
Polyphenolen

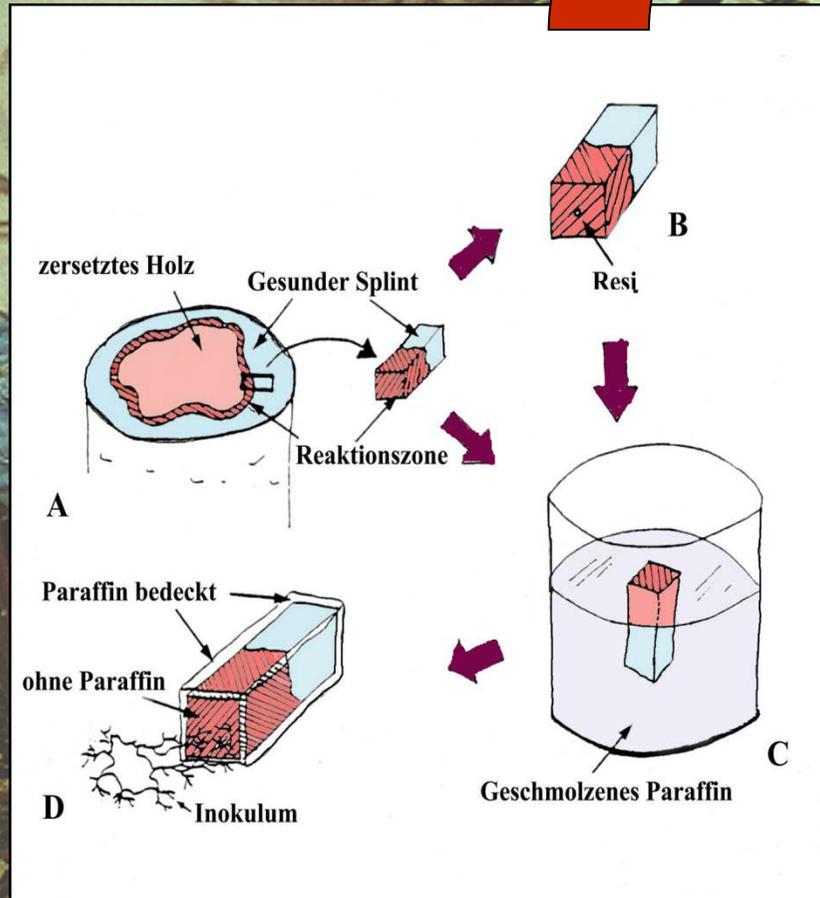


Polyphenole in
der Reaktionszone



Selektive
Delignifizierungen

Verletzung der Reaktionzone und die Auswirkung auf die Entwicklung einer Holzzersetzung durch *G. lipsiense*



Tangential

Querschnitt

Zusammenfassung

	Holzabbau- intensität	Aggressivität
<i>G. lipsiense</i>	+ + +	+
<i>G. resinaceum</i>	+ +	+ +
<i>G. adpersum</i>	+	+ + +

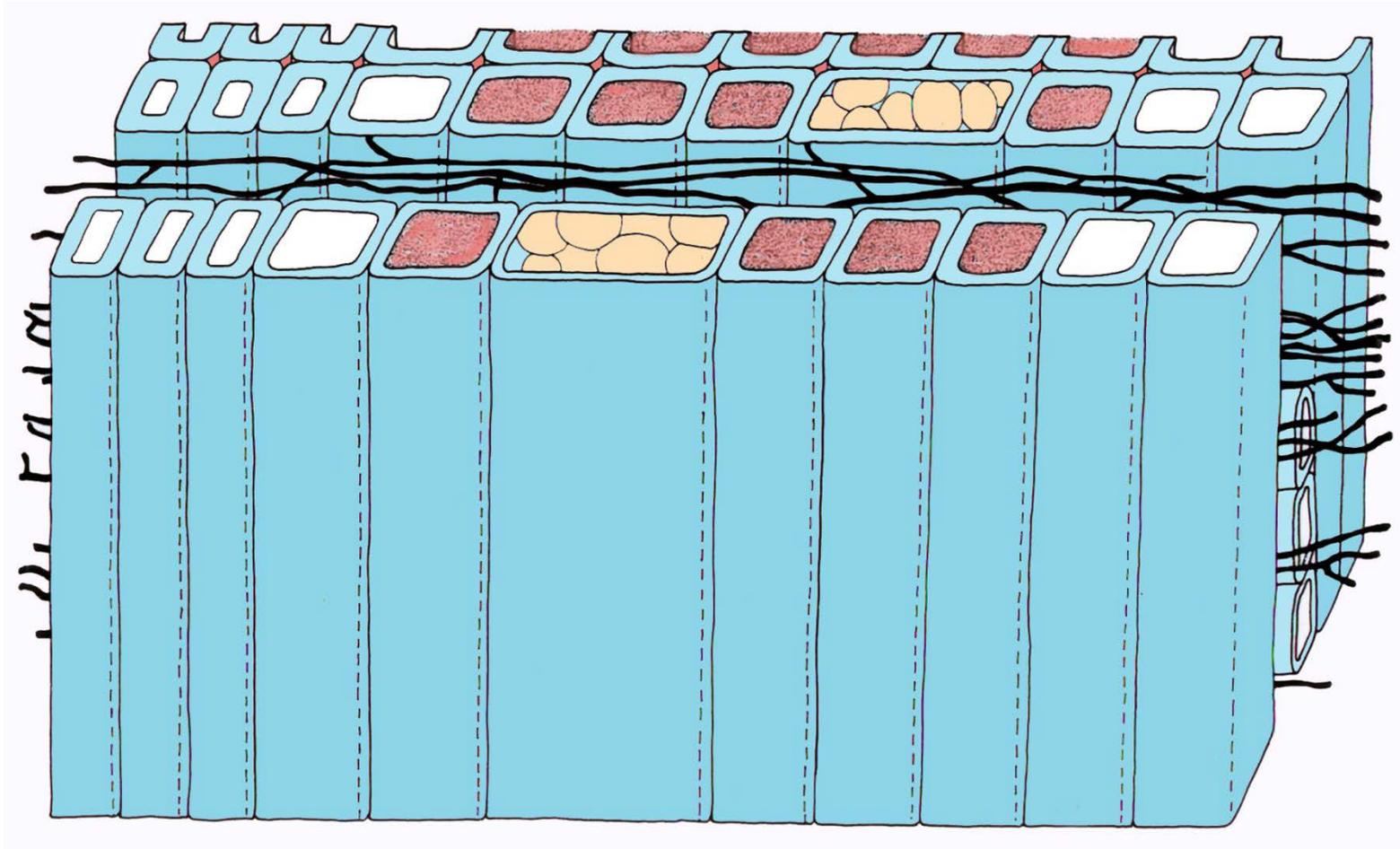
Holzabbauintensität: Tatsächlicher Verlust an Holzmasse.

Aggressivität: Fähigkeit lebendes Gewebe zu parasitieren.

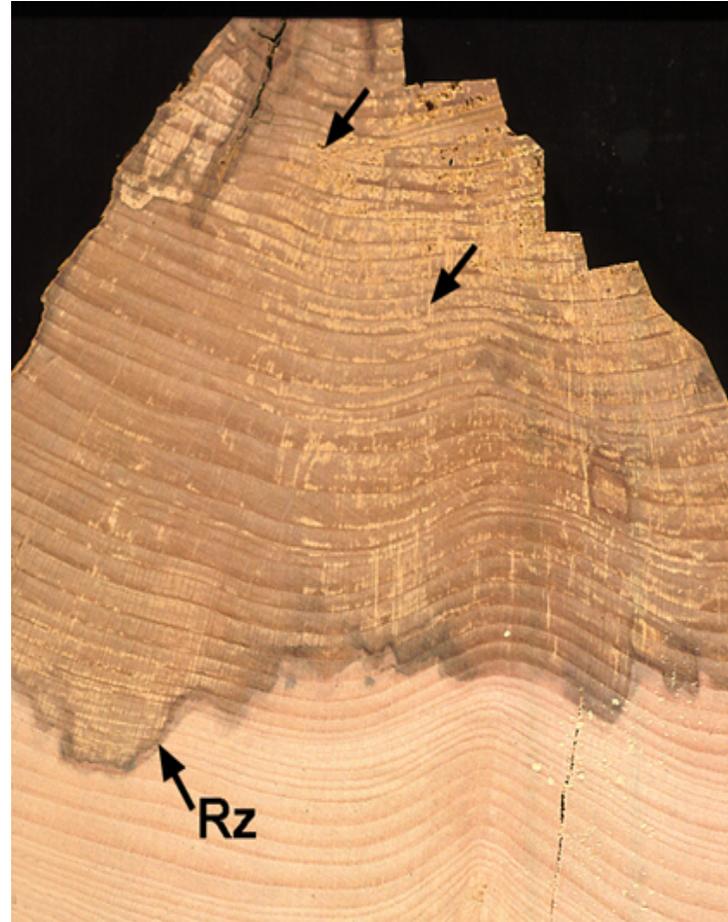
Der Echte Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*)



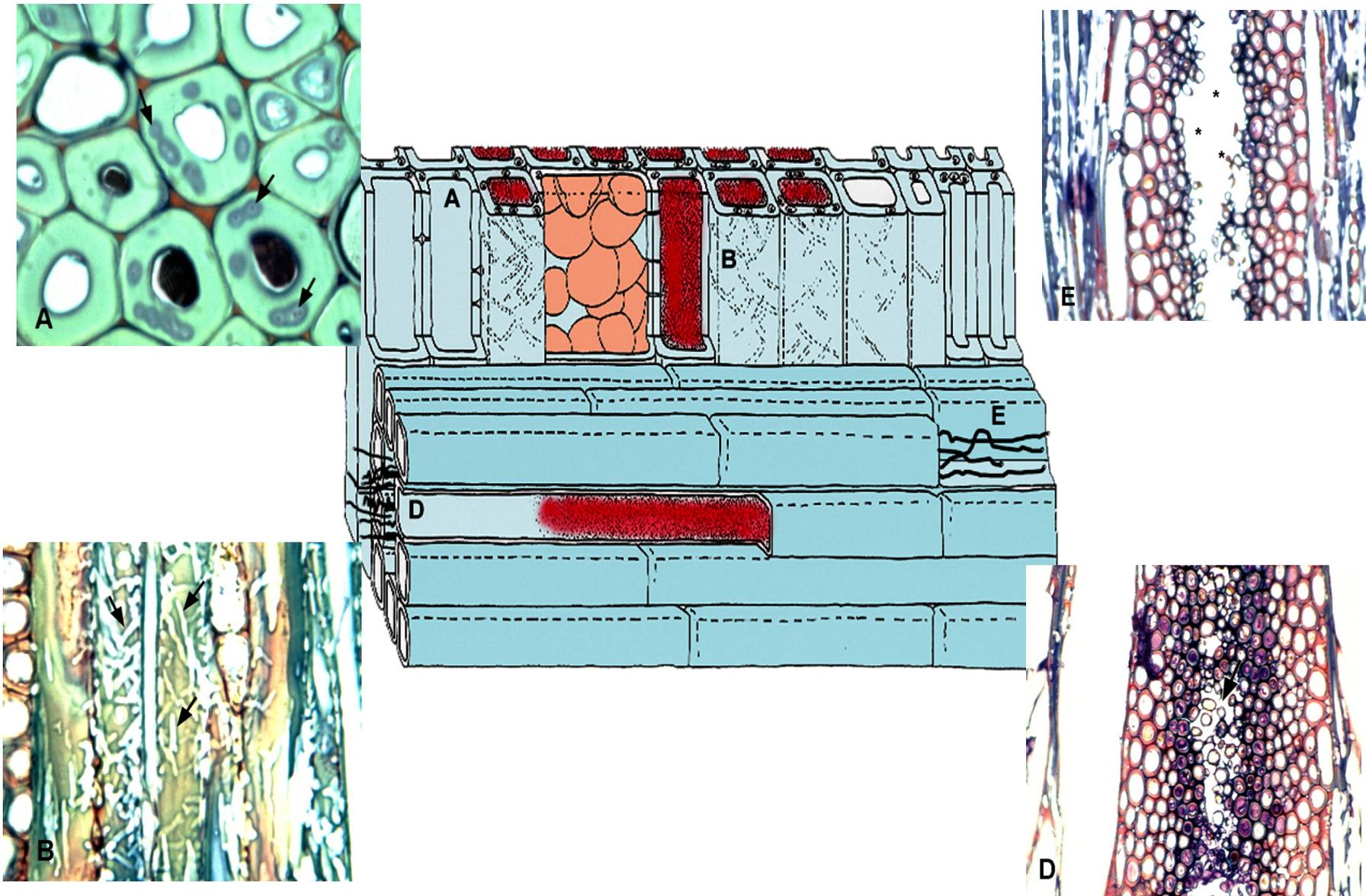
Buchen-Reaktionszone und *Fomes fomentarius*



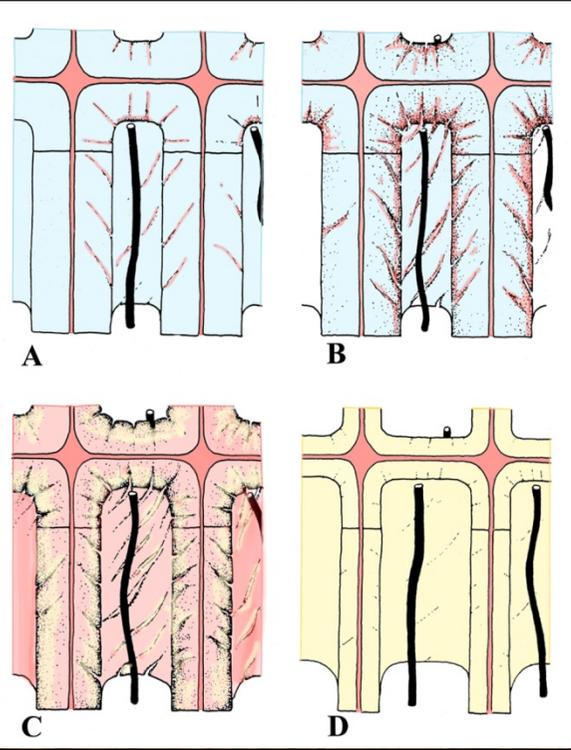
Der Riesenporling (*Meripilus giganteus*)



Buchen-Reaktionszone und *Meripilus giganteus*

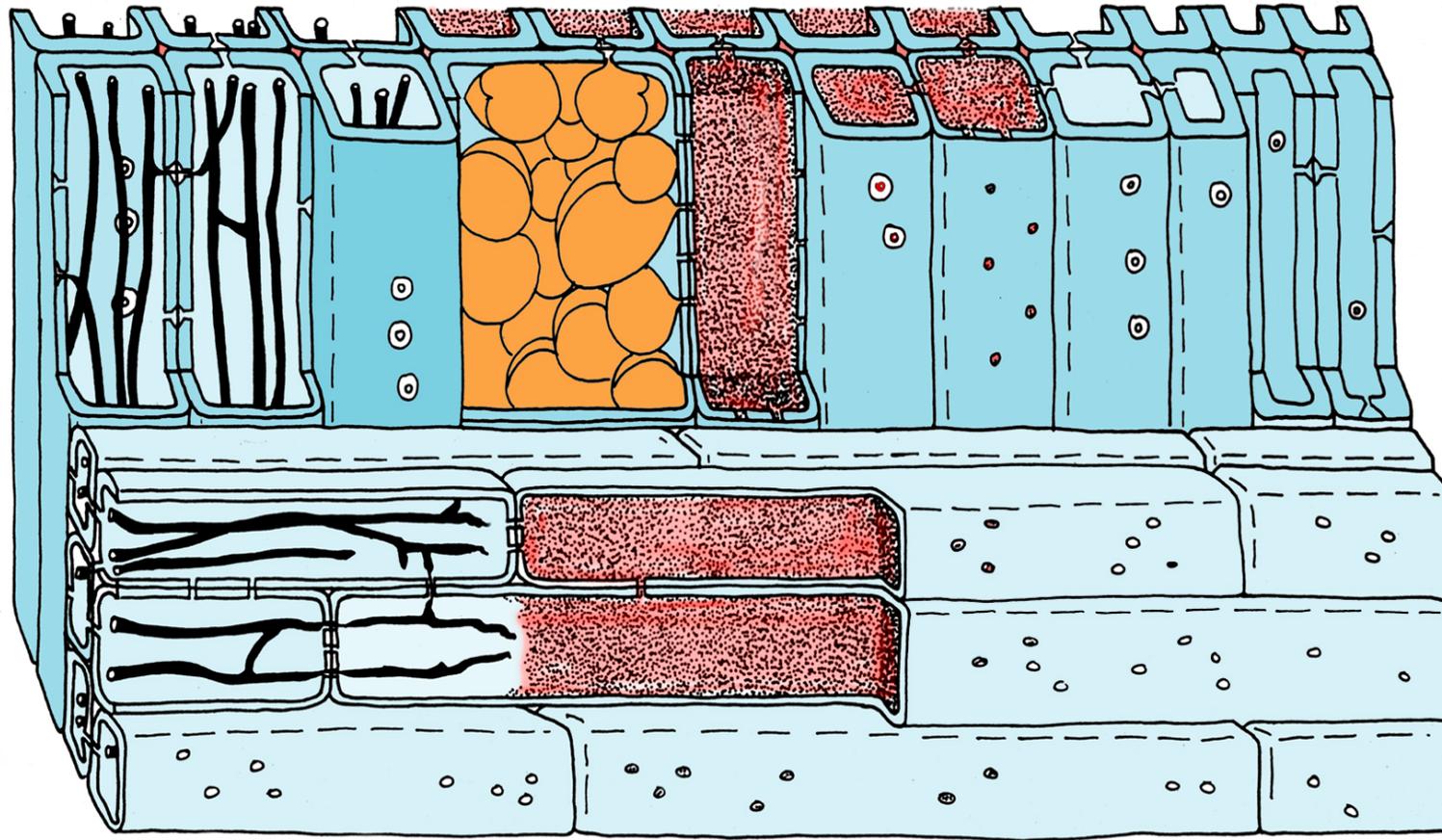


Braunfäuleerreger



Braunfäule

Buchen-Reaktionszonen und *Laetiporus sulphureus*



Fäuledynamik im Splintholz lebender Bäume

Verschluss der Zelllumina
mit Polyphenolen

Moderfäule

Anatomie

Verthyllung

Chemisches
Material

Spalten und
Risse

Reaktionszone

Virulenz

Komposition

Einlagerungen

Suberin-
auflagerungen

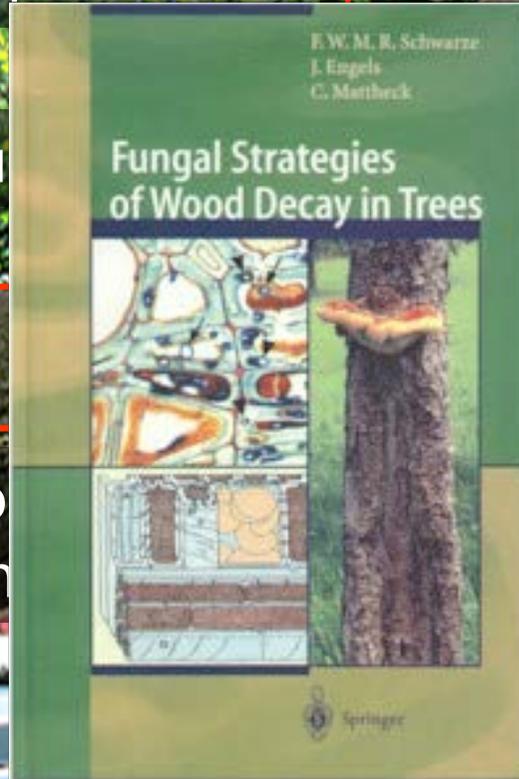
Ver-
strategien Mechanische
Durchbrechung

Vitalität und
Jahreszeit

Feuchtigkeits-
veränderung

Anpassung an das
Substrat

Inokulumpotenzial



Schwarze (2001)
Arboric. Journal 101, 1201-1214.

