

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 154 (2003)
Heft: 10

Artikel: Vergleichende Untersuchungen zum Brandverhalten der Borken von Föhre, Lärche und Robinie
Autor: Centonze, Carlo / Baum, Sebastian / Niemz, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098200>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vergleichende Untersuchungen zum Brandverhalten der Borken von Föhre, Lärche und Robinie

CARLO CENTONZE, SEBASTIAN BAUM UND PETER NIEMZ

Keywords: Fire resistance; heat conductivity; bark; density. FDK 812

1. Einleitung

Einige Baumarten sind in der Lage mittels ihrer Borken hohe Temperaturen, zum Beispiel bei Waldbränden, sehr stark abzumildern, so dass die dahinter liegenden lebenden Kambiumzellen nicht in Mitleidenschaft gezogen werden (GOLDAMMER 1993). Diese Fähigkeit macht das natürliche Isolationsmaterial Borke auch für den menschlichen Gebrauch interessant. Vorstellbar ist sowohl eine direkte Nutzung als Brandschutz als auch eine adaptative Nutzung des Borkenprinzips in modernen Isolationsmaterialien, wie es bereits bei der Fertigung von Dämmplatten aus Borke praktiziert wurde (METTE & KORELL 1989). Die Borke fällt beim Entrinden der Stämme als Nebenprodukt in grossen Menge als «Abfallprodukt» an und ist deshalb mit relativ geringem Kostenaufwand zu bekommen. Pro verarbeitetem Festmeter Holz fallen im Schnitt 0,24 m³ oder 71 kg Rinde an (METTE & KORELL 1989). Trotz dieses Potenzials waren materialtechnische Studien an Borke bisher wenig zahlreich (HENGST & DAWSON 1994).

Eine gute Widerstandsfähigkeit von Borke gegen Feuer ist von Baumarten bekannt, die in Gebieten vorkommen, in denen regelmässige natürliche Feuer zum ökologischen Gleichgewicht der Wälder gehören (STEPHENSON & SMITH 1988; GASHAW *et al.* 2002). Aber auch in Mitteleuropa scheinen die mächtigen Borken einiger Baumarten solche Fähigkeiten zu besitzen, weshalb für die Studie die heimischen Arten Föhre, Lärche und Robinie ausgewählt wurden. Föhre und Lärche verfügen über eine typische Schuppenborke. Die Schuppen verursachenden Innenperiderme produzieren die drei Korkschichten Phlobaphen-, Schwamm- und Steinkork. Der Steinkork gilt wegen seiner dicken und stark lignifizierten Zellwände als mechanisch wichtige Dampfschicht, dem Phlobaphenkork werden auf Grund seiner Suberin- und Gerbstoffeinlagerungen sehr gute fungistatische Eigenschaften zugeschrieben (z.B. HOLDHEIDE 1950; ESAU 1969). Typisch für die Föhre ist ein enormes Aufblähen der Parenchymzellen in der Borke. Eine besonders breite Schwammkorkschicht und ein

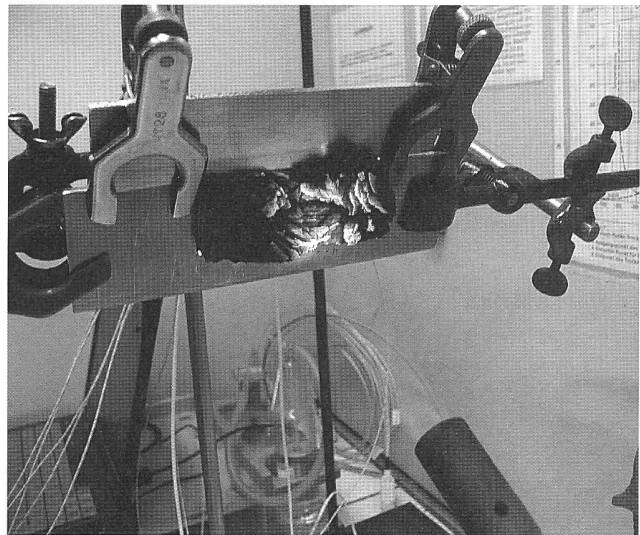


Abbildung 2: Vorderseite einer Borkenprobe während des Brandversuchs.

sehr regelmässiger Aufbau charakterisieren die Lärchenborke. Die Robinienborke ist als Schuppen-Faserborke zu bezeichnen und reisst grobnetzartig auf. Die einzelnen Schuppen sind vergleichsweise dünn (<1 mm) und sehr stark verkorkt.

Mit Brandversuchen sollte geprüft werden, inwieweit sich die Borken der genannten Baumarten in ihrem Brandverhalten (Feuerwiderstand) und ihrer Wärmeleitfähigkeit unterscheiden und welche Rolle die Dicke, Dichte und anatomische Struktur dabei spielen.

2. Material und Methoden

Von drei Föhren (*Pinus sylvestris* L., Zürichberg), vier Lärchen (*Larix decidua* Mill., Faido) und drei Robinien (*Robinia pseudoacacia* L., Vacallo), die einen Mindestdurchmesser von 60 cm in Brusthöhe aufwiesen, wurden jeweils Borkenproben aus dem untersten Stammteil (30 bis 90 cm über Boden) entnommen. Es wurden pro Baumart 12 Probenstücke von 7 cm Länge und 3 cm Breite zugeschnitten und bei 20 °C und 65% Luftfeuchte klimatisiert.

Die klimatisierten Proben wurden von der Innenseite in radialer Richtung so angebohrt und mit Temperatur-Sonden versehen, dass eine Messung in 8 mm (vier Sonden) und 12 mm (sechs Sonden) Abstand von der Borkenaussenseite (Beflammungsseite) möglich war (Abbildung 1). Vier der zehn Sonden lagen im zentralen Bereich der Prüfkörper. Bei den verwendeten Temperatursonden handelte es sich um 3x3-mm-Nickel-Chrom-Sonden. Ein zusätzlicher mittlerer Bohrkanaal wurde gänzlich durch die Borke getrieben, um durch eine Platinsonde (Pt 104) die Temperatur an der Borkenoberfläche überprüfen zu können. Die gemessenen Temperaturwerte wurden alle acht Sekunden von einem Datenlogger (Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen, D) ausgelesen.

Die klimatisierten und 45° nach unten geneigten Proben wurden von einem standardmässigen Propangasbrenner be-

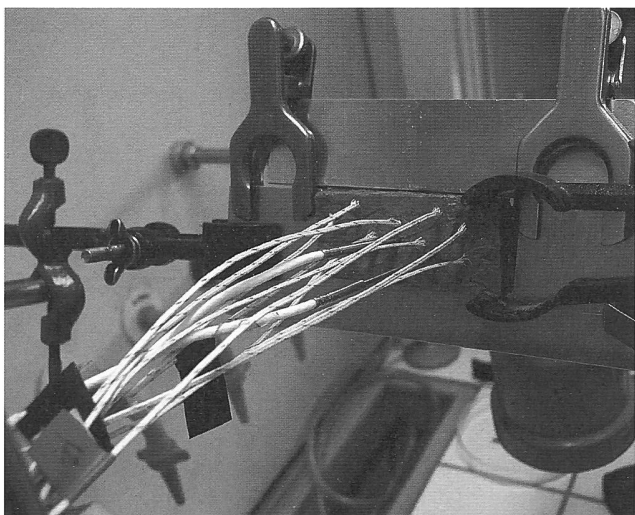
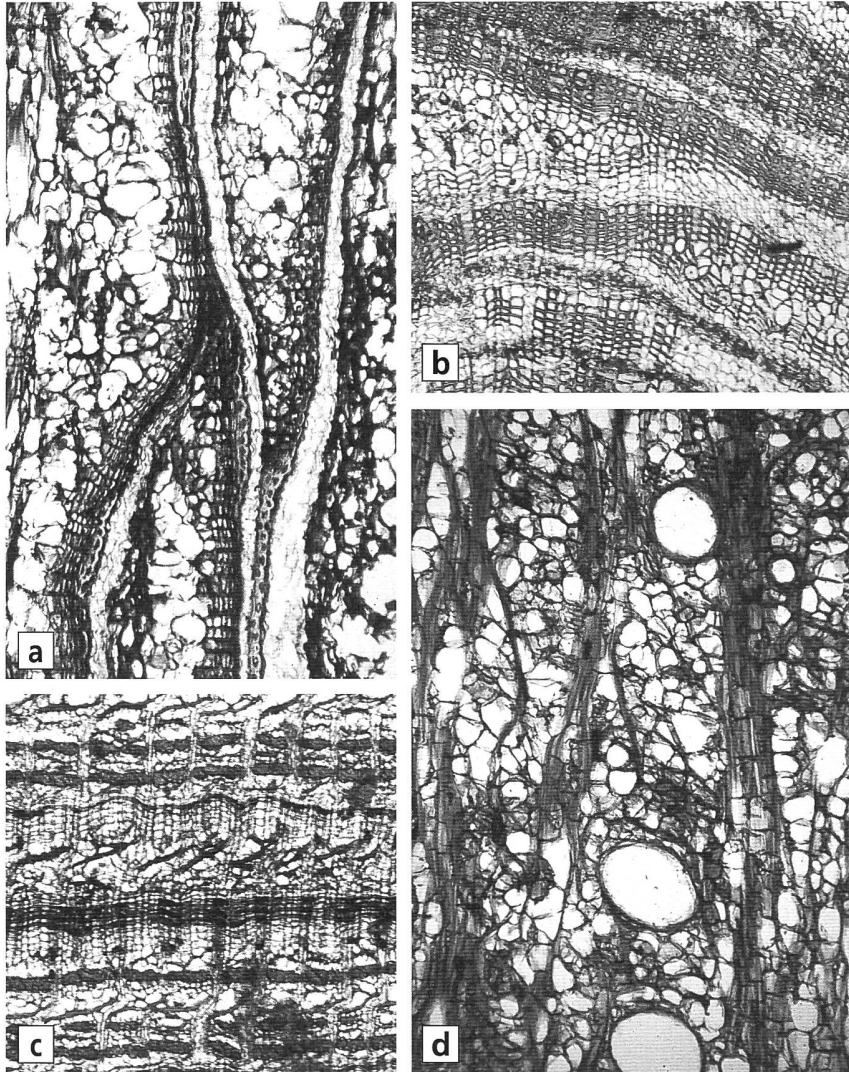


Abbildung 1: Rückseite einer Borkenprobe mit Temperatursonden und Feuerschutz.

Abbildung 3: Mikroskopische Aufnahmen der Borkenproben.

- a) Radialschnitt durch Föhre. Die einzelnen Periderme, Trennbereiche für die später erfolgende Schuppenbildung, sind gut erkennbar.
- b) Querschnitt durch Lärche: dickwandige Steinkorkzellen und dünnwandige Schwammkorkzellen wechseln sich ab.
- c) Querschnitt durch Robinie: ein sehr regelmässiger Aufbau mit engem Schichtverlauf ist typisch für diese Baumart.
- d) Querschnitt durch Föhre: stark aufgeblähte Parenchymzellen zwischen den Harzkanälen.



feuert, der in einem Abstand von 10 cm mit einem Steigungswinkel von 45° fixiert war (Abbildung 2). Alle Proben wurden für drei Minuten befeuert, wobei auf der Borkenoberfläche Temperaturen von etwa 420 °C erzeugt wurden. Um den Brandverlauf auf die Borkenvorderseite zu beschränken wur-

Tabelle 1: Wichtige Charakteristika der Borkenproben (Mittelwerte).

	Föhre	Lärche	Robinie
Rohdichte	0,361 g/cm ³	0,396 g/cm ³	0,275 g/cm ³
Feuchteklima	20 °C/65% LF	20 °C/65% LF	20 °C/65% LF
Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C	0,0894 W/mK	0,0978 W/mK	0,0752 W/mK
Wärmeleitfähigkeit bei 30 °C	0,0938 W/mK	0,1022 W/mK	0,0787 W/mK
Wärmeleitfähigkeit bei 50 °C	0,0982 W/mK	0,1065 W/mK	0,0822 W/mK
Wärmeleitfähigkeit bei 70 °C	0,1026 W/mK	0,1109 W/mK	0,0857 W/mK
Flächen-Verhältnis Zellwand zu Zelllumen	62 : 28	66 : 34	58 : 42

Die anhand von Mikroschnitten durchgeführte Berechnung der Flächenverteilung ergab ein für die Baumarten unterschiedliches Verhältnis von Zellwand zu Porenvolumen. Das mit 62% grösste Porenvolumen wies die Robinie auf, der höchste Zellwandanteil mit durchschnittlich 66% wurde bei

Tabelle 2: Mittlere Temperaturmesswerte an den Borkenproben während der Brandversuche (n=12).

	Föhre	Lärche	Robinie
Rohdichte	0,361 g/cm ³	0,396 g/cm ³	0,275 g/cm ³
Temperaturkulmination in 8/12 mm Tiefe nach	232/304 s	216/184 s	184/184 s
Temperatur nach 3 min in 12 mm Tiefe	68,4 °C (s = 10,4 °C)	67,4 °C (s = 11,1 °C)	89,8 °C (s = 22,9 °C)
maximale Temperatur in 12 mm Tiefe	80,1 °C	67,4 °C	89,8 °C
Temperatur nach 3 min in 8 mm Tiefe	84,2 °C	82,9 °C	108,7 °C
maximale Temperatur in 8 mm Tiefe	89,1 °C	85,7 °C	108,7 °C

den rund um die Proben Aluminiumplatten angebracht. Während der Brand- und der anschliessenden Abkühlungsphase von weiteren drei Minuten wurden die Temperaturdaten vom Datenlogger ausgelesen. Um einen vergleichbaren Versuchsablauf zu garantieren wurden die Gaskartuschen bei Erreichen eines kritischen Gewichts gewechselt und die erzeugte Temperatur an der Probenoberfläche ständig überwacht. Diese Prüfung entsprach vom Prinzip her der Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer.

Für die Wärmeleitfähigkeitsmessungen wurden pro Baumart zusätzlich einige Proben (35x35x10 mm) darrgetrocknet sowie deren Rohdichte bestimmt. Die Wärmeleitfähigkeits-Messungen (an der Empa in Dübendorf) wurden mittels einer Kleinausführung von durch Flüssigbäder erhitzten bzw. gekühlten Wärmeleitfähigkeitsmessplatten durchgeführt (WAKILI et al. 2003). Die Borkenproben wurden zwischen zwei Kupfer-Glas-Kupfer-Platten eingespannt und bei Temperaturen von 10 °C, 30 °C, 50 °C und 70 °C gemessen. Der λ-Wert wurde über alle Temperaturen rechnerisch ermittelt.

Es erfolgten makroskopische und mikroskopische Auswertungen der Borkenproben vor und nach den Brandversuchen. Der Anteil des Porenvolumens wurde für die Borke jeder Baumart mit dem Analyseprogramm *Image Pro Plus* ermittelt sowie die Ausbildung der Kohleschichten nach den Brandversuchen charakterisiert.

3. Ergebnisse

Der mikroskopische Vergleich der Borkentypen vor dem Brandversuch zeigte ein heterogenes Bild mit den bekannten anatomischen Unterschieden (Abbildung 3).

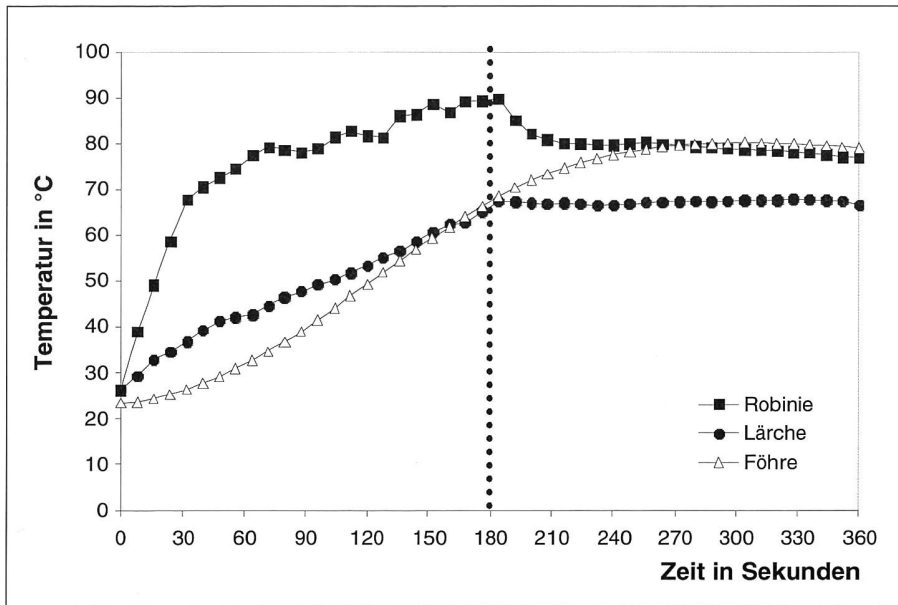


Abbildung 4: Vergleich des Temperaturverlaufs der drei Rindenarten (n=12).

Mittelwert der jeweils sechs Sonden in 12 mm Borkentiefe. Ende der Hitzezufuhr nach 180 Sekunden (gestrichelte Linie).

Lärche gefunden. Entsprechend wurden Unterschiede in den Rohdichten der Borken zwischen den Baumarten festgestellt, die von 0,275 g/cm³ (Robinie) bis zu 0,396 g/cm³ (Lärche) reichen (Tabelle 1).

Die Temperaturzunahme in den Borken war während der Brandversuche von Baumart zu Baumart sehr verschieden (Tabelle 2, Abbildung 4). Der Temperaturverlauf in der Föhrenborke lässt sich durch ein zuerst sehr langsames, dann aber steiler werdendes sehr stetiges Ansteigen charakterisieren. Die Temperaturkurve kulminierte erst deutlich nach der 180 Sekunden dauernden Brennphase und erreichte bei 89,1 °C (8 mm) bzw. 80,1 °C (12 mm) ihr Maximum. In der Lärchenborke war ein während der Brennphase nahezu linearer Temperaturanstieg zu verzeichnen (Abbildung 4). Die Maximaltemperatur fiel in 8 mm Tiefe mit dem Ende der Brennphase (85,7 °C) zusammen, verzögerte sich in 12 mm Tiefe nur um etwa 36 Sekunden (67,4 °C) und war im Vergleich mit den beiden anderen Arten klar am niedrigsten. Die Robinienborke leitete die Wärme am schnellsten und erreichte Maximalwerte von durchschnittlich 108,7 °C (8 mm Messtiefe). In beiden Messtiefen fielen Maximaltemperatur und Ende der Brenndauer zusammen (Tabelle 2).

Vergleicht man den Temperaturanstieg innerhalb der Borke in verschiedenen Messtiefen, sind ebenfalls Unterschiede zu erkennen. In der Föhrenborke (Abbildung 5) stieg wäh-

rend der ersten 30 Sekunden die Temperatur an den Sonden (8 mm und 12 mm) nur sehr langsam an. Für den Brennereich zwischen 30 und 180 Sekunden stiegen die beiden Temperaturlinien jedoch annähernd linear (Trendlinie für 8 mm: $y = 0,3659x + 18,894$, mit $r^2 = 0,9973$; Trendlinie für 12 mm: $y = 0,29x + 14,799$ mit $r^2 = 0,9955$), bevor sie nach Ausschalten der Hitzequelle abflachten. Daraus errechnet sich ein Steigungsverhältnis der beiden Varianten von 0,79 bei einem Materialdickenzuwachs um 50%. Zieht man zur Berechnung nur die jeweils zwei inneren Sonden heran, beträgt das Steigungsverhältnis 0,42.

Bei der Lärche ist die Temperatursteigerung zu Beginn der Messung ebenfalls moderat (etwa 9 °C bei 8 mm und etwa 6 °C bei 12 mm nach 30 Sekunden). Aus den anschliessenden, bis zum Ende der Hitzezufuhr nahezu linearen Temperaturverläufen errechnet sich aus den Trendlinien (8 mm: $y = 0,3229x + 24,556$ mit $r^2 = 0,9973$; 12 mm: $y = 0,193x + 30,882$ mit $r^2 = 0,9961$) ein Steigungsverhältnis von 0,60 für alle Sonden und von 0,44 für die inneren Sonden. Bei der Robinienrinde stieg die Temperatur für beide Materialdicken in den ersten 30 Sekunden der Befuerung sehr schnell an und die Temperatur steigt bereits auf etwa 59 °C (12 mm) bzw. 68 °C (8 mm). Für den Bereich zwischen 30 und 180 Sekunden flachte der Temperaturanstieg aber schnell ab und es errechnet sich ein Steigungsverhältnis der Trendlinien (8 mm: $y = 0,3133x +$

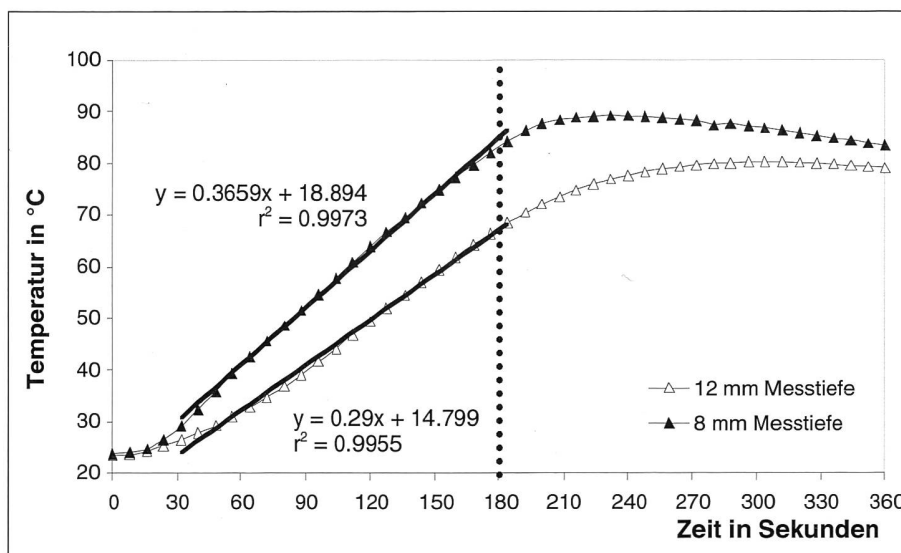


Abbildung 5: Vergleich des Temperaturanstiegs in Föhrenborke in den Messtiefen 8 mm und 12 mm Tiefe (n = 12).

Mittelwerte der jeweils sechs Sonden in 12 mm und der jeweils vier Sonden in 8 mm Borkentiefe. Trendlinien für den Bereich von 30 bis zum Ende der Hitzezufuhr nach 180 Sekunden (gestrichelte Linie).

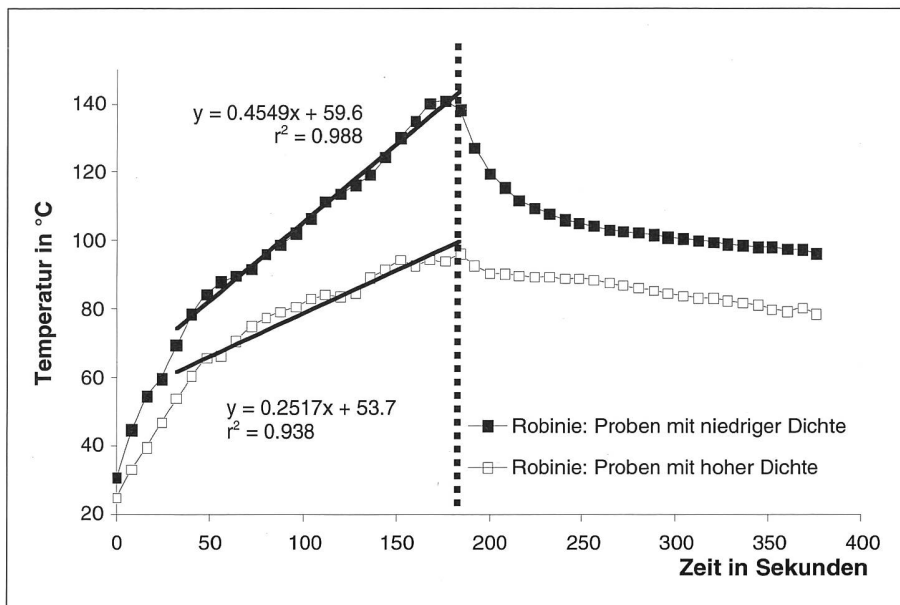


Abbildung 6: Vergleich des Temperaturanstiegs zwischen den Robinienproben mit der niedrigsten ($\rho = 257 \text{ kg/m}^3$) und der höchsten ($\rho = 296 \text{ kg/m}^3$) Dichte ($n = 4$).

Mittelwerte von jeweils 10 Sonden (sechs in 12 mm und vier Sonden in 8 mm Borkentiefe). Ende der Hitzezufuhr nach 180 Sekunden (gestrichelte Linie).

56,131 mit $r^2 = 0,9523$; 12 mm: $y = 0,1329x + 66,674$ mit $r^2 = 0,9421$ von 0,42 für alle bzw. 0,34 für die inneren Sonden.

Differenzierungen innerhalb einer Gruppe zeigen die Abhängigkeit des Temperaturverlaufs von der Dichte (Abbildung 6). Während die Proben mit niedriger Dichte sehr viel schneller und steiler ansteigen, ergab sich für die Borkenproben höherer Dichte eine moderatere Temperaturzunahme. Das Steigungsverhältnis der beiden Gruppen beträgt 1,8.

Die Borken der drei Baumarten zeigten während des Brandversuchs ein optisch deutlich unterschiedliches Abbrennverhalten. Die Schuppen der Lärche blähten sich während des Brennvorgangs auf und wölbten sich der Flamme entgegen. Diese Borkenteile verkohlten rasch und sprangen schliesslich von der Restborke ab, woraufhin die darunter liegende Borkenschuppe exponiert war und sich der Vorgang wiederholte. Die Föhrenproben zeigten zwar ein der Lärche ähnliches, wenn auch schwächeres Aufwölben der Borkenschuppen, sprangen jedoch nicht vom Borkenrest ab, sondern bildeten dicke Kohleschichten aus. Bei der Robinie wiederum konnte keine Verformung der Oberflächenstruktur beobachtet werden. Es bildete sich eine weissliche Kohleschicht, die an verschiedenen Stellen unregelmässig aufbrach (Abbildung 7).

4. Diskussion

Die Messungen des Temperaturverlaufs wurden in Ermangelung geeigneter Prüfvorschriften in einem selbst entwickelten und für die Fragestellung als passend erachteten Prüfverfahren getestet. Bei der Interpretation der Messwerte ist zu berücksichtigen, dass die Sonden an den äusseren Bereichen der Proben teilweise deutlich grössere Temperaturschwankungen und meist höhere Messwerte als im Zentrum der Probe auf-

wiesen. Möglicherweise wurden die Werte durch die die Proben umgebenden und sehr gut wärmeleitenden Aluminiumplatten beeinflusst.

Die Strukturunterschiede zwischen den Borken sind gross. Besonders die Robinienborke weicht in ihrer makroskopischen und mikroskopischen Struktur klar von den Nadelholzborken ab. Die Borkenstruktur äussert sich nicht zuletzt auch in Unterschieden im Brandverhalten. Das Abspringen, Aufblähen oder Zusammenhalten der Borkenschuppen beeinflusst sichtbar die Temperaturerhöhung. Die Lärche weist den am Querschnitt gemessenen grössten Zellwand-Anteil und damit den kleinsten Luftanteil auf. Dass das in der Borke vorhandene Luftvolumen eine Rolle beim Brand- und Wärmeleitverhalten spielt, ist wahrscheinlich. Besonders grössere Luftkammern wie Harzkanäle, könnten als Temperatur-Pufferzone dienen. Durch vermehrte Luftfeinschlüsse, wird auch die Rohdichte der Borke reduziert.

Der Vergleich der Temperaturentwicklung in den Borken innerhalb einer Baumart zwischen Gruppen von Proben mit besonders hoher und solcher mit besonders geringer Rohdichte, zeigte, dass die Unterschiede bedeutende Ausmasse erreichen können, was sich etwa bei Robinie in einem 1,8-fach steileren Temperaturanstieg der weniger dichten Borkenstücke äusserte. Der Grund für die starken Abweichungen ist in der engen Korrelation von Durchbrandzeit und Rohdichte zu sehen. Der Brandwiderstand steigt mit Erhöhung der Dichte, demzufolge sinkt die Temperatur auf der dem Feuer gegenüberliegenden Seite ab. Für das Brandverhalten entscheidend sind demnach die Dichte und die Dicke der geprüften Probe. Die in der vorliegenden Studie gemessenen Dichten der Nadelholzborken zeigen höhere Werte für Lärche als für Föhre. VERETNIK (1976) gibt die Rohdichten für die beiden Baumarten

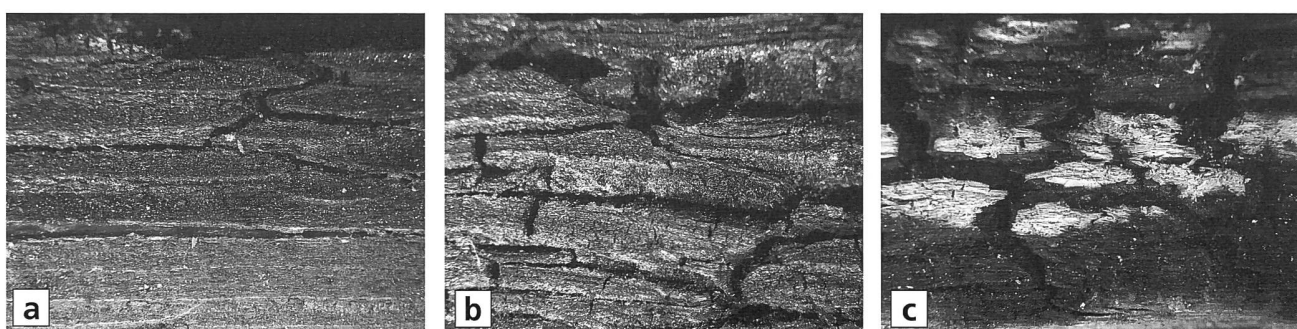


Abbildung 7: Borken von Lärche (a), Föhre (b) und Robinie (c) nach den Brandversuchen.

bei einer Holzfeuchte von 10 bis 15% mit 390 kg/m³ (Lärche) bzw. 400 kg/m³ (Föhre), also in umgekehrter Reihenfolge an. Die Wärmeleitfähigkeit der Borke korreliert mit der Rohdichte der Rindenarten. Die geringste Wärmeleitfähigkeit wurde bei Robinie mit einer Rohdichte von 0,275 g/cm³ erreicht. Bei Erhöhung der Temperatur steigt die Wärmeleitfähigkeit. Die Wärmeleitfähigkeit der Rinde liegt infolge der geringeren Rohdichte deutlich unter der des Holzes (z.B. Föhre senkrecht zur Faserrichtung 0,14 W/mK (METTE & KORELL 1989)).

Der Einfluss der Dicke der Rinde auf die Temperaturzunahme ist ebenfalls von Baumart zu Baumart verschieden. Bei einer um 50% grösseren Dicke fällt die daraus resultierende Dämpfung des Temperaturanstiegs in Lärche (Minderung um durchschnittlich 21%) recht gering und in Föhre (Minderung um 40%) moderat aus. Dagegen verhilft die 1,5-fache Borkendicke von Robinie zu einer Minderung des Temperaturanstiegs um 58%. Zieht man zur Berechnung nur die Sonden im inneren Borkenbereich mit ein, ergeben sich deutlich stärkere Minderungen für alle Baumarten, die Reihung bleibt aber bestehen.

Auffällig ist, dass die Borke der Föhre während der Brennversuche verzögert, dann jedoch einen annähernd linearen Temperaturverlauf zeigt. Dies spricht für einen vergleichsweise homogenen Aufbau der Föhrenborke. Dies ist mit den gemessenen Werten eine gute Voraussetzung für den Einsatz im Hitze- oder Brandschutz, auch weil für eine industrielle Verwendung des Materials nicht zuletzt ein Mindestmass an Homogenität vonnöten ist. Der Rohstoff Borke ist zudem billig, da er als Nebenprodukt anfällt. Pro Festmeter Holz erhält man nach METTE & KORELL (1989) bei Rotoreintrindung im Schnitt 0,24 m³ oder 71 kg Rinde.

Zusammenfassung

Bei Brandversuchen an Borkenproben von Föhre (*Pinus sylvestris*), Lärche (*Larix decidua*) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*) wurde der Temperaturverlauf während der Brenn- und Abkühlphase im Inneren der Proben in zwei Messtiefen (8 mm und 12 mm) ermittelt. Zusätzlich wurden verschiedene physikalische (Dichte, Wärmeleitfähigkeit bei unterschiedlichen Temperaturen) und anatomische (Struktur, Zellwand-Lumen-Verhältnis) Parameter bestimmt sowie Brandverlauf und Kohlebildung dokumentiert. Es liess sich erkennen, dass die Temperaturverläufe sehr stark mit der von der Dichte abhängigen Durchbrandzeit korrelierten. Zwischen den Baumarten zeigten sich starke Unterschiede. Die Robinie mit einer sehr gleichmässigen und wenig dichten Schuppen-Faser-Borke wies einen weitaus steileren Temperaturverlauf mit deutlich höheren Temperatur-Maxima auf als die Schuppenborke der Nadelbäume. Der nahezu lineare und leicht zeitverzögerte Temperaturverlauf in der Föhrenborke dürfte eine gute Voraussetzung für eine industrielle Nutzung darstellen.

Summary

Comparative studies on the firing behaviour of the bark of Scots pine, larch and black locust

During firing experiments on the bark of Scots pine (*Pinus sylvestris*), larch (*Larix decidua*) and black locust (*Robinia pseudoacacia*) the temperature pattern was determined for the duration of the firing phase and the cooling-down phase in two measuring depths (8 mm and 12 mm). Additionally several wood physical (density, coefficient of thermal conductivity for varying temperatures) and anatomical (structure, cell wall / lumen ratio) properties were ascertained and the burning progress as well as the carbonisation documented. The

temperature pattern showed a strong correlation between the burn-through-time and the density of the bark. Strong distinctions were apparent among the tree species. Black locust, with its very homogeneous and low density scale-fibre bark, showed a much steeper temperature pattern with a considerably higher temperature maximum than the scale bark of the conifers. The almost linear and slightly delayed temperature pattern in the pine bark might indicate a good opportunity for a possible industrial utilisation.

Résumé

Étude comparative sur le comportement au feu des écorces de pin, de mélèze et de robinier

Dans des essais d'incendie de spécimens d'écorce de pin (*Pinus sylvestris*), de mélèze (*Larix decidua*) et de robinier (*Robinia pseudoacacia*) le profil de température à été déterminé durant les phases d'incendie et de refroidissement à deux profondeurs de mesure (8 et 12 mm). En outre, différents paramètres physiques (densité, coefficient de conductibilité thermique à différentes températures) et anatomiques (structure, relation entre paroi cellulaire et lumen) ont été relevés et le progrès de l'incendie ainsi que la carbonisation documentés. Une très bonne corrélation a été enregistrée entre le profil de température et le temps de combustion qui, pour sa part, dépend de la densité. De grandes différences se sont manifestées entre les espèces. L'écorce peu dense du robinier, composée d'écailles et de fibres, a montré un profil de température beaucoup plus accentué et un maximum de température nettement plus élevé que les écorces écailleuses des conifères examinés. Le profil de température presque linéaire et légèrement retardé de l'écorce du pin devrait correspondre à une condition requise d'une possible utilisation industrielle.

Literatur

- ESAU, K. 1969: The Phloem. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- WAKILI, K.B.; BINDER B.; VONBANK, R. 2003: A simple method to determine the specific heat capacity of thermal insulations used in building construction. *Energy and Building* 35: 413–415.
- GASHAW, M.; MICHELSEN, A.; FRIIS, I.; JENSEN, M.; DEMISSEW, S.; WOLDU, Z. 2002: Post-fire regeneration strategies and tree bark resistance to heating in frequently burning tropical savanna woodlands and grasslands in Ethiopia. *Nordic Journal of Botany* 22, 1: 19–33.
- GOLDAMMER, J.G. 1993: Feuer in Waldökosystemen der Tropen und Subtropen. Birkhäuser Verlag, Basel.
- HENGST, G.E.; DAWSON, J.O. 1994: Bark properties and fire resistance of selected tree species from central hardwood region of north America. *Can. J. For. Res.* 24, 4: 688–96.
- HOLDHEIDE, W. 1950: Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden. In: Freund, H. (Hrsg.) 1951: *Handbuch der Mikroskopie und Technik*. Umschau Verlag, Frankfurt am Main: 193–367.
- METTE, H.-J.; KORELL, U. 1989: Richtzahlen und Tabellen der Forstwirtschaft. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- STEPHENSON, D.E.; SMITH, W. 1988: Estimating the extent of pyrolysis in Black Spruce using residual heat of combustion and chemical content. *Journal of Environmental Management* 27: 399–404.
- VERETNIK, D.-S. 1976: Verwendung von Baumrinde in der Volkswirtschaft. Lesnaja Promystennost, Moskau.

Autoren

- CARLO CENTONZE, dipl. Forsting. ETH, Professur Holzwissenschaften, ETH Zentrum, 8092 Zürich. E-Mail: Centonze@gmx.ch.
- Dr. SEBASTIAN BAUM, Dipl. Forstwirt, Professur Holzwissenschaften, ETH Zentrum, 8092 Zürich. E-Mail: baum@fowi.ethz.ch.
- Prof. Dr. PETER NIEMZ, Dipl.-Ing., Professur Holzwissenschaften, ETH Zentrum, 8092 Zürich. E-Mail: niemz@fowi.ethz.ch.