

Abgabe von flüchtigen organischen Säuren aus Holzspänen und Holzspanplatten*

E. Roffael

Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Holzforschung – Wilhelm-Klauditz-Institut – an der TU Braunschweig, Bienroder Weg 54 E, D-3300 Braunschweig

Die Abgabe von flüchtigen Holz säuren aus Buchen-, Kiefern-, Fichten- und Eichenspänen wurde bei 100% rel. Luftfeuchte und bei Temperaturen von 40 °C und 103 °C mit Hilfe der WK1-Flaschenmethode und der Ionenchromatographie quantitativ bestimmt. Es wurde keine direkte Beziehung zwischen der Abgabe von flüchtigen Säuren und dem Acetylgruppengehalt der untersuchten Hölzer festgestellt. Holzspanplatten geben im allgemeinen eine höhere Menge an flüchtigen Säuren ab als die Späne, aus denen sie hergestellt sind. Hierbei spielt auch der Bindemitteltyp eine besondere Rolle. Bei PF-Spanplatten ist die Abgabe an Essigsäure besonders groß im Vergleich zu UF-Spanplatten. Im letzteren Plattentyp ist der Formaldehydgehalt des eingesetzten Harzes von Bedeutung. Je größer das Molverhältnis U:F ist, desto geringer ist die Säureabgabe aus den Spanplatten. Den Ergebnissen ist weiterhin zu entnehmen, daß auch Rindenplatten Ameisen- und Essigsäure abgeben.

On the emission of volatile acids from wood chips and particleboards

Volatile acids released from beech, pine, spruce and oak chips at 100% rel. humidity and different temperatures (40 °C, 103 °C) were determined quantitatively using the WK1-bottle-method followed by ionic chromatography. No straightforward relationship has been found between the acetyl content of wood chips and the emanation of acids therefrom. In spite of their lower acetyl group content, oak chips release much more acetic and formic acid compared to beech chips. Due to the high acidity of oak chips no catalyst is needed for bonding them using acid curing urea formaldehyde resins (UF-resins) as in the case of bonding pine chips by high molar ratio resins. Not only wood but also particleboards release volatile acids. The amount of acids released depends on the bonding agent as well as on the wood species used. In general, particleboards emit more volatile acids than the wood chips used for their preparation. PF-particleboards release more acetic acid than UF-boards. In UF-boards the molar ratio plays an important role. High formaldehyde content in the resin used increase the liberation of acids. According to the results, bark boards emit also formic and acetic acids.

1 Holzacidität

Zu den wichtigen Eigenschaften des Holzes gehört zweifellos seine Acidität, sie nimmt in vieler Hinsicht Einfluß auf sein Verhalten in chemisch-technologischen Prozessen (z. B. Korrosionswirkung, Verleimung). Als Maß für die Holzacidität wird oft in der Literatur der pH-Wert von Holzsaft oder der

von Kalt- und Heißwasserauszügen angegeben. Ferner gelten die Pufferkapazität der wässrigen Holzsaftauszüge und der Gehalt an darin enthaltenen flüchtigen organischen Säuren als wichtige Aciditätskenngrößen. Die Acidität von Holz läßt sich jedoch mit Hilfe dieser Meßgrößen nur bedingt beschreiben, da Holz neben wasserlöslichen auch wasserunlösliche Säuren enthält. Mit den verschiedenen Methoden der pH-Wert-Bestimmung haben sich mehrere Autoren auseinandergesetzt (vgl. Packman 1960; Stamm 1961; Subramanian et al. 1983).

Zwischen den Hölzern verschiedener Baumarten können große Unterschiede im pH-Wert (Gray 1958) und in der Pufferkapazität (Subramanian et al. 1983) auftreten. Auch innerhalb einer Holzart kann die Acidität unterschiedlich sein; sie hängt von verschiedenen Faktoren wie Holzfeuchte, Baumalter und Standort ab und verändert sich merklich bei Lagerung, Dämpfung, thermischer Behandlung usw. Für Vergleichsuntersuchungen über den pH-Wert und die Pufferkapazität ist deshalb die Einhaltung von genau definierten Randbedingungen eine unerläßliche Voraussetzung. So können Feuchteunterschiede allein zu Abweichungen in den Ergebnissen führen (Sander mann; Rothkamm 1959). Auch die Erkrankung der Bäume spielt eine Rolle.

So bestehen z. B. zwischen jungem und altem Eichenholz aus dem selben Standort Unterschiede im pH-Wert und in der Pufferkapazität der wässrigen Auszüge (Roffael 1976). Auch der Einfluß des Standorts auf die Acidität der wässrigen Eichenholzauszüge ist als gesichert anzusehen (Roffael 1978). Fengel (1988) berichtete über eine deutliche pH-Ver minderung im Saft von Splintholz der Fichte aus unterschiedlichen Standorten durch starke Erkrankung.

2 Flüchtige organische Säuren

Dem Holz entweichen, insbesondere bei hoher Temperatur und Luftfeuchte, flüchtige Säuren. Den freien Holz säuren kommt eine hohe technologische Bedeutung zu. Flüchtige Säuren wie Ameisen- und Essigsäure, die über verschiedene Mechanismen gebildet werden können, rufen bereits in niedrigen Konzentrationen Korrosionsschäden hervor (Narayana murti 1957). Nach Farmer (1962a, b) wird die Metallkorrosion durch Essigsäure bereits bei Konzentrationen im Bereich von 0,5 ppm gefördert.

Sander mann et al. (1970) stellten große Unterschiede im Gehalt an wasserlöslichen organischen Säuren wie Ameisen- und Essigsäure in den verschiedenen Hölzern fest. Auch zwischen Kern- und Splintholz wurden bei Eiche (*Quercus robur*) erhebliche Differenzen in der Acidität der wässrigen Auszüge nachgewiesen.

* Herrn Prof. Dr. H. Schulz zum 65. Geburtstag in tiefer Verbundenheit gewidmet.

Teile dieser Arbeit wurden mit Mitteln der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) finanziert. Für die Mitarbeit danke ich den Herren H. Miertzsch und M. Schröder

Packman (1960) bewies, daß Holz durch Lagerung bei hoher rel. Luftfeuchte bereits bei 48 °C große, von der Holzart abhängige, Mengen an flüchtigen organischen Säuren emittiert. So wurden aus Eichenholz nach 3 d bei 48 °C etwa dreimal soviel Säuren frei wie aus Douglasienholz. Den Ergebnissen von Packman zufolge steht die Abgabemenge an flüchtigen Säuren aus dem Holz nicht in einem direkten Zusammenhang mit dem Acetylgruppengehalt des Holzes. So wurden aus Eichenholz mehr Säuren frei als aus dem vergleichsweise acetylgruppenreicheren Buchenholz. Es liegen ferner keine zuverlässigen Angaben darüber vor, in welchem Maße flüchtige Säuren im Holz bei Raumtemperatur frei vorliegen.

Im Verpackungssektor werden zunehmend Holzwerkstoffe wie Spanplatten eingesetzt. Über die Abgabe von flüchtigen Säuren aus Holzspanplatten und anderen Holzwerkstoffen ist bislang wenig veröffentlicht worden (Roffael 1989). Da während der Herstellung von Holzspanplatten die Holzspäne physikalisch-chemische Veränderungen erfahren (Poblete; Roffael 1985 a, b), ist damit zu rechnen, daß je nach Herstellungsbedingungen die Acidität der Holzspanplatte unterschiedlich ausfällt und mithin auch die Abgabe an flüchtigen Säuren.

Im Rahmen einer mehrjährigen Forschungsarbeit über die Acidität des Holzes schien es von Interesse, vergleichende Untersuchungen über die Abgabe von flüchtigen Säuren aus verschiedenen Hölzern einheimischer Baumarten (Fichte, Kiefer, Buche, Eiche) anzustellen und zugleich die Abgabe von flüchtigen Säuren aus den unter konventionellen Verleimungsbedingungen hergestellten Spanplatten festzustellen.

3 Erfassung der flüchtigen Säuren mit Hilfe der WKI-Flaschenmethode

In den ersten Untersuchungen wurde die Bildung von flüchtigen Säuren aus dem Holz verschiedener Baumarten bei 20 °C und 40 °C und 100% rel. Luftfeuchte quantitativ verfolgt. Hierfür wurde wie folgt vorgegangen:

Jeweils eine 2 g atro entsprechende Spanmenge aus bei Raumtemperatur getrockneten Spänen der Buche, Eiche, Fichte und Kiefer wurde in ein Tee-Ei eingebracht, das von innen mit einer Aluminiumfolie ausgekleidet ist. Das Tee-Ei wurde über 50 ml destilliertem Wasser in eine 500 ml fassende Polyethylenflasche gehängt. Die Polyethylenflaschen wurden anschließend unterschiedlich lange bei 20 °C und 40 °C gelagert. In Abhängigkeit von der Lagerungsdauer wurde der pH-Wert in der Absorptionsflüssigkeit ermittelt. Ferner

wurden die emittierten Ameisen- und Essigsäuren nach einer Lagerungsdauer von 24 h und 48 h bei 40 °C ionenchromatographisch bestimmt. Diese Vorgehensweise ist der bei der Bestimmung der Formaldehydabgabe von Holzspanplatten nach der WKI-Flaschen-Methode ähnlich (Roffael 1989).

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Bild 1 (pH-Wert) und Tabelle 1 (Gehalt an flüchtigen Säuren) zusammengestellt. Hieraus lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Der pH-Wert der Absorptionsflüssigkeit nimmt i. allg. mit der Prüftemperatur und der Prüfdauer ab, wobei der Einfluß der Temperatur ungleich größer ist als der der Prüfdauer.
2. Die Unterschiede im pH-Wert der Absorptionsflüssigkeit von Spänen unterschiedlicher Hölzer sind sowohl bei 20 °C als auch bei 40 °C markant. Auffallend ist der niedrige pH-Wert der Absorptionsflüssigkeit der Eichenholzspäne.

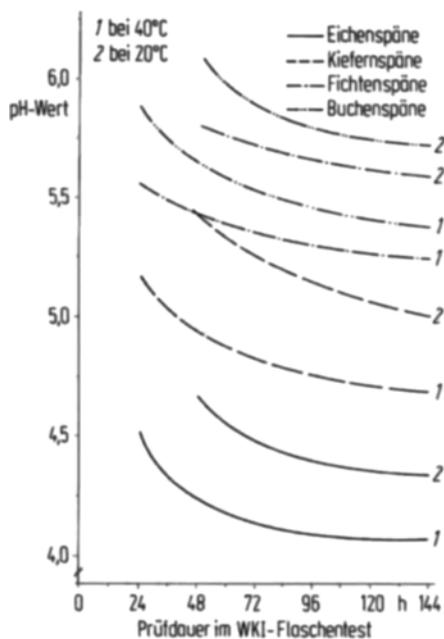


Bild 1. pH-Wert in der Absorptionsflüssigkeit der WKI-Flaschen in Abhängigkeit von der Prüfdauer, der Prüftemperatur und der Holzart

Fig. 1. pH-value of the aqueous solution in the WKI-bottle as a function of reaction time, temperature and wood species

Tabelle 1. Abgabe von flüchtigen Säuren (Ameisen- und Essigsäure) aus Spänen verschiedener Hölzer im WKI-Flaschentest bei 40 °C

| Holzart | Säure | Säureabgabe im WKI-Flaschen Test bei 40 °C (mg Säure/100 g atro Späne) | | Acetylgruppengehalt % |
|------------------------------|--------------|--|----------------|-----------------------|
| | | Prüfdauer 24 h | Prüfdauer 48 h | |
| Junges Eichenholz (30 Jahre) | Ameisensäure | 0,5 | 0,7 | 3,8 |
| | Essigsäure | 22,1 | 37,3 | |
| Buchenholz | Ameisensäure | n. n. | n. n. | 4,2 |
| | Essigsäure | 0,7 | 1,5 | |
| Fichtenholz | Ameisensäure | 0,4 | 0,5 | 1,3 |
| | Essigsäure | n. n. | n. n. | |
| Kiefernholz | Ameisensäure | 3,5 | 6,2 | 1,4 |
| | Essigsäure | 1,9 | 2,4 | |

n. n. = nicht nachweisbar

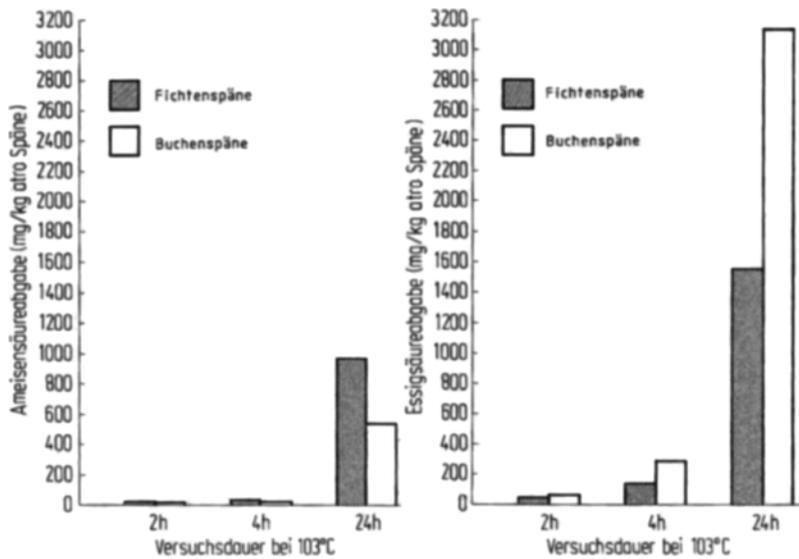


Bild 2. Säureabgabe von unbehandelten Fichten- und Buchenspänen in Abhängigkeit von der Dauer der thermischen Hydrolyse

Fig. 2. Emanation of formic and acetic acid from beech and spruce chips at 103 °C and different reaction times

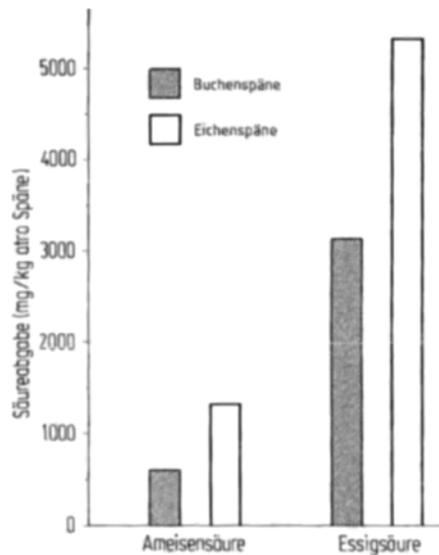


Bild 3. Säureabgabe von Buchen- und Eichenspänen während der thermischen Hydrolyse für 24 h bei 103 °C

Fig. 3. Emanation of formic and acetic acid from beech and oak chips at 103 °C after 24 h

3. Eichenholzspäne geben viel mehr Essigsäure ab als Späne der anderen untersuchten Hölzer; im Vergleich zu Buchenholzspänen war auch die Ameisensäureabgabe der Eichenholzspäne höher.

4. Kiefernholzspäne geben mehr Ameisen- und Essigsäure ab als Fichtenholzspäne.

Es ist damit zu rechnen, daß die hier gefundenen Unterschiede zwischen Spänen unterschiedlicher Hölzer durch Alter, Einschlagzeit, Standort usw. gewisse Verschiebungen erfahren können, da diese Faktoren hierauf Einfluß nehmen (Sandermann; Rothkamm 1959).

Den Untersuchungsergebnissen ist ferner zu entnehmen, daß zwischen dem pH-Wert der Absorptionsflüssigkeit, hervorgerufen durch die flüchtigen Säuren im Holz, und dem Acetylgruppengehalt des Holzes keine direkte Beziehung besteht. So liegt der pH-Wert im Falle der acetylgruppenärmeren Fichten- und Kiefernholzspäne deutlich niedriger als der der acetylgruppenreicheren Buchenholzspäne.

Dies kann als Hinweis darauf gewertet werden, daß die Acidität der aus den acetylgruppenarmen Kiefern- und Fichtenholzspänen entweichenden flüchtigen Säuren höher sein

muß als die der aus den acetylgruppenreicheren Buchenholzspänen. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, wurden Buchen- und Fichtenholzspäne statt bei 20 °C und 40 °C bei 103 °C der Thermohydrolyse unterworfen und die Mengen an flüchtiger Ameisen- und Essigsäure quantitativ ermittelt. Für die Untersuchungen wurde anstelle der Polyethylenflasche eine Stahlflasche eingesetzt.

Die Ergebnisse sind in Bild 2 zusammengestellt. Daraus wird deutlich, daß Buchenholzspäne über die gesamte Hydrolysedauer zwar mehr Essigsäure abgeben als Fichtenholzspäne, dafür aber weniger Ameisensäure. Da Ameisensäure eine viel stärkere Säure ($K_a = 1,77 \cdot 10^{-4}$) als Essigsäure ($K_a = 1,76 \cdot 10^{-5}$) ist, erklärt sich der Unterschied im pH-Wert der Absorptionsflüssigkeit zwischen Fichten- und Buchenholzspänen.

Um die Unterschiede in der Abgabe von flüchtigen Säuren zwischen Buchen- und Eichenholzspänen deutlicher herauszustellen, wurden Späne der beiden Holzarten nicht bei 40 °C, sondern bei 103 °C für 24 h dem thermohydrolytischen Abbau ausgesetzt und die abgegebene Ameisen- und Essigsäure mittels Ionenchromatographie quantitativ bestimmt. In Bild 3 sind die nach 24 h ermittelten Säuremengen für Buchen- und Eichenholz dargestellt. Daraus läßt sich folgern, daß Eichenholzspäne weitaus mehr flüchtige Säuren abgeben als Buchenholzspäne.

Diese Feststellung, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Packman (1960), ist insofern bemerkenswert, als Buchenholzspäne über einen höheren Gehalt an Acetylgruppen verfügen. Dieses Phänomen hängt womöglich mit der unterschiedlichen thermohydrolytischen Stabilität der Acetylgruppen in den beiden Hölzern zusammen; hierüber liegen bis jetzt meines Wissens keine zuverlässigen Untersuchungsergebnisse vor. Auch über die Verteilung der Acetylgruppen auf die unterschiedlichsten Zellarten (Schulz 1957) in den Laubhölzern dürften bis heute keine Forschungsergebnisse bekannt sein. Die unterschiedliche Verteilung und Bindung der Acetylgruppen an den Polyosen der Laub- und Nadelhölzer (Fengel; Wegener 1984) könnten ihre thermische Stabilität beeinflussen.

4 Holzsauren und Verleimbarkeit

Der extrem niedrige pH-Wert der flüchtigen Säuren des Eichenholzes im Vergleich zu dem des Kiefernholzes kann möglicherweise mit eine Ursache dafür sein, daß bei der Her-

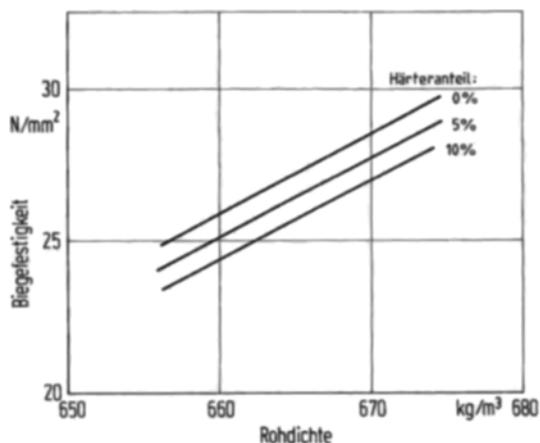


Bild 4. Biegefestigkeit von harnstoffformaldehydharzgebundenen Eichenholz-Spanplatten in Abhängigkeit vom Härteranteil und der Rohdichte der Platten (Roffael et al. 1975)

Fig. 4. Bending strength of UF-bonded oak particleboards at different catalyst levels and board densities (Roffael et al. 1975)

Tabelle 2. Einfluß der Härterzugabe (10% bezogen auf Flüssigharz) zum Bindemittel auf die Formaldehydabgabe und die physikalisch-technologischen Eigenschaften von einschichtigen 19 mm dicken harnstoffharzgebundenen Spanplatten mit Rohdichte um 0,65 g/cm³. Härterzusammensetzung: 20% Ammoniak (25%ig), 15% Ammoniumchlorid, 30% Harnstoff, 35% Wasser. Die aufgeführten Angaben sind Mittelwerte aus je 3 Platten (nach Roffael, Rauch und v. Bismark 1975)

| Holzart | Härterzugabe | Biegefestigkeit N/mm² | Querzugfestigkeit N/mm² | Dickenzuquellung | |
|----------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|------------------|-------|
| | | | | 2 h | 24 h |
| % | | | | | |
| Alte Eiche mit Rinde | Mit | 23,44 | 0,62 | 9,04 | 12,53 |
| Alte Eiche mit Rinde | Ohne | 25,88 | 0,67 | 6,99 | 9,96 |
| Kiefer | Mit | 24,00 | 0,85 | 12,42 | 16,55 |
| Kiefer | Ohne | 21,95 | 0,68 | 14,62 | 19,49 |

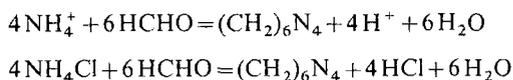
stellung von Spanplatten mit säurehärtenden Harnstoffformaldehydharzen (UF-Harzen) aus Eichenholz die Holzsäuren allein für die Härtung des UF-Harzes ausreichen und die Zugabe eines zusätzlichen Härtungsbeschleunigers (Härter) die physikalisch-technologischen Eigenschaften der Spanplat-

ten negativ beeinflusst. Im Gegenteil hierzu wirkt sich der Einsatz eines Härters auf die physikalisch-technologischen Eigenschaften von Spanplatten aus Kiefernholzspänen positiv aus. Dies zeigt sich nach Roffael et al. (1975) besonders deutlich bei der Verleimung von Spänen der Jungreihe im Vergleich zu denen des Kiefernholzes (Tabelle 2, Bild 4). Insofern kommt der Acidität des Holzes, insbesondere dem Anteil an flüchtigen Säuren, technische Bedeutung zu.

Der Spanplattenhersteller kann durch eine einfache Versuchsmethodik, wie sie der WKI-Flaschen-Test darstellt, Vergleiche über die flüchtigen Säuren in den verschiedenen Hölzern anstellen. Mit dieser Versuchsmethodik lassen sich auch Holzgemische auf ihre flüchtigen Säuren prüfen. Die Spanplattenindustrie in den Tropen und Subtropen verarbeitet oftmals Gemische verschiedener Holzarten mit schwankender Zusammensetzung und variierender Acidität. Durch einfache und zugleich genaue Messungen des Gehalts an flüchtigen Säuren läßt sich die Menge des einzusetzenden Härters optimal auf das Spanmaterial abstimmen. Im Extremfall kann dies bedeuten, die Holzsäuren durch Zugabe von Chemikalien abzupuffern, statt einen Härtungsbeschleuniger zuzusetzen.

5 Zur Abgabe von flüchtigen Säuren aus Holzspanplatten

Bei der Herstellung von Spanplatten mit säurehärtenden Harnstoffformaldehydharzen (UF-Harzen) als Bindemittel erfahren Holzspäne während des Preßvorgangs chemische Veränderungen. Hierzu gehört die Abspaltung von Acetylgruppen im sauren pH-Bereich (Poblete; Roffael 1985a). Durch die Reaktion zwischen dem Härtungsbeschleuniger, meistens Ammoniumchlorid, und dem Formaldehyd gemäß nachfolgender Gleichung



entsteht Salzsäure, die auch teilweise den pH-Wert der Spanplatten mit bestimmt (Parameswaran; Roffael 1985). Bild 5 zeigt ein Modell für das UF-Harz in der Leimfuge einer Holzspanplatte nach Roffael (1982). Der relativ niedrige pH-Wert in UF-Spanplatten fördert die Hydrolyse von Holz im Spanplattenverbund. In den Bildern 6 und 7 ist die Abgabe von Ameisen- und Essigsäure aus UF-Spanplatten, hergestellt aus Spänen des Fichtenholzes, im WKI-Flaschen-Test bei 40 °C dargestellt. Mit aufgeführt ist die Abgabe von Ameisensäure aus Fichtenholzspänen unter vergleichbaren

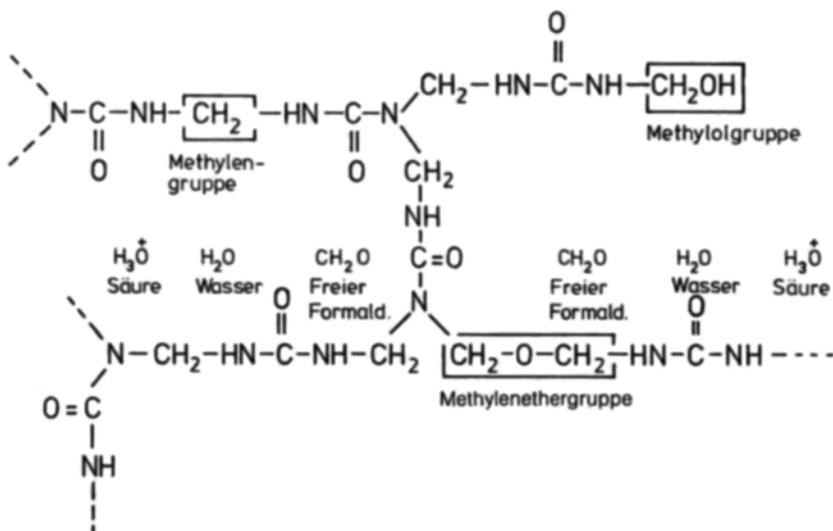


Bild 5. Modell eines teilvernetzten Harnstoff-Formaldehydharzes in der Leimfuge in Holzwerkstoffen (Roffael 1982)
Fig. 5. Model of a partially cross-linked UF-resin (Roffael 1982)

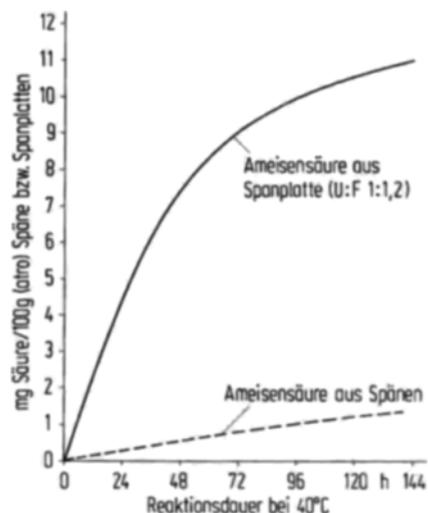


Bild 6. Abgabe von flüchtiger Ameisensäure aus Fichtenholzspänen und UF-Fichtenholzspanplatten
Fig. 6. Release of formic acid from spruce chips and UF-bonded chipboards prepared therefrom

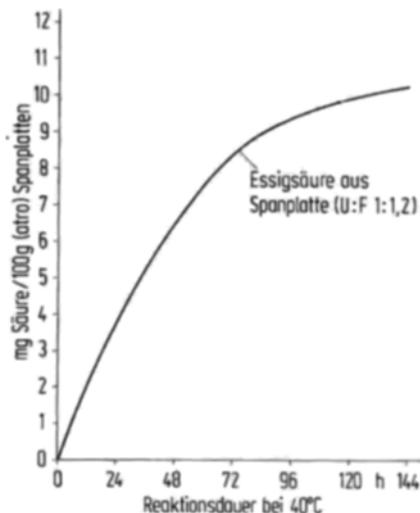


Bild 7. Abgabe von flüchtiger Essigsäure aus UF-Fichtenholzspanplatten. Die abgegebene Menge von Essigsäure aus Fichtenholzspänen war quantitativ nicht erfassbar
Fig. 7. Release of acetic acid from spruce chipboards. Spruce chips release no detectable amounts of acetic acid under these test conditions

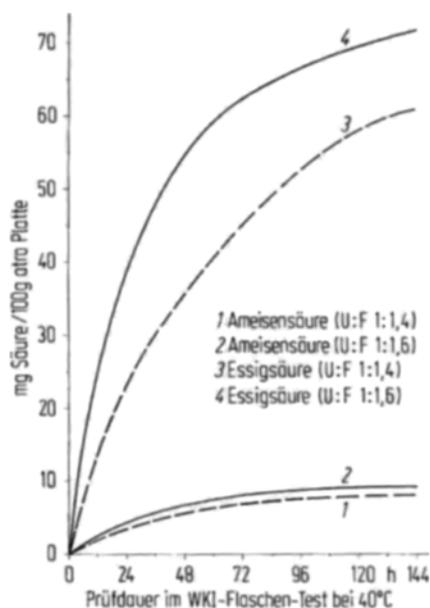


Bild 8. Säureabgabe von UF-gebundenen Spanplatten in Abhängigkeit vom Molverhältnis des verwendeten Harzes und der Prüfdauer
Fig. 8. Release of formic and acetic acid from UF-bonded chipboards at different reaction times as a function of the molar ratio of the UF-resin

Prüfbedingungen. Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß die UF-Holzspanplatten weitaus mehr Säuren abgeben als die für die Herstellung der Spanplatten eingesetzten Späne. Ferner geht aus den Ergebnissen hervor, daß auch das Molverhältnis des für die Spanplattenherstellung eingesetzten UF-Harzes eine Rolle spielt. Je höher der Formaldehydgehalt des Harzes ist, desto größer wird die Abgabe an flüchtigen Säuren aus den hergestellten Holzspanplatten (Bild 8). Über die Ursachen der stärkeren Bildung von Ameisensäure in Holzspanplatten sind kaum Aussagen zu treffen. Auch ob ein Teil des in der Platte vorhandenen Formaldehyds zu Ameisensäure oxidiert wird, läßt sich nur vermuten.

Die Zunahme der Säureabgabe von Holzspanplatten mit steigendem Formaldehydgehalt im Harz beruht möglicher-

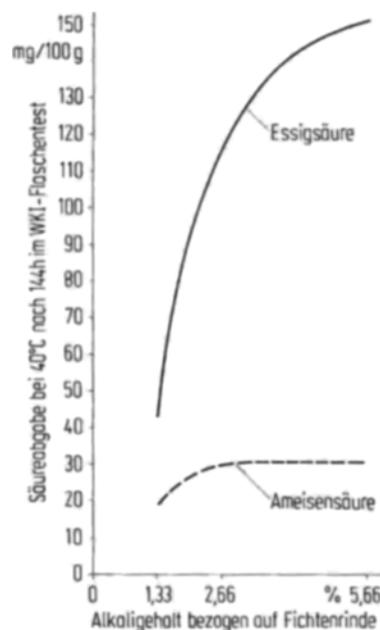


Bild 9. Abgabe von flüchtigen Säuren aus PF-verleimten Fichtenrinde-Platten, in Abhängigkeit vom Alkaligehalt der Platten. Der Alkaligehalt wurde aus dem Alkaligehalt bei der Verleimung berechnet (Alkaligehalt des Bindemittels bzw. Alkaligehalt des Bindemittels und des zusätzlich zugegebenen Alkalis)
Fig. 9. Release of formic and acetic acid from PF-bonded barkboards (spruce) at different reaction times and various alkali contents of the board (calculated from the alkali content of the resin and the added alkali)

weise darauf, daß bei höherem Anteil an freiem Formaldehyd im Harz bzw. in der Spanplatte auch die Salzsäurebildung stärker ansteigt (im Falle von Ammoniumchlorid als Härtingsbeschleuniger). Neben dem Harz wirkt sich auch die Holzart auf die Säureabgabe aus. So gaben z. B. Eichen-spanplatten weitaus mehr Essigsäure ab als Nadelholzspanplatten (Roffael 1989).

Bei der Verleimung von Holzspänen mit alkalisch härtenden PF-Harzen werden auch Acetylgruppen in großem Umfang abgespalten (Poblete; Roffael 1985 b). Dies führt zur

vermehrten Bildung von Essigsäure in den Holzspanplatten (Roffael 1989). Am Beispiel von Rindenplatten wurde in weiteren Untersuchungen festgestellt, daß eine Beziehung zwischen dem Alkaligehalt des PF-Harzes und der Abgabe an Essigsäure aus Rindenplatten besteht (Bild 9).

6 Literatur

- Farmer, R.H. 1962a: Corrosion of metals in association with wood. Part 1: Corrosion by acidic vapours from wood. *Wood* 27:326–329
- Farmer, R.H. 1962b: Corrosion of metals in association with wood. Part 2: Corrosion of metals with wood. *Wood* 27:443–446
- Fengel, D.; Wegener, G. 1984: *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions*. Berlin, New York: de Gruyter
- Fengel, D. 1988: Chemisch-analytische Untersuchungen am Holz erkrankter Bäume. Löslichkeit der Zellwandbestandteile. *Holz Roh-Werkstoff* 46:1–6
- Gray, V.R. 1958: The acidity of wood. *J. Inst. Wood Sci.* 1:58–64
- Narayanamurti, D. 1957: Die Bedeutung der Holzextrakte. *Holz Roh-Werkstoff* 15:370–380
- Packman, D.F. 1960: The acidity of wood. *Holzforschung* 14:178
- Parameswaran, N.; Roffael, E. 1985: Zum biologischen Abbau von harnstoffformaldehydharzgebundenen Spanplatten unterschiedlichen Formaldehydgehaltes. *Adhäsion* 29 (1/2):14–16
- Poblete, H.; Roffael, E. 1985a: Über chemische Veränderungen in Holzspänen bei der Herstellung von harnstoffformaldehydharzgebundenen Spanplatten. *Holz Roh-Werkstoff* 43:57–62
- Poblete, H.; Roffael, E. 1985b: Über chemische Veränderungen in Holzspänen bei der Herstellung von phenolformaldehydharzgebundenen Spanplatten. *Adhäsion* 29 (3):32–38
- Roffael, E. 1978: Beitrag zur Verwendung von Eichenholz in phenolformaldehydharzgebundenen Spanplatten. *Forstarchiv* 49:152–156
- Roffael, E. 1982: Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen. DRW-Verlag, Stuttgart
- Roffael, E. 1989: Zur Bildung von flüchtigen organischen Säuren aus Holzspänen und Holzspanplatten. *Holz-Zbl.* 115:112, 114–115
- Roffael, E.; Rauch, W.; Bismark, C. v. 1975: Formaldehydabgabe und Festigkeitsausbildung von Eichenspänen mit Harnstoffformaldehydharzen. *Holz Roh-Werkstoff* 33:271–275
- Sandermann, W.; Rothkamm, M. 1959: Über die Bestimmung der pH-Werte von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. *Holz Roh-Werkstoff* 17:433–440
- Sandermann, W.; Gerhardt, U.; Weissmann, G. 1970: Untersuchungen über flüchtige Säuren in einigen Holzarten. *Holz Roh-Werkstoff* 28:59–67
- Schulz, H. 1957: Der Anteil der einzelnen Zellarten an dem Holz der Rotbuche. *Holz Roh-Werkstoff* 15:113–118
- Stamm, A.J. 1961: Three methods for determining the pH value of wood and paper. *Forest Products J.* 11:310–312
- Subramanian, R.V.; Somasekharan, K.N.; Johns, W.E. 1983: Acidity of wood. *Holzforschung* 37:117–120

Zeitschriftenreferate

Schulz, H.; v. Aufseß, H.: Untersuchungen zum Lagerverhalten von Rundholz aus gesunden und geschädigten Kiefern, Fichten und Buchen. *DGFH-Nachrichten* Nr. 44 (1989):6.

Während durch zahlreiche Untersuchungen bestätigt wurde, daß Holz aus geschädigten Bäumen zum Zeitpunkt der Fällung in seinen physikalischen und technologischen Eigenschaften keinerlei Beeinträchtigung aufweist, wurde von Verarbeitern die Vermutung geäußert, daß das Holz aus Wald- und Werkslagerung rascher und intensiver von Insekten und holzverfärbenden und -zerstörenden Pilzen befallen würde. Die zu unterschiedlichen Zeiten angelegten und mit verschiedenen Holzarten durchgeführten Lagerversuche haben bestätigt, daß bei der Lagerung von Rundholz über längere Zeiträume stets mit mehr oder weniger schwerwiegenden Qualitätseinbußen gerechnet werden muß. Das Ausmaß dieser Schäden, das auch auf dem gleichen Lagerort erheblichen baum- und abschnittweisen Streuungen unterworfen ist, wird von einer Reihe von Faktoren bestimmt, die in ihrer Wirkung einen, zumindest bei kürzeren Lagerzeiten denkbaren Einfluß des Gesundheitszustandes des lebenden Baumes auf die Disposition für Sekundärschäden erheblich überlagern können. Daher kann davon ausgegangen werden, daß Holz aus immissionsgeschädigten Beständen sich auch in seinem Lagerverhalten nicht signifikant von dem aus unbelasteten Waldorten unterscheidet und somit in seinem Gebrauchswert nicht beeinträchtigt ist. Zur Vermeidung von Sekundärschäden sind deshalb die gleichen Schutzmaßnahmen zu empfehlen, die sich auch bei gesunden Hölzern bewährt haben, vor allem sollte grundsätzlich auf eine rasche Abfuhr und Verarbeitung des Holzes Wert gelegt werden. DGFH

Frühwald, A.: Einfluß einer zweijährigen Wasserberieselung von Kiefernholz aus Waldschadensgebieten auf die Holzqualität. *DGFH-Nachrichten* Nr. 44 (1989):6–7.

Die Forschungsarbeiten über die Qualität des Holzes von geschädigten und im Vergleich dazu ungeschädigten Bäumen haben für die wichtigsten verwendungsrelevanten Holzeigenschaften keinen negativen Einfluß der Baumerkrankungen erkennen lassen. Bei im Splintholz geschädigten Nadelbäumen liegen die Feuchtigkeitsgehalte jedoch niedriger, was auf ein mögliches verändertes Verhalten während der Lagerung von Rundholz schließen läßt. Ziel der Untersuchungen war es, Hinweise darüber zu finden, ob die für die natürliche Dauerhaftigkeit von Kiefernholz verantwortlichen Extraktstoffe durch die Lagerung von Rundholz verändert werden und ob Unterschiede zwischen verschiedenen Schadstufen bestehen. Es wurde festgestellt, daß eine zweijährige Berieselung von Kiefernrundholz aus Waldschadensgebieten die bekannten und in der Praxis beobachteten Veränderungen mit sich bringt (Verfärbungen, Erhöhung der Permeabilität durch bakteriellen Abbau der Tüpfelmembranen und geringe Festigkeitseinbußen). Diese Veränderungen treten aber unabhängig von der Zuordnung des Baumes zu einer bestimmten Schadstufe auf. Sie hängen vielmehr von den Bedingungen der Lagerung und Berieselung ab. Kiefernholz aus Waldschadensgebieten verhält sich bei einer zweijährigen Naßkonservierung unabhängig von der Schadstufenzuordnung wie das aus gesunden Bäumen. Auf optimale Handhabung und Lagerung, z. B. unverzüglicher Einlagerung und Berieselung nach dem Einschlag, ausreichender Berieselung, optimaler Polteraufbau und Erhalt der Rinde, ist jedoch zu achten. DGFH