

Ökologische Holzelemente im Verkehrswegebau aus unbehandelten einheimischen Holzarten (Auszug aus dem Projektbericht Az 08196 der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück)

Problemstellung

Lärmschutzwände für Verkehrswegebauten werden zu einem wesentlichen Anteil aus Holz gefertigt. Im Zuge verstärkter Nutzung einheimischer nachwachsender Rohstoffe dürfte der Anteil des Holzes an Lärmschutzwänden deutlich zunehmen.

Etwa 70 % aller Lärmschutzwände werden im Bundesverkehrsministerium (BMV) in Auftrag gegeben. Das BMV bedient sich zur technischen Ausführung der Aufträge der nachgeordneten Länderbehörden. Rund 30 % der Lärmschutzwände werden von Städten, Gemeinden, Tankstellenbetreibern, Restaurantketten etc. sowie freien Erschließungsträgern für Bauland in Auftrag gegeben.

Die hölzernen Lärmschutzwandelemente im Verantwortungsbereich des BMV werden bislang nach der Vorschrift ZTV-Lsw 88 ausgeführt; die der anderen Auftraggeber entsprechen sinngemäß dieser ZTV-Lsw 88 bzw. auch der RAL-GZ 411. Diese Vorschriften schreiben, sofern keine resistenten Holzarten der Resistenzklasse 1 nach DIN 68364 verwendet werden, eine Kesseldruckbehandlung mit geeigneten chemischen Holzschutzmitteln nach DIN 68800-3 vor.

Zu den Holzarten der Resistenzklasse 1 nach DIN 68364 zählen die tropischen Holzarten Afzelia, Angelique, Bongossi, Teak; als europäische Holzart ist nur die Robinie geeignet. Da diese vorgeschriebenen hochresistenten Holzarten nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen bzw. in den erforderlichen Dimensionen nur äußerst schwer beschaffbar sind, werden chemische Imprägnierungen im Kesseldruckverfahren ins Holz eingebracht. Die Imprägnierqualität muß der Gefährdungsklasse 3 bzw. bei Gefahr des permanenten Erdkontakts der Lärmschutzwand der Gefährdungsklasse 4 der DIN 68800-3 entsprechen.

Das verwendete Holz wird bei diesen i.d.R. großtechnischen Imprägnierverfahren meist mit wasserlöslichen, metallsalzhaltigen Holzschutzmitteln des Typs CK... (chromhaltig) oder Cu-HDO bzw. CX... (chromfrei) imprägniert. Aus Arbeits- und Umweltschutz- sowie Toxizitätsgründen hat der Ausschuß für Gefahrstoffe (AGS), Unterausschuß VIII „Verwendungsbeschränkungen“, bereits im Mai 1996 empfohlen, die chromhaltigen, Cu-HDO-haltigen Schutzmittel zu ersetzen; doch auch dies führt zu Problemen, denn die Holzschutzmittel sind im Holz nicht stabil. Auch Steinkohlenteeröle können zum Einsatz kommen, wobei die Anwendung der Steinkohlenteeröle aufgrund ihrer krebserzeugenden Wirkung nach Gefahrstoffverordnung Anhang IV Ziff. 13 in ihrer Anwendung auf spezielle Einbringverfahren begrenzt sind.

Hölzerne Lärmschutzwände enthalten daher in erheblicher Menge Holzschutzmittel. Holzschutzmittel jedoch sind im imprägnierten Holz auf Dauer nicht stabil. Der primäre Eintragspfad in die Umwelt ist bei organischen Wirkstoffen generell die Gasphase; folglich wirken sie hauptsächlich in unbegrenzten Volumina auf die Luft und die sie einatmenden Lebewesen. Anorganische Wirkstoffe hingegen werden durch Auswaschung bei Wasserbelastung in die Umwelt abgegeben; sie wirken daher hauptsächlich auf Böden und Gewässer und die sie bewohnenden Lebewesen.

Bei anorganischen Schutzmitteln, welche bei den witterungsbelasteten Hölzern für Lärmschutzwände nahezu ausschließlich verwendet werden, lassen sich je nach Schutzmitteltyp unterschiedlich große Mengen aus dem Holz auswaschen. Trotz der Fixierung an der Holzfaser, die wenige Wochen nach der Imprägnierung abgeschlossen ist, sind sie über Jahre hinweg permanent in kleinen Mengen aus dem Holz heraus auswaschbar und damit „bioverfügbar“. Die hier verwendeten anorganischen Holzschutzsalze sind i.d.R. hochtoxisch und gewässerschädigend. Auch die sogenannten ‘umweltfreundlichen’, verbesserten und chromfreien Holzschutzsalze des Typs Cu-HDO bzw. CX... bergen ein erhebliches Risikopotential.

- **Problemkreis 1: Umweltkontamination durch Holzschutzmittelemissionen**

Die unvermeidliche Folge der Anwendung chemischer Holzschutzmittel an Lärmschutzwänden: Emissionen während des Gebrauchs¹. Boden und Gewässer erfahren erhebliche Belastungen, die die Schadschwelle für Bodenorganismen weit übertreffen. Bei kesseldruckimprägnierten Lärmschutzwänden sind Emissionen in erheblicher Menge festgestellt worden: An Elementen aus Fichte wurden im ablaufenden Regenwasser kontinuierlich Konzentrationen an Chrom von 0,30-1,46 mg/l, an Kupfer von 1,44-6,04 mg/l und an Bor von 0,04-2,69 mg/l ermittelt. Bereits bei sehr geringen Wirkstoffkonzentrationen von 3 ppm (= part per million = mg/kg = ml/l = mg/l) für Kupfer und 5 ppm für Chrom lassen sich eine etwa 50 %ige Sterblichkeit und eine erheblich beeinträchtigte Fortpflanzung für Bodenorganismen beobachten. Treten Kupfer und Chrom gemeinsam auf (wie bei allen für Lärmschutzwände üblichen CK...-Präparaten), genügen bereits 3 ppm Chrom und 2 ppm Kupfer, um eine Sterblichkeit von 70 % hervorzurufen; gleichzeitig ist die Fortpflanzungsfähigkeit der überlebenden Organismen ausgeschaltet.² Die neu entwickelten Cu-HDO-Salze stellen keine Lösung dar. Sie führen zu einer Verlagerung des Problems von der Chrom- auf die Kupfer-Auswaschung. Kupfer-Verluste liegen etwa doppelt so hoch wie bei den CKB-Salzen und betragen insgesamt ca. 15-20 % der eingebrachten Menge.

- **Problemkreis 2: Entsorgung von holzschutzmittelhaltigen Hölzern**

Am Ende der Nutzungsdauer sind imprägnierte Lärmschutzwände zu entsorgen. Holzschutzmittelhaltige Hölzer sind nach der Abfallbestimmungsverordnung (AbfBestV) vom 3. April 1990 in Anwendung des § 2 Abs. 2 des Abfallgesetzes (AbfG) vom 27. August 1986 besonders überwachungsbedürftige Abfälle. Ihr weiterer Verbleib bzw. Entsorgung wird nach der Technischen Anleitung Abfall (TA Abfall) vom 12. März 1991 festgelegt. Imprägnierte Lärmschutzwände sind daher Sondermüll, der nur mit beträchtlichem technischen und finanziellen Aufwand beseitigt werden kann.

Eine Deponierung von holzschutzmittelhaltigem Holz aus Lärmschutzwänden ist nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrW-/AbfG) vom 4. Juli 1994 - zuzgl. Übergangsfrist - nicht mehr möglich. Die Verbrennung aber von mit salzhaltigen Holzschutzmitteln imprägnierten Hölzern führt zu erheblicher Anreicherung von Schwermetallen in der Asche. So lassen sich hohe Konzentrationen von Chrom, Kupfer und Bor in den Aschen wiederfinden; dabei wurden Werte bis zu 70.000 mg/kg bestimmt.³

Über den weiteren Verbleib schutzmittelhaltigen - oder besser: kontaminierten - Altholzes ist man sich daher uneinig. Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Laga) hat bis jetzt noch kein schlüssiges Konzept vorlegen können. Diskutiert wird die stoffliche Verwertung von Holzabfällen nur noch bei nicht behandeltem Holz ebenso wie (auf EU-Ebene) die Verbrennung von Holz-

¹ Leiße, Bernhard: Holzschutzmittel im Einsatz. Bestandteile, Anwendungen, Umweltbelastungen. Bauverlag, Wiesbaden 1992

² Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH): Holzschutzmittel im Biotest mit bodenbewohnenden Ringelwürmern. Holz-Zentralblatt 118. Jg. (1992), 16. März 1992, S. 538

³ Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH): Emissionen bei der Verbrennung von kontaminierten Holzresten. Holz-Zentralblatt 120. Jg. (1994), 7. März 1994, S. 457

abfällen auch aus 'nicht-naturbelassener' Herkunft. Das Problem ist brisant; wie immer man sich auch politisch entscheidet: Die Kontaminationen im Holz durch chemische Holzschutzmittel sind vorhanden! Sie verteilen sich immer weiter in der Welt (bei stofflicher Verwertung des kontaminierten Altholzes), sie reichern sich in Aschen an - und werden ggf. mit Rauchgasen emittiert (bei thermischer Verwertung kontaminierten Altholzes) oder sie blockieren teuren Deponieraum und führen zu hohen Entsorgungskosten (bei Entsorgung bzw. Deponierung kontaminierten Altholzes).

Diese Situation ist vor allem aus Sicht der Holzanbieter und der Forstwirtschaft unbefriedigend. Sie wirkt auf die Förderung des nachwachsenden und - par excellence - 'umweltfreundlichen' Rohstoffs Holz kontraproduktiv. Der derzeit realisierbare Stand der Technik verlangt praktisch chemische Holzschutzmittel - mit allen oben beschriebenen Konsequenzen.

Bisherige Versuche, bei Lärmschutzwänden aus Umweltschutzgründen auf chemische Holzschutzmittel zu verzichten und die Elemente aus Robinie zu fertigen, sind oft an der schlechten Verfügbarkeit dieser Holzart gescheitert. Intensive Gespräche mit öffentlichen Auftraggebern über einen Verzicht auf chemische Holzschutzimprägnierungen auch ohne die Verwendung der von der ZTV-Lsw 88 vorgeschriebenen resistenten Holzarten scheiterten an der Frage der Gewährleistung und nach Prüfzeugnissen für die unimprägnierten Elemente. Offen wurde i.d.R. der Unglaube artikuliert, daß Holz überhaupt ohne Imprägnierung dauerhaft sein kann.

Die Zielsetzung kann daher nur sein:

- a) Entwicklung und Konstruktion von gleichwertigen hölzernen Lärmschutzelementen, die aus einheimischen Holzarten bestehen und frei von Holzschutzmitteln sind,
- b) Vermeidung der beschriebenen Umweltkontamination und
- c) Sicherstellung der uneingeschränkten stofflichen Wiederverwertung des Holzes nach dem Ende der Nutzungsdauer der Lärmschutzwandelemente.

Es sind

- geeignete Holzkonstruktionen zu entwickeln, die die Lebensbedingungen von holzerstörenden Pilzen vermeiden, und die - auf Lärmschutzwände übertragen - Funktionstüchtigkeit, Leistungsfähigkeit, Statik und Standfestigkeit der Lärmschutzwände nicht beeinträchtigen;
- geeignete Holzarten zu ermitteln, die unter den genannten konstruktiven Bedingungen ausreichend lange beständig sind;
- die zu erwartende Nutzungsdauer der neuen Konstruktion durch ein Prüfzeugnis nachzuweisen. Damit wird der nach Ziff 2.2.4 und 3.5.1 der ZTV-Lsw 88 geforderte Nachweis der Tauglichkeit und Lebensdauer erbracht, den das Bundesministerium für Verkehr für eine neue, noch nicht hinreichend bewährte Konstruktion verlangt.

Optimierung des konstruktiven Holzschutzes bei Lärmschutzwänden

- Die Elemente werden in ein Lärmschutzwandraaster auf Stahlbetonsockel 25-50 cm über Erdreich eingebaut. Ein Erdkontakt ist somit ausgeschlossen. Der Sockel springt hinter der Vorderkante der Holzelemente zurück. Auf diese Weise wird Regenrückprallwasser verhindert, Ablageflächen für Erd- und Schmutzansammlungen werden vermieden. Aus diesem Grunde auch wird der separate Sockel für die Stahlbetonstützen gegenüber dem Sockel für die Holzelemente abgesenkt und nach vorne geneigt.
- Die Einbaufeuchte des Holzes beträgt nach DIN 1052 18 +/- 6 %.
- Das Oberflächenwasser wird abgeleitet. Dazu müssen horizontale Holzoberflächen vermieden

werden; alle entsprechenden Flächen sind geneigt zu konstruieren, damit sie den Wasserabfluß erlauben.

- Kontaktflächen 'Holz-auf-Holz' sind zur Reduzierung kapillar festgehaltenen Wassers zu minimieren. Ggf. ist mit Abstandshaltern zu konstruieren. Ausreichend kleine Kontaktflächen besitzen i.d.R. nur ein geringes Wasserrückhaltevermögen, welches - wie die Untersuchung erwiesen hat - sich nicht nachteilig für das Feuchteverhalten des Holzes auswirkt. Dies betrifft vor allem vertikale Kontaktflächen. Kontaktzonen 'Staketen-auf-Gurten' z.B. sitzen meist nicht dicht aufeinander, liegen meist nicht parallel zueinander und klaffen durch das unvermeidbare 'Arbeiten' des Holzes teilweise einige Millimeter auf. Die einzelnen Bohlen der Bohlenrückwand sollten in Längsrichtung der Bohlen auf deren Rückseite eine mittige Nutfräsung besitzen (Vorschlag für den Querschnitt: ca. 3 x 3 mm); Ziel: Entwässerung der Kontaktflächen Bohlen/Gurte. Eine Gefahr zu lange anhaltender, unzutraglich hoher Holzfeuchte geht von möglichst klein gehaltenen Kontaktflächen nicht aus. Überdies liegen hier praktisch nur vertikale Kontaktflächen von Längsholz vor; Hirnholz ist nicht beteiligt. Recherchen bei Holz-Wissenschaftlern ergaben, daß nach deren Einschätzung besonders der Kontakt unter Beteiligung einer Hirnholzfläche kritisch ist, weil das Hirnholz sehr saugfähig ist und viel Wasser aufnimmt.⁴
- Klemmleisten zur Halterung der Dämmatten sind auf den Gurten mit Abstandshaltern aufzunageln; Grund: Belüftung, vor allem aber Wasserablauf auf der geneigten Gurtoberfläche unter den Latten hindurch.
- Der obere Elementabschluß wird durch Deckbretter abgedeckt. Hölzerne Deckbretter besitzen an ihrer Unterseite Nuten zum Spannungsausgleich, vor allem aber zur Verringerung der Kontaktflächen Holz-auf-Holz; alternativ ist mit 2 mm Abstandshaltern zu konstruieren. Blechabdeckungen werden grundsätzlich mit ca. 2 mm dicken Unterlegscheiben (Hartgummi o.ä.) zwischen Holz und Blech als Abstandshalter konstruiert.
- Die oberen Abdeckungen (ob Holz oder Blech) überdecken immer *alle* darunterliegenden Hölzer. Hölzerne Abdeckungen besitzen einen Überstand und Bleche sind abgekantet.
- Die vertikalen Anschlußflächen zwischen Gurten und Stahlpfosten müssen an deren Außenkante abgedichtet werden (Dichtungsband, Fahnenprofil o.ä.); dies verhindert vor allem Erd- und Schmutzeintrag und Erdkontakt.
- Die horizontalen Anschlußfugen zwischen Sockel und Holzelemente bzw. die Elementstöße werden mit einem geschlossenen EPDM-Profil abgedichtet. Das Profil darf sich nicht mehr als 5 mm zusammendrücken.

Eine Anreicherung von Erd- und Schmutz innerhalb der Holzelemente erfolgt nicht; dies wird durch die Konstruktion sichergestellt und ist bei Untersuchungen vor Ort hinreichend nachgewiesen worden. Grundsätzlich ist die Gefahr zwar nicht auszuschließen, daß z.B. mit Spritzwasser (= Rückprallwasser vom Erdboden bei heftigen Niederschlägen) Erdpartikel hochgerissen werden und sich im Bereich von Untergurten ansammeln. Auch durch Windverfrachtung sind prinzipiell kleine Erdvolumina in die Lärmschutzelemente hineintragbar. Die bisherigen Untersuchungen vor Ort zeigten selbst bei den nicht verbesserten Konstruktionen bis auf kleine, vernachlässigbare Sand- und Erdmengen, die kein Wasserrückhaltevermögen besitzen, praktisch keine nachträglichen, für den Feuchtehaushalt des Holzes relevanten Erdansammlungen; mit Rückprallwasser vom Erdboden hochgeschleuderte Erdmengen werden zudem zusätzlich durch

⁴ „Kritisch sind horizontale oder nur schwach geneigte Bauteile sowie die ... Kontaktflächen zwischen horizontalen Elementen und den Hirnholzflächen vertikaler Träger.“ [Quelle: EMPA Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt St. Gallen, Dr. E. Graf. Persönliche Mitteilung vom 23. Oktober 1995]

die Art der Konstruktion minimiert. Vermoderndes, feuchtes Laub ist ebenfalls in keinem Fall vorhanden; kleine Laubreste sind völlig trocken und befinden sich im Stadium der 'Pulverisierung'. Moosbewuchs ist, auch bei nicht verbesserten Konstruktionen an den kritischen Stellen mit Verschattung, in keinem Fall festgestellt worden. Dies hindert jedoch nicht daran, bei zu verbessernden Konstruktionen auch die grundsätzliche Gefahr von Erdansammlungen zu berücksichtigen, um die Sicherheit für die Neuentwicklung weiter zu erhöhen.

Gefährdung durch Pilze

Es ist davon auszugehen, daß eine Gefahr von Bauschäden durch Pilzbefall erst dann vorliegt, wenn bei Fichtenholz eine Temperatur von 20 °C und eine Holzfeuchte im Bereich der Fasersättigung für mindestens 12 Monate konstant vorliegen; für Sporenkeimung und Frühstadium der Pilzentwicklung in Fichte müssen beispielsweise 20 °C und 22-23 % Holzfeuchte *für 12-18 Monate lang konstant* vorliegen. Diese Voraussetzungen existieren hier nicht. Bei permanent sich ändernden Bedingungen mit für die Pilzentstehung abwechselnd günstigen und ungünstigen Holzfeuchten sowie wechselnden Temperaturen mit teilweise äußerst ungünstigen Bedingungen (unterhalb von 0 °C kommen Sporenbildung und Mycelwachstum völlig zum Erliegen) sind zur Abschätzung der Pilzgefährdung die Einzelzeitspannen mit pilzfördernden Bedingungen aufzusummieren. Die notwendige, aufsummierte Mindestzeit ist mangels Grundlagenforschung noch nicht bekannt; sicher ist, daß sie Jahre beträgt, aber auch von Holzart zu Holzart verschieden ist.

Diese Voraussetzung liegt im überprüften Kernholz nicht vor; hier besteht praktisch bei keinem Bauteil und bei keiner der untersuchten Lärmschutzwände eine Gefährdung durch holzzerstörende Pilze. Das bei der Untersuchung zahlreicher Lärmschutzwände vor Ort vorgefundene und untersuchte Splintholz ist für Flüssigkeiten weitaus aufnahmefreudiger als Kernholz. Hier werden höhere Holzfeuchten erreicht, die oft auch länger andauern; zudem ist Splintholz weitaus anfälliger als Kernholz, was die für einen Pilzbefall erforderliche aufsummierte Mindestzeitspanne reduziert. Dennoch liegt die Voraussetzung für Pilzbefall auch beim Splintholz nur vereinzelt bei ungünstig konstruierten Untergurten bzw. Elementstößen vor. Teilweise aber reichen selbst bei dem anfälligen Splint die aufsummierten Einzelzeitspannen nicht aus, um zu Pilzbefall zu führen; das heißt, selbst das – unzulässigerweise verbaute – Splintholz ist meist befallsfrei. Eine separate Untersuchung des WKI Wilhelm-Klauditz-Institut für Holzforschung der Fraunhofer-Gesellschaft bestätigt diese Feststellungen.

Bewertung der Gefahr von Bauschäden durch Pilze bei einzelnen Bauteilen:

- Bohlenrückwand: keine Gefährdung durch holzzerstörende Pilze; die Holzfeuchte erreicht in keinem Fall den Fasersättigungsbereich; sie bleibt in fast allen Fällen sogar unter der Grenzfeuchte von 25 %.
- Staketten:
 - a) mitte und oben: keine Gefährdung durch holzzerstörende Pilze; die Holzfeuchte befindet sich praktisch dauerhaft unterhalb der Fasersättigung bzw. unter der Grenzfeuchte von 25 %.
 - b) unten: praktisch keine Gefährdung durch holzzerstörende Pilze. Staketten frei belüftet und ohne Bewuchs haben sowohl mit als auch ohne Rückprallfläche eine Holzfeuchte i.d.R. unterhalb des Fasersättigungsbereichs bzw. unterhalb der Grenzfeuchte von 25 %. Bei Staketten mit Bewuchs liegt - unabhängig von Rückprallflächen - eine langdauernde Holzfeuchte im Bereich der Fasersättigung bzw. oberhalb der Grenzfeuchte von 25 % nicht vor; das pilzfördernde Milieu ist zu kurz für einen Pilzbefall. Selbst vorhandene Splintanteile, bei denen die für einen Pilzbefall notwendigen kumulierten Mindestzeitspannen geringer als bei Kernholz sind, sind meist noch befallsfrei. Nur an einzelnen Staketten konnte im Splint unmittelbar um die

unterste Nagelung herum geringfügig Pilzbefall gefunden werden. Hohe Holzfeuchten sind auf das untere Ende der Stakete beschränkt; der Bereich an dem zusätzlich Splint vorhanden ist, ist sehr kleinteilig. Ein möglicher Befall umfaßt daher nur ein sehr kleines Volumen; dieser Befall ist für die Stakete praktisch irrelevant.

- Obergurt: Die Holzfeuchte-Meßwerte liegen selbst ohne obere Abdeckung nur in Einzelfällen im Bereich der Fasersättigung bzw. der Grenzfeuchte von 25 %. Die Dauer ist zu kurz für einen Befall durch holzerstörende Pilze; eine Gefährdung liegt praktisch nicht vor. Mit oberer Abdeckung muß eine Gefährdung durch Pilze definitiv ausgeschlossen werden.
- 2./3. Gurte: keine Gefährdung durch holzerstörende Pilze. Bis auf kurzzeitige Ausreißer liegen Holzfeuchten praktisch unterhalb der Fasersättigung bzw. der 25 %-Grenzfeuchte.
- Elementstoß: Bis auf kurzzeitige Ausnahmen liegen die Holzfeuchtwerte deutlich unterhalb der Fasersättigung bzw. der 25 %-Grenzfeuchte. Nur im schlecht konstruierten (Kapillarfugen), für Flüssigkeiten sehr wegsamen Splintholz ist längerfristig eine höhere Holzfeuchte zu erwarten. Da im Splint zudem die für einen Pilzbefall notwendigen kumulierten Mindestzeitspannen geringer als bei Kernholz sind, kann Pilzbefall nicht ausgeschlossen werden; dieser ist in für die Statik der LSW noch nicht nachteiligen Teilbereichen des Holzquerschnitts denn auch gefunden worden. In gut konstruierten Elementstößen hingegen liegt eine Gefahr durch Pilzbefall nicht vor.
- Untergurte: gut konstruierte Untergurte (z.B. ohne Regenrückprallfläche) haben nur zeitlich begrenzt eine Holzfeuchte oberhalb der Fasersättigung. Im allgemeinen bleibt die Holzfeuchte deutlich unterhalb der Fasersättigung und der Grenzfeuchte von 25 %; Voraussetzung: die LSW ist frei belüftet und unverschattet (= ohne Bewuchs an der LSW-Vorderseite). Hier kann eine Gefährdung durch Pilze definitiv ausgeschlossen werden. Da mit Bewuchs prinzipiell aber gerechnet werden muß und eine Nutzung ohne Berankung oder Strauchbewuchs nicht vorgeschrieben werden kann, darf die Bewertung des Beanspruchungsniveaus nur von diesen Verhältnissen ausgehen. Hier kann die Holzfeuchte während feuchter Witterungsperioden im Bereich oder oberhalb der Fasersättigung bzw. der 25 %-Grenzfeuchte liegen. Aufsummierte Einzelzeitspannen mit für die Pilzentstehung günstigen Bedingungen innerhalb dieses Milieus abwechselnd günstiger und ungünstiger Bedingungen sowie permanent sich ändernden Temperaturen sind nur für das anfällige Splintholz unzutraglich lang; hier ist Pilzbefall nachgewiesen worden. Für das Kernholz von Kiefer und Lärche hingegen ist die aufsummierte Zeitdauer mit pilzfördernder Holzfeuchte auch dann noch zu kurz für die Entstehung eines Pilzbefalls, wenn man sie über die Jahre der bisherigen Lebensdauer hinweg aufsummiert: alle entsprechenden Holzbauteile sind nachgewiesenermaßen befallsfrei. Bei gut konstruierten Untergurten aus Kiefer- oder Lärche-Kern besteht keine Gefährdung durch holzerstörende Pilze.

Abschließende Bewertung des Beanspruchungsniveaus

Die abschließende Bewertung des Beanspruchungsniveaus muß davon ausgehen, daß Lärmschutzwände berankt bzw. mit Sträuchern dicht bewachsen sein können. Dem trägt diese Bewertung Rechnung. Für die verbesserte Lärmschutzwandkonstruktion liegt ein wechselfeuchtes Milieu vor; eine dauerfeuchte Situation ist nicht vorhanden. Dabei wird die Holzfeuchte weniger von der akut gefallenen Niederschlagsmenge als vielmehr von der Häufigkeit und Länge der Regenperioden beeinflusst. In Zeiten mit tendenziell höherer Holzfeuchte - dies ist erfahrungsgemäß die Herbst-/Winterperiode - liegen temperaturbedingt die Wachstumsbedingungen für holzerstörende Organismen oft nicht vor.

Insgesamt ist durch die verbesserte Konstruktion sichergestellt, daß die Elemente luftumspült sind und keine Feuchtigkeit kumulieren kann; eingedrungene Feuchtigkeit kann ausreichend

schnell wieder abgeführt werden bzw. trocknet wieder ab. Nach dem Stand der Erkenntnis werden die für ein Pilzwachstum bei wechselfeuchten Klimaten erforderlichen Zeitspannen abhängig von der Temperatur nicht erreicht. Die Untersuchungen vor Ort zeigten, daß noch nicht einmal Mooswachstum (= Indikatoren für potentielle Fäulnisgefahr noch Pilze) anzutreffen war.

Aus den Untersuchungen läßt sich unter Berücksichtigung der verbesserten Konstruktion eindeutig ableiten: Es herrscht ein wechselfeuchtes Milieu ohne unzutraglich lange Perioden von unzutraglich hoher Holzfeuchte. Eine dauerfeuchte Situation existiert nicht. Allein für Untergurte muß differenziert werden: Aufsummierte Einzelzeitspannen mit für die Pilzentstehung günstigen Bedingungen innerhalb dieses Milieus abwechselnd günstiger und ungünstiger Bedingungen sowie permanent sich ändernden Temperaturen sind nur für das anfällige Splintholz unzutraglich lang. Für Kernholz (bei den untersuchten LSW: Kiefer und Lärche) hingegen ist die aufsummierte Zeitdauer mit pilzfördernder Holzfeuchte zu kurz für die Entstehung eines Pilzbefalls.

Unter diesen Voraussetzungen besteht für die hier vorliegenden, neu konstruierten und verbesserten hölzernen Lärmschutzwände keine Gefährdung durch holzerstörende Pilze.

Holzarten mit natürlicher Dauerhaftigkeit bei wechselfeuchtem Milieu

Die aktuell gültige ZTV-Lsw 88 verlangt für hölzerne Lärmschutzwände, die nicht mit Holzschutzmitteln behandelt werden, grundsätzlich Holzarten der Resistenzklasse 1 der 'alten' DIN 68364. Dies ist z.B. das Kernholz von Afzelia (Doussie), Bongossi, Robinie und Teak. Diese extrem resistenten Holzarten werden im Holzbau von den einschlägigen Normen (DIN 68800-3) für Bauteile im permanenten Erdkontakt vorgeschrieben. Die Einstufung dieser Hölzer in die verschiedenen Dauerhaftigkeitsklassen erfolgte unter der Voraussetzung permanent hoher Holzfeuchte, u.a. anhand von Versuchen im permanenten Erdkontakt.

Diese Voraussetzungen liegen bei dem hier entwickelten, neuen Lärmschutzwandelement LH 9.1 *nicht* vor. Es herrscht kein dauerfeuchtes Milieu; daher können weder die Einstufung der Holzarten in Dauerhaftigkeitsklassen nach der 'alten' DIN 68364 bzw. der 'neuen' DIN EN 350-2 noch die Anwendungsvorschrift der ZTV-Lsw 88 angewendet werden. Selbstverständlich liegt man mit der Verarbeitung der hochdauerhaften Holzarten auf der sicheren Seite. Doch ist es erklärtes Ziel dieses Vorhabens, auch die Auswahl der Holzarten zu optimieren und insbesondere einheimischen Nadelholzarten den Vorzug zu geben, sofern dies möglich ist.

Im Verlaufe der vorliegenden Untersuchung konnte festgestellt werden, daß die zur Sporenkeimung und Pilzentwicklung bei Fichte (Dauerhaftigkeitsklasse 4) notwendige Zeitdauer bei konstant 20 °C und einer Holzfeuchte von konstant 22-23 % etwa 12-18 Monate beträgt. Die bei sich laufend ändernder Holzfeuchte mit für die Pilzentwicklung abwechselnd günstigen und ungünstigen Bedingungen erforderliche Zeitdauer zur Sporenkeimung und Pilzentwicklung beträgt ein Vielfaches davon; sie konnte bisher mangels Grundlagenforschung leider noch nicht quantifiziert werden. Zudem sind nur die Einzelzeitspannen mit pilzförderlichen Bedingungen aufzusummieren. Diese Voraussetzungen liegen hier bei den verbesserten LSW, bis auf die Untergurte, nicht vor. Daher könnte für zahlreiche Einzelbauteile bereits mit Fichte das gewünschte Ergebnis erzielt werden. Doch ist dies *nicht nachweislich gesichert*, da eben die Quantifizierung der erforderlichen aufsummierten Einzelzeitspannen noch nicht möglich ist.

Im Verlaufe der umfangreichen Untersuchungen vor Ort konnte weiterhin festgestellt werden, daß für Lärche- und Kiefer-Kernholz (Dauerhaftigkeitsklasse 3-4) die für einen Pilzbefall erforderlichen aufsummierten Einzelzeitspannen noch nicht möglich ist.

derliche Mindestzeitdauer an keiner Stelle und an keinem Einzelbauteil erreicht wurde. Für Lärche-Splintholz hingegen sind an Untergurten die aufsummierten Einzelzeitspannen mit pilzförderndem Milieu unzutraglich lang. Splintholz muß als 'nicht dauerhaft' eingestuft werden (Dauerhaftigkeitsklasse 5).

Es stellt sich also folgende Situation dar:

- a) Lärche- und Kiefer-Kern (Dauerhaftigkeitsklasse 3-4) sind unter dem Beanspruchungsniveau der verbesserten Konstruktion ausreichend dauerhaft und haben dies bereits bewiesen.
- b) Lärche-Splint (Dauerhaftigkeitsklasse 5) ist in manchen Fällen (Untergurte mit Verschattung und unzureichender Belüftung) nicht ausreichend dauerhaft; auch dies ist erwiesen.
- c) Fichte (Dauerhaftigkeitsklasse 4) erreicht nicht die für einen Pilzbefall notwendige - allerdings noch nicht quantifizierte - Mindestdauer an pilzförderlichen Einzelzeitspannen; für die Untergurte ist dies jedoch nicht völlig gesichert. Zudem kann diese Abschätzung noch nicht in der Praxis nachgewiesen werden.

Zugunsten von Fichte spricht weiterhin, daß diese Holzart eine rel. schlechte Wasseraufnahmefähigkeit besitzt. Unter den hier vorliegenden wechselnden Befeuchtungsbedingungen wird Fichte einen geringeren Feuchtegehalt als aufnahmefähigeres Holz annehmen und daher ein vermindertes Risiko eines Pilzbefalls aufweisen. Ein Hinweis auf die Neigung, Feuchte aufzunehmen, kann von der Tränkbarkeitsklassifikation der verschiedenen Holzarten erhalten werden:⁵

Fichte-Kern	Tränkbarkeitsklasse 3-4 (schwer bis sehr schwer tränkbar)
Fichte-Splint	Tränkbarkeitsklasse 3 (schwer tränkbar)
Lärche-Kern	Tränkbarkeitsklasse 4 (sehr schwer tränkbar)
Lärche-Splint	Tränkbarkeitsklasse 2 (mäßig tränkbar)
Kiefer-Kern	Tränkbarkeitsklasse 3-4 (schwer bis sehr schwer tränkbar)
Kiefer-Splint	Tränkbarkeitsklasse 1 (gut tränkbar)

Fichte wird für die verbesserte Konstruktion bis zur Vorlage weiterer Erkenntnisse zunächst dennoch nicht in Betracht gezogen. Hier ist noch weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit erforderlich: Es ist aussichtsreich, daß zumindest vertikale Bauteile wie Staketen und Bohlenrückwände künftig aus Fichte gefertigt werden können.

Holzarten mindestens der Dauerhaftigkeitsklasse 3-4 gegen Pilze sind für die verbesserte LSW-Konstruktion geeignet. Holzarten der Dauerhaftigkeitsklasse 5 sind nicht geeignet. Holzarten der Dauerhaftigkeitsklasse 4 bei schlechter Wasseraufnahmefähigkeit erscheinen geeignet, benötigen aber noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Folgende europäische bzw. einheimische Holzarten kommen daher in Frage⁶:

⁵ Nach DIN EN 350-2. Entsprechend können Hölzer gleicher Dauerhaftigkeitsklasse bei einer schlechten Tränkbarkeit (z.B. Klasse 3-4) bei Anwendung ohne Erdkontakt eine höhere Nutzungsdauer erreichen als bei einer guten Tränkbarkeit (z.B. Klasse 1 oder 2).

⁶ Nach DIN EN 350-2.

Holzart	Dauerhaftigkeits- klasse	Bemerkung
Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	3-4	kultiviert in Europa
Eibe (<i>Taxus baccata</i>)	2	als Bau-Schnittholz nicht verfügbar
Lärche (<i>Larix decidua</i>)	3-4	
Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>)	3-4	
Contorta-Kiefer (<i>Pinus contorta</i>)	3-4	kultiviert in Nordeuropa
Seestrand-Kiefer (<i>Pinus pinaster</i>)	3-4	Süd-/Südwesteuropa
Western Red Cedar (<i>Thuja plicata</i>)	3	kultiviert in Großbritannien
Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i>)	2	als Bau-Schnittholz nicht verfügbar
Eiche (<i>Quercus robur</i>)	2	
Nußbaum (<i>Juglans regia</i>)	3	als Bau-Schnittholz nicht verfügbar
Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	1-2	

Für die verbesserte Lärmschutzwand-Konstruktion werden aus Gründen des Preises und der Verfügbarkeit die Holzarten Lärche, Kiefer und Douglasie gewählt.