

Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit von Lärmschutzwänden

FA 8.173

Forschungsstelle: Bauhaus-Universität Weimar, Institut für Baustoffkunde (Prof. Dr.-Ing. habil. J. Stark)

Bearbeiterin: Frohburg, U.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Februar 2006

1. Zielstellung

Seit den 70-er Jahren gibt es Lärmschutzwände (LSW) in der BRD zum Schutz der Bevölkerung vor Verkehrslärm. Für die Errichtung von LSW kommen verschiedene Materialien zum Einsatz wie Aluminium, Beton, Holz, Kunststoff und transparente Materialien, wobei den größten Anteil LSW aus Beton (35 % = 616 km) ausmachen. [2]

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde die Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit von Lärmschutzwänden mit Beton insbesondere mit haufwerksporigem Leichtbeton (HPLB) untersucht. Ziel war die Aufklärung der ablaufenden Schadensmechanismen und die Entwicklung eines geeigneten Prüfverfahrens, um den Frost-Tausalz-Widerstand von HPLB für LSW im Vorfeld kontrollieren zu können.

Hierfür wurde eine Literaturrecherche zum Thema durchgeführt, das Praxisverhalten von LSW wurde begutachtet und es wurden umfangreiche Untersuchungen zur Frost-Taumittelbeständigkeit von Absorptionsbeton durchgeführt.

2. Untersuchungsmethodik und Ergebnisse

2.1 Konstruktion von LSW

In diesem Forschungsprojekt werden LSW mit einem zweischaligen Verbundsystem betrachtet, da diese hauptsächlich entlang bundesdeutscher Autobahnen errichtet werden. Im Allgemeinen handelt es sich um eine Konstruktion aus einer Tragschale und einer Vorsatzschale (Bild 1). Die Tragschale besteht aus bewehrtem Normalbeton und die Vorsatzschale aus einem haufwerksporigen, hochabsorbierenden Beton. Meist werden die Wände liegend hergestellt, wobei zuerst der Vorsatzschalenbeton eingefüllt wird und anschließend frisch in frisch der Tragbeton aufbetoniert wird. Es gibt auch die Möglichkeit, dass die Vorsatzschale und die Tragschale separat hergestellt werden. Anschließend wird dann mit Hilfe von Befestigungstechnik die Vorsatzschale an der Tragschale aufgehängt.

Die Oberfläche der Vorsatzschale kann ganz unterschiedlich gestaltet werden, z. B. glatt, trapez- oder quadratförmig. Am häufigsten wird das Wellenprofil gewählt.

Diese Wandelemente werden in das Tragwerk aus Stahlbetonstützen eingehängt.

2.2 Anforderungen an LSW

LSW müssen die schalltechnischen Anforderungen hinsichtlich Luftschalldämmung und Schallabsorption erfüllen. Für LSW aus Beton mit zweischaligem Verbundsystem erübrigt sich der Nachweis des Schalldämmmaßes wegen der hohen Rohdichte des Normalbetons. Bei den LSW mit HPLB handelt es sich um schallabsorbierende Systeme. Die Lärmschutzsysteme, von denen die Hersteller Prüfprotokolle (7 Protokolle) zur Verfügung

gestellt haben, wiesen Schalldämmmaße von 9 dB bis 13 dB auf und sind damit hochabsorbierend.

LSW müssen weiterhin die Forderungen auf Verkehrssicherheit, Standsicherheit, Beständigkeit und entsprechende optische Wirkung erfüllen. Als besondere Anforderung wird in der ZTV-Lsw für den Beton ein hoher Widerstand gegen Frost und Tausalze gefordert. [3]

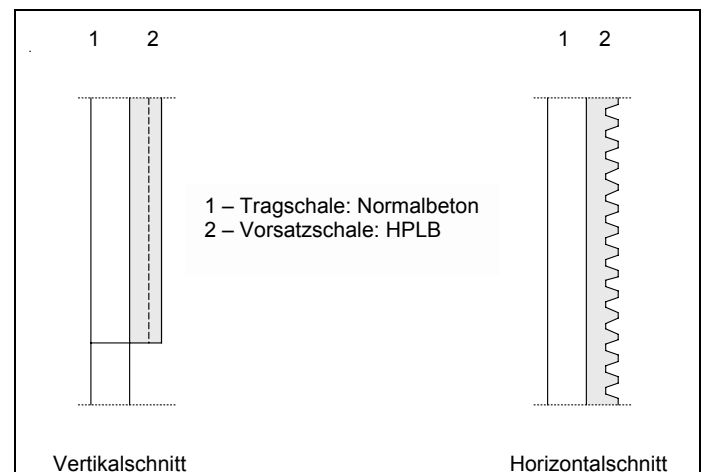


Bild 1: Konstruktionsbeispiel einer zweischaligen Lärmschutzwand

2.3 LSW aus Beton in der Praxis

Zunächst wurden sowohl die Hersteller von LSW als auch die zuständigen Autobahnämter, -direktionen zum Praxisverhalten der LSW befragt. Diesen Anfragen wurde z. T. mit starker Zurückhaltung begegnet. Zum einen beklagen die Hersteller zu starke, "praxisfremde" Beanspruchung bei der Frost-Tausalz-Prüfung im Labor. Zum anderen geben sie an, seit vielen Jahren ohne Reklamationen hinsichtlich Frost-Tausalz-Schäden LSW zu errichten. Lediglich ein Hersteller hat uns auf Schäden an ihren LSW aufmerksam gemacht. Zur Aufklärung der Schadensursachen wurde eine genaue Begutachtung und Beobachtung der LSW durchgeführt.

Weiterhin wurden die LSW an den Thüringer Autobahnen über den Bearbeitungszeitraum visuell begutachtet bzw. beobachtet.

Die erste visuelle Begutachtung der geschädigte LSW fand im November 2002 statt. Abschließend wurde die LSW nach drei weiteren Wintern im September 2005 begutachtet. Es mussten starke Schäden in Form von Betonabplatzungen an den Unterkanten der unteren und der oberen Absorptionsschale festgestellt werden. Diese Schäden nahmen während des Beobachtungszeitraums stark zu (Bild 2). An einem Wandelement kam es sogar zum teilweisen Abfall der unteren Vorsatzschale.

An der geschädigten LSW wurden Bohrkern genommen, welche im Labor untersucht wurden. Es konnten höhere Chloridgehalte (aus Tausalz) gemessen werden. Das Gefüge des HPLB ist gekennzeichnet durch einen relativ geringen Haufwerksporenraum. Der HPLB ist als Einkornbeton mit einer quarzitischen Gesteinskörnung der Korngröße 1 mm aufgebaut.

Die gemessene Zementsteinschicht war z. T. sehr gering. Die Kontaktzone zwischen dem Zementstein und der Gesteinskörnung muss als kritisch eingeschätzt werden. Die Beurteilung aller Ergebnisse zeigt, dass es sich bei den Schäden an der LSW eindeutig um Frost- und Frost-Tausalz-Schäden handelt. Ursache für die Schäden ist die für diese sehr starke Belastung ungeeignete Mischungszusammensetzung.

Die LSW an den Thüringer Autobahnen befanden sich in einem allgemein guten Zustand. Auch an diesen LSW konnte festgestellt werden, dass Feuchtigkeit und Chlorid gut in den Absorptionsbeton eindringen können. Die z. T. beobachteten geringen Schäden haben aber mechanische Ursachen. Das bestätigt die Angaben der Hersteller von LSW und der Autobahnämter, dass eine Vielzahl von LSW mit haufwerksporiger Absorptionsschale dem Angriff von Frost-Taumittel in der Praxis widersteht.



Bild 2: LSW mit Schäden an den Vorsatzschalen aus HPLB

2.4 Schädigungsmodell

Auf Grundlage der Begutachtungen der LSW in der Praxis, der Laboruntersuchungen von Proben einer geschädigten LSW und von Prüfungen der Frost-Taumittel-Widerstandsfähigkeit von Absorptionsbeton im Labor wurde ein Schadensmodell entwickelt (Bild 3). Grundsätzlich treten beim haufwerksporigen Leichtbeton (HPLB) die gleichen Schadensmechanismen auf wie beim Normalbeton. Von besonderer Bedeutung beim HPLB ist die Phasengrenzfläche zwischen Gesteinskörnung und Zementstein. Es wurde festgestellt, dass es aufgrund des besonderen Gefüges (großer Haufwerksporenraum, schmale "Zementstein-Stege") zu keiner Schadensentwicklung, wie beim Normalbeton kommt. Zu starke Beanspruchungen in der Zementsteinmatrix führen zu sofortigen Schäden (wie Kornausbrüchen).

2.5 Frost-Tausalz-Prüfung im Labor

LSW sind einem Frost- und durch Spritzwasser bzw. Sprühnebel einem Frost-Tausalz-Angriff ausgesetzt, welcher der Beanspruchungsgruppe XF2 (mäßige Wassersättigung mit Taumitteln nach der DIN 1045) zugeordnet werden kann. Bei den Herstellern von LSW wurden die für den Nachweis der Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit ihrer Produkte verwendeten Verfahren erfragt. Es kommen verschiedene Verfahren, welche für den Nachweis des Frost-Tausalz-Widerstandes von Normalbeton, von Naturstein, aber auch speziell für HPLB von LSW entwickelt wurden, zum Einsatz:

- DIN 52 104,
- ÖNORM,
- Verfahren Rundverfugung Hessen,

- Verfahren MPA NRW,
- LfS-Eintauchverfahren,
- CDF-Test,
- Untersuchungen Dyckerhoff-Institut.

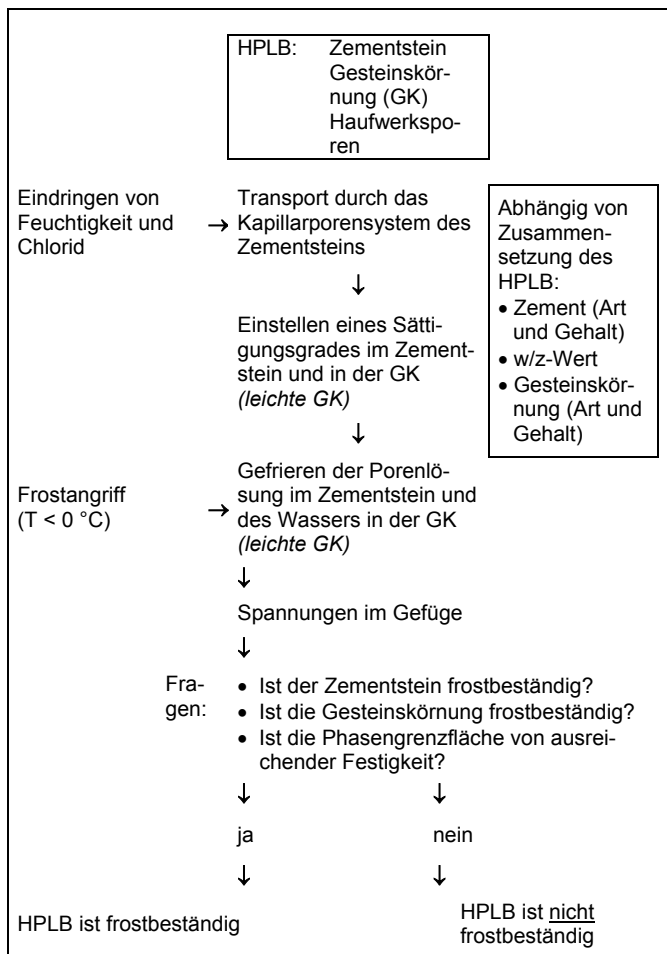


Bild 3: Schadensmodell

Für die Prüfung der Frost-Tausalz-Widerstandsfähigkeit von HPLB im Labor wurden zunächst das LfS-Eintauchverfahren [4] und der CDF-Test [5] ausgewählt. Das LfS-Eintauchverfahren wurde als einziges speziell für den Beton und Anwendungsfall entwickelt. Das CDF-Verfahren weist eine hohe Prüfgenauigkeit auf. Da es für die Prüfung von HPLB in der Beanspruchungsart XF2 zu streng ist, wurden verschiedene Variationen untersucht. So wurde insbesondere die Art der Befrostung modifiziert (Befrostung und Auftauen an Luft, vor der Prüfung und jeweils nach 2 FTW kapillares Saugen der Taumittelösung).

Tabelle 1: Untersuchte Variationen des CDF-Testes

| Prüflösung: | Minimaltemperatur: | Anzahl der FTW: |
|------------------------|--------------------|-----------------|
| • 3 % ige NaCl-Lösung | • - 20°C | • 28 |
| • 1,5 %ige NaCl-Lösung | • - 15°C | • < 28 |
| • 0,5 %ige NaCl-Lösung | | • 56 |
| • deionisiertes Wasser | | |

Für die Untersuchungen wurden sechs HPLB aus der laufenden Produktion von LSW-Herstellern verwendet. Diese Betone unterschieden sich sowohl in der Mischungszusammensetzung

als auch in ihren charakteristischen Kennwerten (Festigkeit, Porenraum, Zementsteindicke) deutlich voneinander.

Die sechs untersuchten HPLB wiesen große Unterschiede in ihrem Widerstand gegenüber Frost-Taumittelbelastung auf. Es konnte festgestellt werden, dass HPLB, welcher als Einkornbeton mit Natursand 1 mm aufgebaut ist, keinen hohen Frost-Taumittel-Widerstand hat. Die Art und Größe der Gesteinskörnung ist ungeeignet. Für die Betone, die mit einer leichten Gesteinskörnung aufgebaut sind, konnte kein Zusammenhang zwischen einzelnen Kennwerten (Festigkeit, Haufwerksporenraum, Zementsteindicke) und dem z. T. sehr unterschiedlichen Verhalten gegenüber Frost-Taumittelbelastung festgestellt werden. Eine für die jeweilige Beanspruchung optimale Zusammensetzung von HPLB muss nach wie vor durch Probieren bestimmt werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass das Alter der Betonproben keinen signifikanten Einfluss hat. Es musste jedoch ein großer Einfluss der Herstellbedingungen festgestellt werden. Für die Prüfung der HPLB von Herstellern wird empfohlen, Probekörper aus verschiedenen zeitnah hergestellten Chargen zu verwenden.

Die Dauer der Trockenlagerung (20 °C/65 % r.F.) hat einen großen Einfluss auf das Prüfergebnis. Der HPLB benötigt längere Zeit, um eine Ausgleichsfeuchte einzustellen.

Während das LfS-Eintauchverfahren die Beanspruchung in der Praxis widerspiegelt, ist der CDF-Test für die Prüfung von HPLB der Beanspruchungsart XF2 zu streng.

Die Veränderung der Prüfbedingungen (Befrostung an Luft, Verringerung der Taumittelkonzentration, Erhöhung der Minimaltemperatur) beim CDF-Test führten zu einer Verzögerung bzw. Verringerung der Schadensintensität. Die Abwitterungsverläufe blieben jedoch gleich.

Die Messung der Inneren Schädigung bei der Frost-Tausalz-Prüfung von HPLB erwies sich als nicht sinnvoll.

Für die Prüfung von Absorptionsbeton für Lärmschutzwände wird ein modifiziertes CDF-Verfahren empfohlen. Die Befrostung und das Auftauen erfolgt hier nicht in der Taumittellösung sondern an Luft. Vor und zwischen den FTW wird eine definierte Sättigung der Probekörper eingestellt.

2.6 Empfohlenes Modifiziertes CDF-Verfahren

Probekörper:

- 5 Probekörper aus 5 Betonchargen (zeitnah hergestellt)
- Abmessung: ca. 150 x 150 x 70 [mm]
- seitliche Abdichtung der Probekörper mit Epoxidharz

Trockenlagerung:

- 21 d bis 49 d bei 20 °C / 65 % r.F.

Vorsättigung mit Prüflösung:

- Prüflösung: 1,5 %-ige NaCl-Lösung
- 24 h kapillares Saugen der Prüflösung (analog CDF, Lagerung auf Abstandshaltern)
- 1 h Abtropfen vor Beginn der Befrostung (auf Lattenrost, schräges Auslaufen vermeiden)

Frost-Tau-Prüfung:

- Temperaturregime analog CDF + 20 °C / - 20 °C

Anzahl: 20 FTW

- während der FTW: Probekörper liegen mit Prüffläche nach unten in CDF-Prüfbehälter, ohne Prüflösung, ohne Abstandshalter in der CDF-Prüftruhe
- nach je 2 FTW (24 h) * 30 min. kapillares Saugen der Prüflösung * anschließend US-Bad und Bestimmung der Abwitterung * 5 min. Abtropfen lassen (Masse bestimmen)

Abnahmekriterium:

- maximale berechnete Abwitterungstiefe von 2 mm (Berechnung aus Abwitterungsmenge und Rohdichte)
- visuelle Beurteilung: keine Risse und Gefügauflockerung.

3. Schlussfolgerungen

Eine Vielzahl von LSW mit haufwerksporiger Absorptionsschale widersteht den Angriffen von Frost und Taumitteln in der Praxis. An einer stark geschädigten LSW konnte mittels visueller Begutachtung, Laboruntersuchung von Bohrkernen und unter Berücksichtigung von Klimadaten geklärt werden, dass diese Schäden eindeutig durch Frost- und Frost-Tausalz-Belastung verursacht wurden.

Es konnte festgestellt werden, dass Feuchtigkeit und Chlorid gut in den Absorptionsbeton der LSW eindringen können. Die Feuchtigkeit bleibt auch über längere Zeit im unteren Bereich der LSW-Konstruktion erhalten.

Als Prüfverfahren wurden das LfS-Eintauchverfahren, das CDF-Verfahren und verschiedene Varianten des CDF-Verfahrens angewendet. Neben der Taumittelkonzentration wurde die Minimaltemperatur variiert. Während das LfS-Eintauchverfahren die Beanspruchung in der Praxis widerspiegelt, ist der CDF-Test zu streng.

Für die Prüfung von Absorptionsbeton wird ein modifiziertes CDF-Verfahren empfohlen. Hierbei erfolgen die Befrostung und das Auftauen an Luft. Vor und zwischen den Frost-Tau-Wechseln (gesamt 20 FTW) wird eine definierte Sättigung der Probekörper mit 1,5 %-iger NaCl-Lösung als Prüflösung eingestellt.

Literaturverzeichnis

- [1] Grigo, R.: Systemkatalog 1982/83 für Lärmschutzwände und Steilwände: Gestaltung, Konstruktion und Marktstatistik. Darmstadt: Elsner, 1981
- [2] Bundesministerium für Verkehr: Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2001, 2002
- [3] Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (ZTV-Lsw 88). Bundesministerium für Verkehr
- [4] Baustoff- und Bodenprüfstelle für den Regierungsbezirk Karlsruhe beim Straßenbauamt Karlsruhe (früher: Landesamt für Straßenwesen): Ergänzung zu den ZTV-LSW 88, Ziffer 5.1: LfS-Eintauchverfahren
- [5] CDF-Test – Prüfverfahren des Frost-Tau-Widerstands von Beton – Prüfung mit Taumittel-Lösung (CDF), RILEM Recommendation. In: *Betonwerk + Fertigteil-Technik* (1997), Nr. 4, S.100–106