

# Potentielle Eignung und Nutzung von hochdichten Strohballen als Baustoff für Lärmschutzwände

Dipl.-Ing. (FH) Marcus Schöbel, Phone: +49 (0) 341/3076 6639, E-Mail: marcus.schoebel@fb.htwk-leipzig.de, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur, Fakultät Bauwesen, Karl-Liebknecht-Straße 132, 04277 Leipzig

## Abstract

In the notion of traffic emission are included three factors: sound, dust and exhaust fumes, which affect the wellbeing of people and have to be reduced to a minimum of disturbing influences. Approximately  $\frac{2}{3}$  of the German people feel molested in their everyday life by traffic noise [1].

Nowadays measures regarding active sound protection often fail because of the high costs of construction. This is why new first methods must be analysed in order to use alternative building materials with modifications, which serve the demand of active sound protection systems, while also reducing costs. Straw is a yearly produced leftover material which can be used in different ways. A new product is a bale of straw with a density of above  $200 \text{ kg/m}^3$  which is a qualitatively new brick with defined properties. They can be used as main building material to construct sound protection walls that can lower costs. In a short period of time these bales can be easily constructed onto a sound protection wall with a very highly variable shape.

The University of Applied Sciences in Leipzig/Germany and the AGRO - GbR Aschersleben/Germany want to cooperate on a research project that aims at the development of sound protection walls of high compressed straw fibres. The new developments should act according to all accepted demands of sound protection walls on streets, especially the ZTV – Lsw 06.

**Keywords:** active sound protection, sound protection wall, high density straw bales

## 1 Warum eine Lärmschutzwand aus hochdichten Strohballen?

### 1.1 Einleitung

Vor dem Hintergrund moderner Verkehrs- und Umweltschutzpolitik stellt der Schutz vor Lärm eine wesentliche Aufgabe dar. Gesetzliche Grenzwerte und persönliches Empfinden führen zu verschiedenen Lärmschutzvorstellungen. Lärmschutzkonstruktionen kosten je nach Material und Gestaltung etwa 300-600 Euro/m<sup>2</sup>. Die Kosten der Strohballenwand betragen dagegen etwa 50 Euro/m<sup>2</sup>. Als Hauptbaustoff für die Errichtung der Lärmschutzkonstruktion kommen großformatige, quaderförmige hoch verdichtete Ballen, die ohne viel Zeitaufwand in hochvariabler Form aufgeschichtet werden können, zum Einsatz.

### 1.2 Wesentliche Vor- und Nachteile des Baustoffs

#### Vorteile:

- nachwachsender, lokal verfügbarer und billiger Rohstoff
- geringe Fundamentierungsarbeiten z.B. auf einem Kiespolster
- komplett rückbaubar, recycelbar, kompostierbar, thermisch nutzbar
- erwartet werden eine gute Schalldämmung und Schallabsorption
- Strohballenpressen neuester Generation ermöglichen Dichten von  $>200 \text{ kg/m}^3$  bei einer Masse von ca. 500kg/Ballen (normale Ballen  $90-120 \text{ kg/m}^3$ ), daher werden Standsicherheit und gute Anpralleigenschaften der Wand erwartet

### Nachteile:

- das organische Material ist im ungeschützten Zustand witterungsempfindlich und hat daher eine begrenzte Lebensdauer
- geringe Brandsicherheit unbehandelter Strohballen, Optik der Wand

## 2 Anforderungen und Forschungsziel

Für die Ausführung einer Lärmschutzwand an Straßen/Verkehrswegen ist die ZTV-Lsw 06 maßgebend. Aus den bautechnischen und akustischen Anforderungen dieser Richtlinie ergeben sich folgende 5 große Schwerpunkte für die Konstruktion einer Lärmschutzwand aus hochdichten Strohballen.

Schwerpunkte	Zielkriterium
- Brandwiderstand	- Baustoffklasse B2, normal entflammbar - Feuerwiderstandklasse 2, bei Unterholzbrand
- Schalldämmung - Schallabsorption	- Gruppe B3, Luftschalldämmung $DL_R > 24$ dB - Absorptionsgruppe A2 - A4, $DL_a > 4$ dB
- Witterungsschutz - Dauerhaftigkeit	- Verhinderung von Wasserzutritt und folgender Verrottung - Unempfindlichkeit gegen pflanzliche/tierische Schädlinge
- Statik	- Standsicherheit, Steinschlagresistenz, Anprallschutz - Gebrauchstauglichkeit: Begrenzung von Verformungen
- Optik - Wahrnehmung	- geringe Farbänderung während der Nutzungsdauer - Eingliederung in die Umwelt

Tabelle 1: Anforderungen an die Lärmschutzkonstruktion

Aus diesen fünf Schwerpunkten ergibt sich folgendes Forschungsziel:

Erfüllen der Zielkriterien durch Modifizierung des Materials bzw. der Ballen unter ständiger Anpassung und Optimierung der Konstruktion im Hinblick auf einen hohen Schallschutz bei geringen Kosten bis hin zur Anwendungs- und Zulassungsreife.

## 3 Das Material Stroh als Baustoff

### 3.1 Was ist Stroh?

Die trockenen Stängel von gedroschenem Getreide (z.B. Weizen) oder Faserpflanzen (z.B. Flachs) werden als Stroh bezeichnet. Es entsteht durch Fotosynthese aus Sonnenenergie, Wasser sowie Mineralien der Erde und ist damit ein nachwachsender Rohstoff.

Stroh besteht aus Zellulose, Lignin und Kieselerde und weist eine wachsartige, wasserabweisende Außenschicht auf, die den Halm vor Witterungseinflüssen schützt und seine mechanische Beanspruchbarkeit bzw. Festigkeit verbessert [2].

### 3.2 Stroharten und deren Verfügbarkeit in Deutschland

In Deutschland wird eine Fläche von ca. 6-7 Mio. ha zum Anbau für Getreide verwendet. Bei der Nutzung des Getreides als Nahrungsmittel und zur Stärkegewinnung fällt Stroh als Koppelprodukt an.

<b>Getreideart</b>	<b>Anbaufläche [ha]</b>	<b>Menge Korn [t]</b>	<b>Menge Stroh [t]</b>
Weizen	3.200.000	23.000.000	11.000.000
Gerste	2.000.000	11.500.000	6.500.000
Roggen	550.000	2.800.000	2.000.000
Triticale	380.000	2.600.000	1.200.000
Hafer	210.000	1.200.000	1.300.000
<b>Gesamt</b>	<b>6.340.000</b>	<b>41.100.000</b>	<b>22.000.000</b>

Tabelle 2: Getreidearten hinsichtlich ihrer jährlichen Produktionsmengen und deren Anbauflächen

So fallen in Deutschland jährlich etwa 22 Mio. t Getreidestroh an. Um einen Schaden für die Bodenfruchtbarkeit auszuschließen, können davon nur rund 20%-33% (BMU 2004) dem Stoffkreislauf für eine energetische oder stoffliche Nutzung entnommen werden. Andernfalls wird, um eine ausgewogene Humusbilanz sicherzustellen, eine Zufuhr vergleichbarer organischer Substanz auf die Anbauflächen nötig [3, 4].

### **3.3 Bisherige Anwendungen des Baustoffs Stroh**

Stroh verrottet wegen seines hohen Silikatgehaltes äußerst langsam, deshalb wird es in der ökologischen Landwirtschaft gerne zur Bodenauflockerung untergepflügt. Weitere Verwendungen findet Stroh als Einstreu, Futterzusatz, Substrat, Brennstoff oder zur Herstellung von Dämmplatten. Im Lehm- und Zieglerbau dient es seit Jahrtausenden als Zuschlagstoff, um die Wärmedämmung zu erhöhen, sowie die Rissbildung beim Trocknen des Materials zu minimieren. Bereits 1884 wurden in Nebraska erste Häuser aus Strohballen errichtet. In europäischen Ländern, wie z.B. Belgien, Deutschland, Dänemark und im asiatischen Raum, erhält der Strohballenbau als alternative und umweltbewusste Bauweise große Aufmerksamkeit [2]. Es wurden im deutschsprachigen Raum bereits Lärmschutzwände aus Strohballen, in unterschiedlichen Konstruktionsausführungen hergestellt.

- Lärmschutzwandsystem Larix – einfach verdichtet mit Holzverkleidung [5]
- Lärmschutzwand in Österreich – 12.000 Euro Lärmschutzwand für 15 Häuser – Gesamtkosten etwa ein Viertel einer „normalen“ Lärmschutzwand [6]
- Landesgartenschau Winsen – 250 m lang und 4 m hoch [7]

## **4 Voruntersuchungen zur Materialeinschätzung**

### **4.1 Errichtung einer Testwand**

Um einen ersten optischen Eindruck zu gewinnen, wurde eine Testwand in Aschersleben auf einem Kiespolster errichtet. Die Wand (Abb.1) ist 55,20 m lang, 3,40 m hoch und hat eine Breite von 1,20 m. Für die Wand wurden Ballen mit einer Länge von 2,40 m, einer Breite von 1,20 m und einer Höhe von 0,85 m verwendet.

Die Ballen ließen sich effektiv und in kurzer Zeit mit gutem Fugenanschluss aufschichten. Damit wurde die prinzipielle, einfache und schnelle Herstellbarkeit einer solchen Wand bestätigt. Die Oberflächenstruktur sowie der Ballenverbund und die Formstabilität überzeugten auch nach zweijähriger Standzeit. Erste statische Berechnungen zur Standsicherheit bestätigten, dass 4 Ballenlagen ohne Sicherung übereinander geschichtet werden können. Weiterhin waren gute Lärminderungseffekte spürbar.



Abb. 1: Modellwand in Aschersleben, Ermslebener Straße 1

## 4.2 Witterung/Dauerhaftigkeit

Das Wachstum von Pilzen und die damit verbundenen Verrottungsprozesse stellen ein wesentliches Problem für die Strohballenwand dar. Ein hoher Feuchtigkeitsgehalt im Ballen und eine entsprechend hohe Temperatur wirken begünstigend auf das Pilzwachstum sowie die Verrottung und haben somit erheblichen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit in Bezug auf Struktur und Statik der Wand. Eine erste Feuchtigkeitsuntersuchung im Sommer bestätigte, dass die obere Ballenlage der Wand im besonderen Maße der Witterung ausgesetzt ist. Dabei ist zu beachten, dass ein Wassergehalt von  $>13\%$  bzw. eine relative Luftfeuchtigkeit im Ballen  $>70\%$  das Pilzwachstum begünstigt [8, 9].

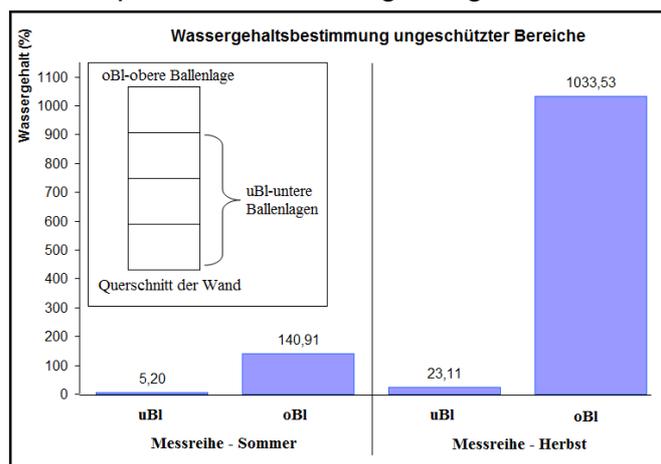


Abb. 2: Wassergehaltsbestimmung

Die Wassergehaltsbestimmung im Herbst des Folgejahres ergab eine extreme Feuchtigkeitszunahme in der oberen Ballenlage. Bei der Probenentnahme war keine Strohstruktur mehr erkennbar. Das Material unterliegt einem fortgeschrittenem Verrottungsprozess (modriger Geruch, dunkle fast schwarze Farbe im Ballen), daher auch der sehr hohe Wassergehalt. Im Vergleich dazu entwickelte sich in den Sommermonaten ein niedrigerer Wassergehalt, aufgrund der Möglichkeit des Austrocknens bedingt durch Sonneneinstrahlung und geringe Niederschlagsintensität. Als erste temporäre Maßnahme für den Witterungsschutz wurden verschiedene Abdeckungen erprobt, wobei sich die Abdeckung mit einer wasser- und lichtundurchlässigen Plane bewährt hat.

## 4.3 Brandschutz

Es existieren einige Brandschutznachweise für Stroh, bei denen reine Strohballen mit normaler Dichte die Baustoffklasse B2 (normal entflammbar), eine unverputzte Strohballenwand die Feuerwiderstandsklasse F30 und eine einfach verputzte Wand

F120 erreicht haben [10]. Daraus resultierte die Vermutung, dass hoch dichte Ballen ebenfalls die notwendigen Zielkriterien erreichen können.

Nach den geltenden Vorschriften DIN 4102-1(Baustoffklasse) und DIN EN 1794-2



Abb. 3: Prüfschema zur Ermittlung der Baustoffklasse

Anhang A (Feuerwiderstandsklasse) wurden zwei Brandprüfungen (im Freien) mit je vier Teilversuchen entwickelt um eine vorläufige Einstufung des Bausteins „hoch dichter Ballen“ abzugeben. Weiterhin sollte für die späteren Prüfungen unter Laborbedingungen festgelegt werden, welcher Oberflächenschutz geeignet bzw. weniger geeignet ist.

In hoch dichten Ballen befindet sich im Vergleich zu herkömmlichen Strohballen viel weniger Porenraum, der mit Luft gefüllt ist. Die Brennbarkeit wird somit durch den geringen Sauerstoffgehalt gemindert. Das bestätigte ein Versuch mit einem unbehandelten Ballen, der Ballen ging nicht sofort in Flammen auf, sondern glühte langsam und stetig von außen nach innen durch. Die Prüfkriterien wurden nicht erfüllt und daraus entstand die Idee, mit einer Oberflächenbehandlung durch Imprägnierung (umweltschonende Substanz) bzw. Putzauftrag die Ballen zu schützen. Als erste Überlegungen wurden an definierten Teilbereichen der Ballen je eine Boraxlösung, Bentonitsuspension und ein Putz aufgebracht. Beispielhaft sind die beiden Prüfungsbefunde für den Dichtputz in Abb. 3/4 dargestellt.

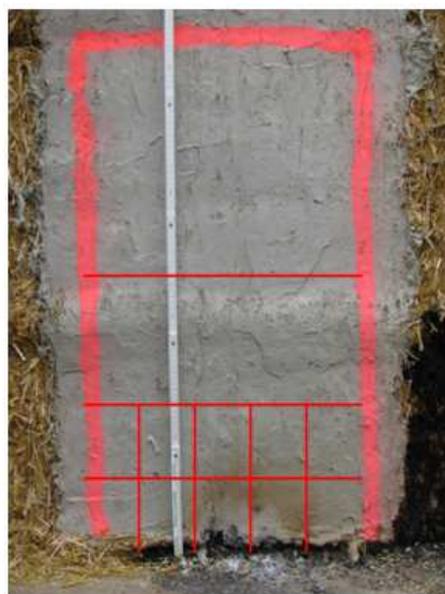


Abb. 4: Schadensbild bei Unterholzbrand

Das Imprägnieren der Ballenoberfläche mit Boraxlösung und Bentonitsuspension hat die Prüfkriterien nicht erfüllt. Außerdem sind diese Imprägnierungsvarianten nicht witterungsbeständig, sodass eine Erneuerung der Imprägnierung in regelmäßigen Abständen fällig wird. Nach den bisherigen Untersuchungen gewährleistet eine verputzte Ballenoberfläche den Brandschutz.

#### 4.4 Schallschutz

Aus bestehenden Studien geht hervor, dass Strohballen gute bis sehr gute Schalldämmeigenschaften besitzen, denn die strukturierte Oberflächengestalt bewirkt eine Schallaufteilung und damit eine Reflexion in verschiedenste Richtungen. Zusätzlich geht ein Teil der Bewegungsenergie des Schalls durch Umwandlung in Wärme (Reibungsverlust in den Poren) verloren. Somit sind die Ballen aufgrund ihrer inneren Struktur gut bis sehr gut für die Schallabsorption geeignet. Die Schalldämmwirkung von z.B. beidseitig verputzten Strohballen ist höher als von gleich schweren einschaligen Bauteilen [11]. Bei einem Musikstudio in Australien mit 45 cm dicken Strohballenwänden wurde im Innern ein Schallpegel von 114 – 117 dB und außen ein Pegel von 62 - 71 dB innerhalb eines Frequenzspektrums von 500 – 10000 Hz gemessen

(John Glassford, Huff n Puff Constructions, Australien) [12]. Das bestätigt die prinzipielle Eignung von Strohballen als Schallschutzmaterial. Eine vereinfachte rechnerische Betrachtung (geometrische Abhängigkeit) der Wand ergab eine Verringerung des Schallpegels um etwa 15 dB (Hindernisdämpfung). Zusätzlich wurde für eine qualitative Abschätzung des Materials in einem ersten Testversuch an einer kleineren 3,40 m hohen Modellwand eine Schallpegelminderung von etwa 20 dB erreicht. Man beachte dabei, dass eine Verringerung des Schallpegels um 10 dB als eine Halbierung der Lautstärke (Lautheit) wahrgenommen wird.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Als Baustoff für Lärmschutzwände zeichnet sich unter bestimmten Voraussetzungen eine Eignung des kostengünstigen, nachwachsenden, recycelbaren und somit ökologischen Wertstoffs Stroh ab. Die Probleme sind dabei zum einen der Witterungsschutz der Wand, speziell die starke Durchfeuchtung der oberen Ballenlage und die damit verbundene Schimmelgefahr/Verrottung. Gegen dieses Problem hat sich als erste sinnvolle Maßnahme das Ummanteln mit einer wasser- und lichtundurchlässigen Plane bewährt. Eine Dachausbildung wird im weiteren Forschungsverlauf angestrebt. Des Weiteren ist der Brandschutz ein entscheidender Punkt, da es sich um ein Bauwerk in der Öffentlichkeit handelt. In ersten Testversuchen hat sich herausgestellt, dass ein unbehandelter Ballen den Brandschutz nur mangelhaft gewährleisten kann. Deshalb wurden verschiedene Imprägnierungen (Boraxlösung, Bentonitsuspension) sowie ein Putz aufgebracht und die Brandhemmung durch zwei, in Anlehnung an die geltenden DIN-Vorschriften veränderten, Prüfungen untersucht. Die Prüfungen hat vorerst nur der Putz erfüllt, der zugleich auch als Spritzwasserschutz am Sockelbereich der Wand angewendet werden könnte. Für den Brandschutz sollen im Verlauf der Forschungstätigkeit noch andere effektivere Brandschutzmöglichkeiten untersucht werden. Das Material hat aufgrund seiner Struktur gute bis sehr gute Schalldämm- und Schallabsorptionseigenschaften. Hier folgt (insbesondere für die Schallabsorption) eine genaue Laboruntersuchung im weiteren Forschungsverlauf. Es gibt neben den genannten Schwerpunkten noch zusätzliche Forschungsteile, die für die Funktionalität der Wand im Projektverlauf der nächsten drei Jahre zu untersuchen sind:

- Fugen, Verbund/Verzahnung der Ballen untereinander, Ballengeometrie/Bindung
- Begrünung der Wand, Formstabilität, Fixierung und Stabilisierung der Wand

## 6 Quellennachweis

[1] <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeident=2451>

[2, 11] MINKE, G.; MAHLKE, F.: Der Strohballenbau „Ein Konstruktionshandbuch“, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 1. Auflage 2004

[3] Münch, J.: Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland. ifeu, 2008

[4] SCHMIDT, M.; MAUL, A.; RICHTER, M.; GRAMM, U.: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2007. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup 2008

[5] [www.laermschutz-wand.de](http://www.laermschutz-wand.de); [6] [www.hallo-zeitung.at/ausgaben/137/46\\_laermschutz\\_aus\\_stroh/](http://www.hallo-zeitung.at/ausgaben/137/46_laermschutz_aus_stroh/)

[7] [www.landsgartenschau-winsen.de](http://www.landsgartenschau-winsen.de);

[8] KRICK, B.: Dissertation: Untersuchung von Strohballen und Strohballenkonstruktionen hinsichtlich ihrer Anwendung für ein energiesparendes Bauen unter besonderer Berücksichtigung der Bauweise, university press GmbH, Kassel 2008

[9] WIELAND, H.: Fachverband Strohballenbau Deutschland, Mikrobielle Empfindlichkeit von Baustrohballen, 2004

[10] WIMMER, R.; HOHENSINNER, H.; JANISCH, L.: Endbericht: Wirtschaftsbezogene Grundlagenstudie, Wandaufbauten aus Nachwachsenden Rohstoffen, Wien, Januar 2001

[12] Huff'n Puff Construction: Pre-Compressed Straw Bale Walls (Bericht); Kangaroo Valley, NSW, Australien