

Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V.



Mehrgeschossiger Strohballenbau – Ein Konstruktionsbeispiel

Eine Expertise von Manuel Rex
und Dirk Scharmer



1. Vorbemerkungen	3
2. Allgemeines zum Strohballenbau	3
3. Baurechtliche Rahmenbedingungen	4
4. Baukonstruktion und Strohballenbautechnik	5
4.1 Rohbau	5
4.1.1 Das Fundament	5
4.1.2. Die Holzständerkonstruktion	6
4.1.3. Aussteifung	7
4.2 Strohballen- und Lehmbau	8
4.2.1 Baustrohballen	8
4.2.2 Wände	8
4.2.2 Oberflächenbekleidung	8
4.2.3 Öffnungen / Anschlüsse	8
4.3 Dach	9
4.4. Innenausbau	10
4.4.1. Innenwände	10
4.4.2. Fußbodenaufbauten	10
4.4.3 Haustechnik	10

Inhalt **Impressum**

Herausgeber:

Fachverband Strohballenbau
Deutschland e.V.

Ansprechpartner:
Ökodorf Siebenlinden
D- 38486 Poppau

Telefon +49 4131 2278 649
Telefax +49 4131 2278 648
Email: info@fasba.de

Fotonachweis:

4: Axel Linde
5: Peter Weber
andere: Verfasser bzw. Fachverband
Strohballenbau Deutschland e.V.

Verfasser:

Manuel Rex, Dirk Scharmer

Layout:

Manuel Rex, Jan Reinschmidt

Erschienen:

Mai 2004

Aktualisiert:

März 2008

Hinweis:

Alle Rechte durch Verbreitung, auch durch Funk, Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Einspeicherung in EDV-Anlagen, Tonträger jeder Art und auszugsweisen Nachdruck sowie Rechte der Übersetzung sind vorbehalten.

Haftungsausschluss:

Für die Richtigkeit der in dieser Schrift gemachten Aussagen kann keine Gewähr übernommen werden. Im Fall einer, im Zusammenhang mit den hier getroffenen Angaben, stehenden Schädigung einer Person oder Sachen, besteht kein Haftungsanspruch gegen die Autoren oder den Herausgeber.

Die Erstellung dieser Expertise wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft gefördert.
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre liegt beim Autor.
Region Aktiv Projekt: „Strohballenbautechnik und Herstellung in der Altmark“



1. Vorbemerkungen

In der sozial-ökologischen Modellsiedlung „Ökodorf Sieben Linden“ in der Altmark/ Sachsen-Anhalt soll Wohnraum für 20 Menschen geschaffen werden. Bisher wurden dort drei zellulosegedämmte Holzrahmenbauten im Niedrigenergiestandard mit ca. 700m² Nutzfläche und ein Strohballenhaus mit ca. 75m² Wohnfläche erstellt. Für eine insgesamt flächensparende Siedlungsweise sind pro Person 14m² überbaute Fläche veranschlagt, dabei sollen einmal ca. 300 Kinder und Erwachsene in dem Dorf leben können. Dies ist nur mit einer durchschnittlich mindestens zweigeschossigen Bauweise möglich, neben einigen eingeschossigen Gebäuden ist auch ein dreigeschossige Gebäude errichtet worden.

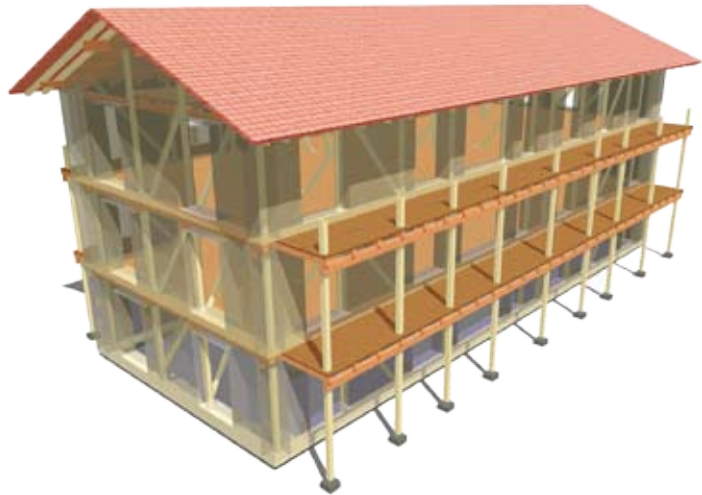


Abbildung 1

Perspektive von Süd-West

Trotz der hohen bauaufsichtlichen Anforderungen an ein Mehrfamilienhaus (Brandschutz) wird mit dem vorliegenden Projekt der Beweis angetreten, dass mit der verputzten Strohballen-Ständerbaukonstruktion auf umweltfreundliche Weise kostengünstiger, verdichteter, gesunder Wohnraum geschaffen werden kann, der modernen Anforderungen gerecht wird.

Dreigeschossiges Wohnhaus in verputzter Strohballen-Ständerbauweise



Das in der vorliegenden Schrift dokumentierte Bauwerk wurde von der Wohnungsgenossenschaft Sieben Linden eG errichtet. Die Bauarbeiten wurden von lokalen Firmen, Bewohnern des Ökodorfs, externen Fachleuten und Handwerkern ausgeführt. Insbesondere die Strohballen- und Lehmbauarbeiten wurden in Form von Seminaren und Bauwochen organisiert, bei denen interessierte Baugäste beim Entstehen des Bauwerks mithelfen und dabei alle wesentlichen Eigenarten der Bauweise kennenlernen konnten. Die Erstellung dieser Expertise, sowie zahlreiche begleitende Maßnahmen und Baustoffuntersuchungen wurden vom BMVEL gefördert (REGION-AKTIV Altmark, Projekt: „Strohballenbautechnik und Herstellung in der Altmark“)

Abbildung 2

Ansichten: Westen, Süden, Osten, Norden

Die vorliegende Schrift bietet einen Überblick über alle Bauteile und Baubabschnitte, die gesamte Konstruktionsweise und die einzelnen Bautechniken werden anschaulich und nachvollziehbar gemacht.

Baubeginn: März 2004
 Bauzeit: 12 Monate

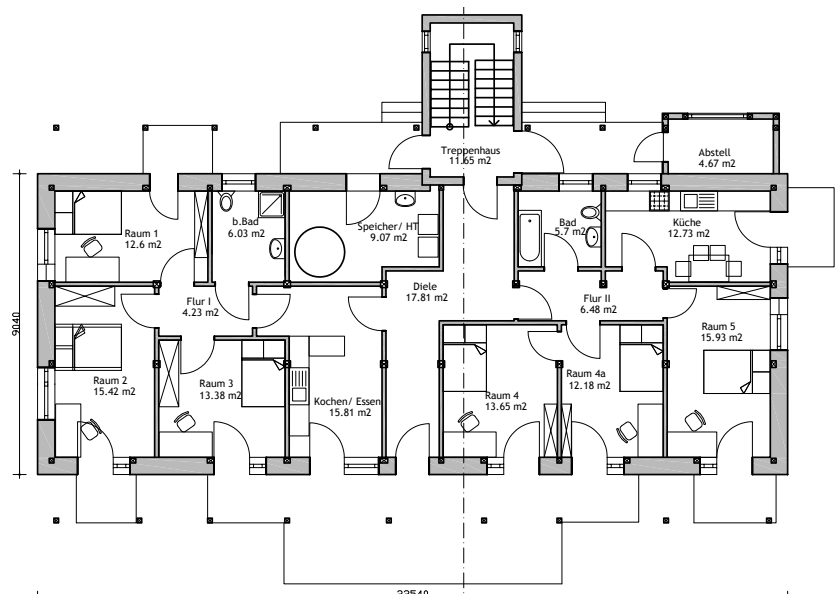


Abbildung 3

2. Allgemeines zum Strohballenbau
 Grundriss Erdgeschoß

Bei der Strohballenbauweise wird zwischen der lasttragenden und der Ständerbauweise unterschieden. Bei letzterer werden die Ballen als dämmende Ausfachung zwischen eine (Holz-)Konstruktion gesetzt und übernehmen keine Aufgaben der Standsicherheit. Die lasttragende Bauweise findet derzeit in Deutschland noch keine bauaufsichtliche Anerkennung, es werden jedoch vom FASBA weitere Forschungsmaßnahmen dazu vorbereitet.

Abgesehen von Versuchsbauten und einem eingeschößigen Bau aus Großballen in der Nähe von Trier gibt es in Deutschland noch keine lasttragenden Strohballenhäuser, bei fachgerechter Ausführung werden in dieser Bauweise wahrscheinlich maximal zweigeschossige Gebäude möglich sein. Das hier beschriebene dreigeschossige Strohballenhaus erhielt ein tragendes Skelett aus Holzständern. Gemäß den derzeit gültigen bauaufsichtlichen Nachweisen in Verbindung mit Bauregelliste C 1.3 ist ein Unterstützungsabstand von kleiner/gleich 1m zu gewährleisten. Dies erfolgte im vorliegenden Fall durch das Einlegen von horizontalen Brettriegeln.

Strohballen sind ein vergleichsweise weiches, elastisches Material. Bei Belastung entsteht eine Stauchung ungefähr proportional zur Belastung. In der lasttragenden Bauweise können wir bei akzeptablen Stauchungen von max. 5-10% von einer Belastbarkeit von ca. 10 KN/m² bei Kleinballen ausgehen (vgl. Kalifornischer Building Code erlaubt ca. 19KN/m² bei den wesentlich festeren, amerikanischen Kleinballen). Nach dem Einbau in eine Holzständerkonstruktion sind die Ballen zu komprimieren, damit die Wand Ausfachung eine ausreichende Stabilität erreicht. Die unterschiedlichen Höhen der gestapelten Ballen, vor und nach der Komprimierung setzen eine sorgfältige Abstimmung mit den starren Bauteilen, insbesondere den horizontal laufenden oberen Balken zum Abschluss der Wände (Wandrähme) voraus. Die Wandrähme können auch zur geschossweisen Abfangung des Wandeigengewichts genutzt werden, damit bei Wandhöhen ab 5m die späteren Setzungen und die resultierenden Pressungen an den Fusspunkten nicht zu groß werden.

3. Baurechtliche Rahmenbedingungen

Definition laut Landesbauordnung

Gebäude mit einer tragenden Holzkonstruktion dürfen laut Landesbauordnung (Sachsen-Anhalt) errichtet werden, wenn das Bauwerk als Gebäude geringer Höhe (Oberkante letzter Aufenthaltsfußboden ≤ über Terrain) mit höchstens 4 Wohneinheiten eingestuft werden kann. Die Außenwände, Decken und Treppen sind feuerhemmend (F-30) herzustellen. Die Treppenhauswände sind feuerbeständig mit nichtbrennbaren Materialien (F-90A) herzustellen.

Zustimmung im Einzelfall

Aufgrund der Verwendung des nichtgeordneten Bauprodukts Strohballen wurde ein Antrag auf Zustimmung gestellt. Für dessen Genehmigung waren für alle wesentlichen Anforderungen an den Baustoff Verwendbarkeitsnachweise zu erbringen.

Nachweis der Baustoffklasse „normalentflammbar“ (B2) von Strohballen nach DIN 4102-1

Nachweis der Feuerwiderstandsklasse „feuerhemmend“ (F-30) für die Außenwände mit Strohballen nach EN 1365-1

Nachweis der Dämmwirkung durch eine Wärmeleitfähigkeitsuntersuchung nach DIN 52612.

Nachweis der grundsätzlichen Verwendbarkeit von Strohballen als Baustoff zur Ausfachung nach Bauregelliste C Ausgabe 2002/1 Nr. 1.3 durch das allg. bauaufsichtliche Prüfzeugnis (Nr.: P-BAY08-H.2-01/03) nach Bauregelliste A Teil 2 lfd. Nr. 2.10.1.

Anwendungsbereich

Die verputzte Strohballenständerbauweise erfüllt alle oben genannten Kriterien. Sie ist hiermit für eine verdichtete Siedlungsweise anwendbar, wenn die Definitionen nach Landesbauordnung eingehalten werden.



Abbildung 4 Ständerbauweise



Abbildung 5 lasttragende Bauweise

4. Baukonstruktion und Strohballenbautechnik

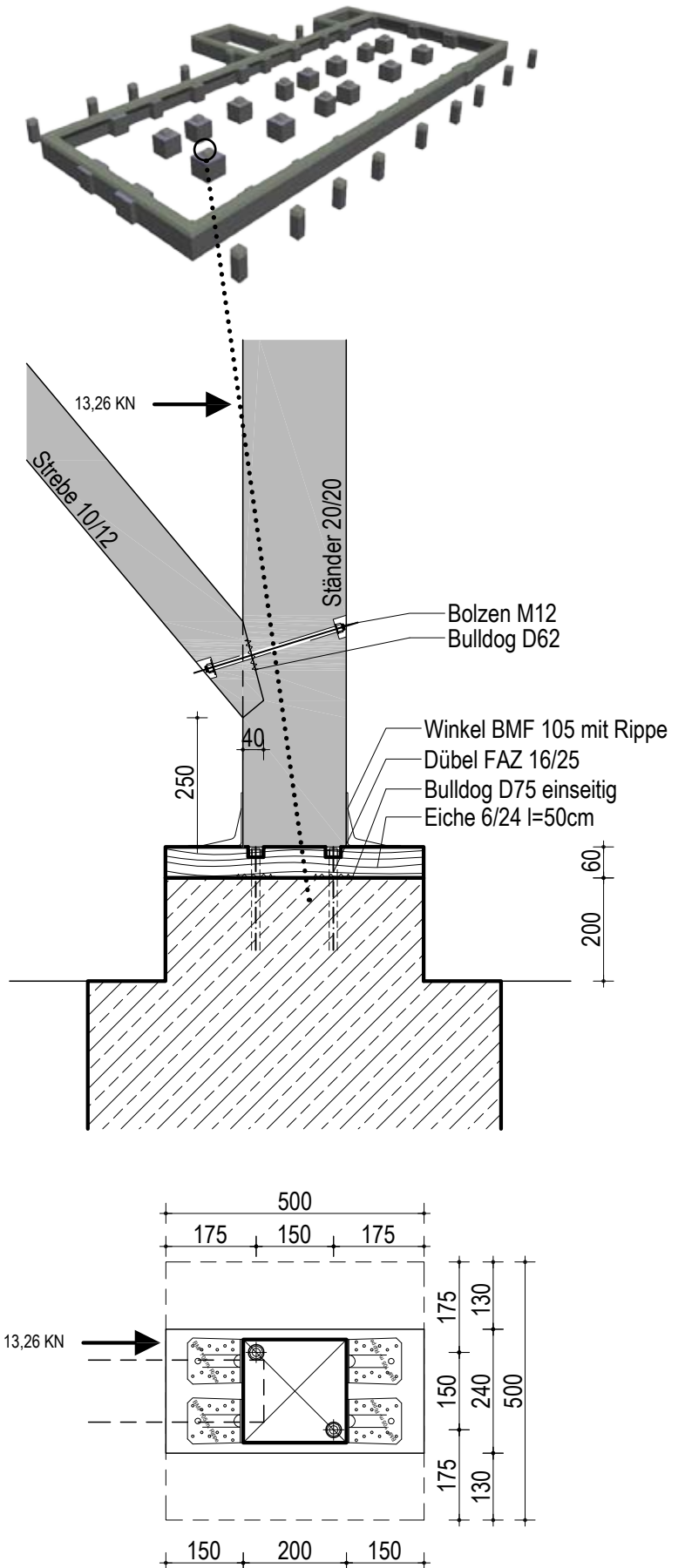
4.1 Rohbau

4.1.1 Das Fundament

Für einen ebenen, tragfähigen Baugrund wurde eine Geländeanpassung durch Kiesaufschütten und Erdabtrag vorgenommen. Die Ableitung der Lasten aus dem Holztragwerk in den Baugrund erfolgt durch überwiegend unbewehrte Einzelfundamente, deren Größe sich nach der Tragfähigkeit des anstehenden Bodens bemisst (hier ca. 290 KN/m²). Für die Aufnahme der Ringzugkräfte unter den Wänden und als Frostschräge wurde ein 20cm breiter 80cm hoher äußerer Betonstreifen vorgesehen. Oberhalb ist dieser um weitere 18cm auf 38cm verbreitert um die 48cm breite (Lärchen-) Schwelle aufzunehmen, welche wiederum als Auflager für die sehr breiten, flach liegenden Strohballen dient.

Um die Beton- und Stahlmenge möglichst gering zu halten, wurde auf eine durchgehende Betonsohlplatte verzichtet.

Der Innenbereich des Gebäudes wurde mit ca. 20cm verdichtetem "Eisenbahn"-Schotter angefüllt, der oberhalb eine Deckschicht aus 2-3cm Feinsplitt erhielt. Die Abdichtung nach unten wurde mit einer geschäumten Polypropylen-Folie („Gefitas“) ausgeführt. Siehe „4.4.2 Fußbodenaufbauten“, Seite 10.



Detail 1

Anschluss Stütze/Fundament im Innenbereich

4.1.2. Die Holzständerkonstruktion

Das Tragwerk des Gebäudes wurde geschossweise, bestehend aus je Ebene 37 Ständern mit dazu gehörigen Unterzügen und Rähmen erstellt. Im Erdgeschoss erhielten die Ständer am Kopf Lastverteilungshölzer aus Hartholz, damit die Querpressung am Unterzug geringer ausfällt. Zur Aussteifung des Gebäudes sind Streben eingebaut.

Die Ständer in den Aussenwänden werden bündig in der Strohdämmung stehen. Die Lage der Ständer innerhalb der Strohballenwand bietet eine einheitliche Oberfläche, Vorteile für die Winddichtigkeit, Möblierbarkeit, die nachfolgenden Verputzarbeiten, sowie eine stabile Verbindung der Strohballen mit der Konstruktion. Ein weiterer Aspekt ist der verbesserte Brandschutz durch die Überdeckung der Ständer mit Lehmputz. Mit der Entscheidung für diese Bauweise ergeben sich konstruktive Besonderheiten, die eine fachgerechte, sorgfältige Detailplanung und Ausführung erforderten.

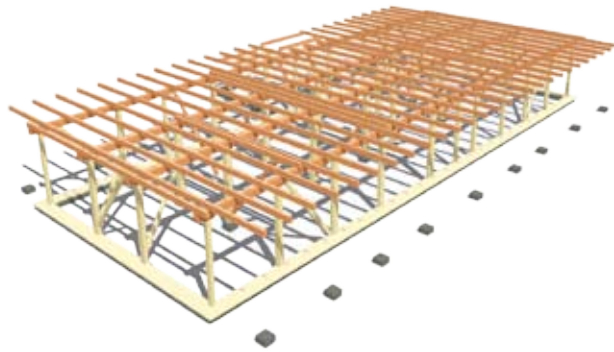
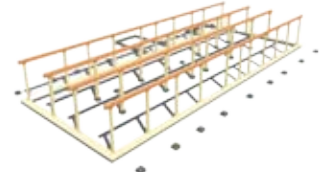
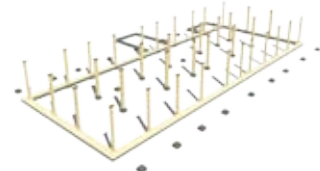
Auf den 38cm breiten Streifenfundamenten wurden 6/48cm Lärchenschwellen verlegt. Die Erdgeschoßständer stehen darauf „Innenkante bündig“. Die Innenständer wurden mit Eichenkurzschellen auf Innenfundamenten befestigt.

Auf die Ständer wurden Rähme (Nord-Südwand) und Unterzüge (innen) gelegt. Diese Träger dienen als Auflager für die Deckenbalken, die in Abständen von 83,3cm verlegt wurden. Die Deckenbalken (KVH/Lärche) kragen über die Aussenwände hinaus und sind somit gleichzeitig die Unterkonstruktion für die vorgelagerten Balkone/Laubengänge.

Deckenbalken aus keilgezinktem Lärchenkonstruktionsvollholz sind ca.12m lang und gehen von einem Balkon zum anderen. Eventuell entstehende Nachteile wärmebrücken- bzw. schalltechnischer Art wurden hierbei bewusst zu Gunsten eines einfachen und kostengünstigeren Tragwerks in Kauf genommen. Die Luftdichtung erfolgte an den Durchdringungen umlaufend mit Klebeband zum Rähm, bzw. Zwischenholz.

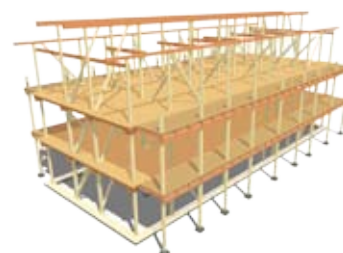
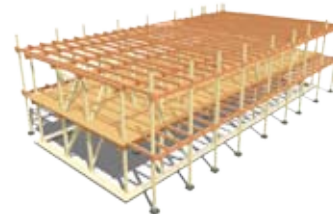
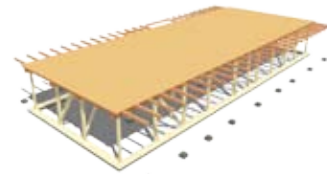
Die Deckenbalkenlage wurde mit 35mm starken diagonal verlaufenden Nut+Federbrettern („Fasebrettern“) beplankt. Der Deckenaufbau entspricht der Feuerwiderstandsklasse F-30 (feuerhemmend). Die Ständer in OG und DG stehen auf dieser Schalung. Teilweise mußten unterhalb der Beplankung Aufdopplungen gesetzt werden, wenn der darunterliegende, lastaufnehmende Balken schmaler als der Ständer war.

Das Dach wurde als Pfettendach konstruiert. Aufgrund der großen Einbauhöhe des Dämmstoffs Strohballen (46cm + 1-2cm Lehmputz) wurden die Sparren als Kastenträger ausgebildet. Als statisch wirksamer Hauptquerschnitt fungiert der Obergurt mit $b/h = 6/18\text{cm}$. Dieser bildet auch den weiten Dachüberstand aus. Er erhielt seitlich zwei 15mm- OSB-Platten, zwischen denen der Untergurt befestigt wurde (Kastenträgergesamthöhe: 50cm). Dachunterseitig dient den Strohballen ein 21mm Rauhpund als Auflager. Siehe „4.3 Dach“, Seite 9.



Rechte Seite von oben nach unten:

- Aufbau des Tragwerks:*
- *Stützen auf Schwellen*
- *Rähme/Unterzüge*
- *Deckenbalken*
- *Deckenscheibe*
- *Aufbau 1.OG*
- *Aufbau 2.OG mit Pfettendach*

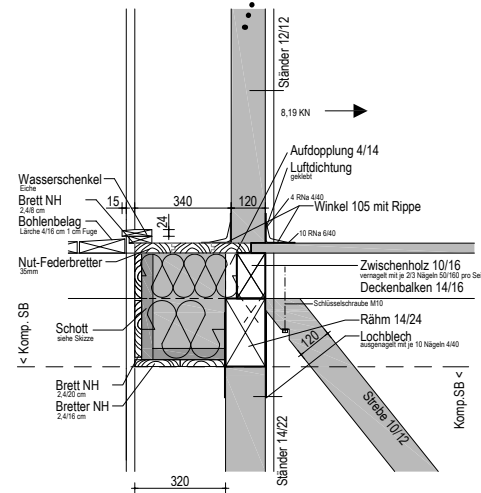
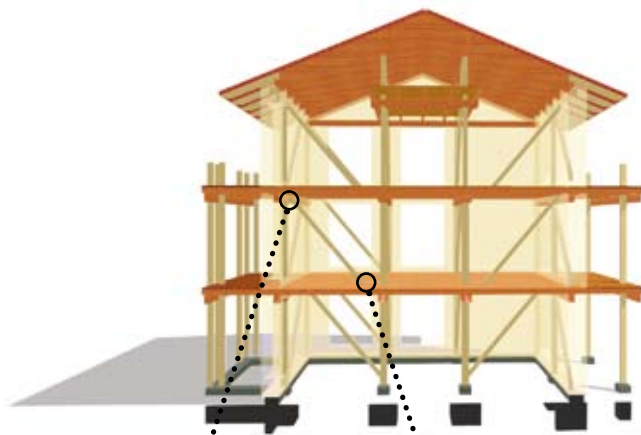


4.1.3. Aussteifung

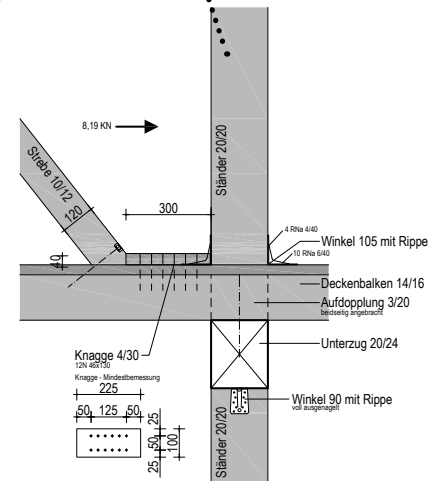
Die Queraussteifung des Bauwerks erfolgt über Streben und über die diagonal verlaufenden Nut+Federbretter (von Aussenecken nach innen), die als in der Deckenebene liegende Streben die Horizontalkräfte über die Wandstreben in den Baugrund leiten. Da in jeder Längs- und Querwandachse Streben vorhanden sind, konnte auf die Ausbildung einer Dachscheibe verzichtet werden. Der größte Teil der Streben sind reine Druckstreben.

Die Strebenanschlüsse werden je nach Belastungsart mit Versatz und Lagesicherung oder zugfesten Bolzenverbindungen ausgeführt.

Im Dachgeschoss erfolgt die Auflagerung der Sparren auf je einer Traufpfette und einer Mittelpfette. Zum First hin verbleibt ein Kragarm von ca. 1,20m Länge. An die im DG durchgehenden Mittelständer sollen später nach Bedarf Querbalke zur Aufnahme einer Hochebene angeboltet werden.



Detail 2 Anschluss Strebe Aussenwand



Detail 3 Anschluss Strebe Fußpunkt



Abbildung 6 Strebenanschluss



Abbildung 7 Aussteifungen

4.2 Strohballen- und Lehmbau

4.2.1 Baustrohballen

Für den Einsatz in Strohballenbauteilen sind Ballen geeignet, die den Anforderungen des allg. bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses AbP- Nr.: P-BAY08-H.2-01/03 nach Bauregelliste A Teil 2 lfd. Nr. 2.10.1, aus Kapitel 3.2 genügen:

- Rohdichte zwischen 90-130kg/m³ für ausreichende mechanische Stabilität
 - geeignete maßhaltige Abmessungen
 - Baustoffklasse B2
- außerdem:
- Eigenfeuchte <15%, zu keinem Zeitpunkt nach Herstellung >18%

Normale landwirtschaftsübliche Kleinballen sind häufig etwas zu kurz, selten maßhaltig und meistens nicht fest genug (Rohdichte zu gering). Die hier verwendeten Ballen sind hochverdichtet; teilweise erfolgte die Herstellung mit einer guten Presse direkt auf dem Feld, teilweise wurden die Ballen an der Baustelle aus Rundballen „umgepresst“.

Für die generelle Verwendung landwirtschaftlich hergestellter Ballen, schreibt das Baurecht vor, dass der Hersteller eine Übereinstimmungserklärung mit den Anforderungen des o.g. AbP unterzeichnet.

4.2.2 Wände

Im Sockelbereich werden auf die Fundamentstreifen Schwellen (Lärche/Eiche) als Auflager für die Strohballen aufgeboltzt. Die Strohballen werden lagenweise zwischen das Holzständerwerk, Innenkante bündig im Verband gesetzt. In jeder zweiten oder dritten Lagerfuge werden vertikal verschiebbliche Brettriegel (3/20cm oder 1,5/41cm OSB bei Vorhangsfassade) eingelegt, die die Windkräfte in die Ständer übertragen. Auf der jeweils letzten Lagerfuge unter dem abschließenden Wandrähm wird der Strohballenstapel so komprimiert das gerade noch eine Ballenreihe dazwischen passt. Die Komprimierung erfolgt mit Hilfe von LKW-Spanngurten oder Wagenhebern. Bewährt hat sich auch die Verwendung von Ballonwagenhebern. Hierbei ist zu beachten, dass nach oben ein stabiles Widerlager vorhanden ist. Während des Komprimiervorgangs ist auf das einwandfreie Mitführen der Wandriegel zu achten, deren horizontal unverschiebbliche Befestigung darf sich nicht verhaken. Die Höhenlage ist auf ein Vielfaches der vollen Ballenhöhe festzulegen, andernfalls müssen im Bereich des Geschosswechsels Kästen ausgebildet werden, die die Höhendifferenz überbrücken. Holzbauteile, die in die Strohballenebene hineinragen können aus den Strohballen

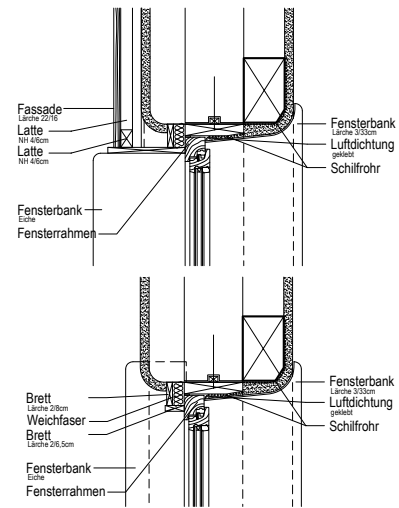
ausgeklinkt werden. Die Bänder der Ballen müssen hierfür ggf. etwas beiseite gebunden werden, anschließend wird mit einer elektrischen Kettensäge oder Fuchsschwanz das Stroh in diesem Bereich entfernt. Unter anderem bei dieser Arbeit fällt loses Stroh an. Beim Umgang hiermit sind besondere Sicherheitsmaßnahmen zum Feuerschutz zu treffen.

4.2.2 Oberflächenbekleidung

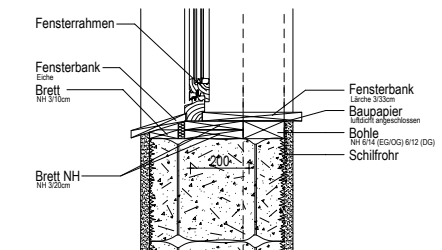
Nachdem die Strohballenwand gerichtet, von überstehendem Stroh befreit und Laibungen und Stürze schräg abgeschnitten sind, kann mit dem Aufbringen des Putzes begonnen werden. Zu verputzende Holzquerschnitte erhalten vorab einen Putzträger in Form von aufgetackerten Schilfrohmatten. Der Putzauftrag erfolgt sowohl manuell als auch maschinell. Die erste Lage bildet eine Schlämme aus Lehm und Wasser, die großzügig auf die Strohballen und die vorbereiteten Putzträger aufgespritzt wird. Die zweite Lage ist ein Strohlehm, der 2-3cm stark aufgetragen wird. In dieser Lage wird vollflächig ein Putzgewebe eingebettet, daß die Rissfreiheit gewährleistet, alternativ kann dies durch hochfaserhaltigen Lehmputz erfolgen. Innen wird abschließend ein Lehm-Feinputz aufgetragen. Die letzte Putzschicht außen bildet ein Kalkputz. Die Westseite des Gebäudes wird aufgrund der stärkeren Bewitterung mit einer überfälzten Lärchen-Stülpschalung verkleidet.

4.2.3 Öffnungen / Anschlüsse

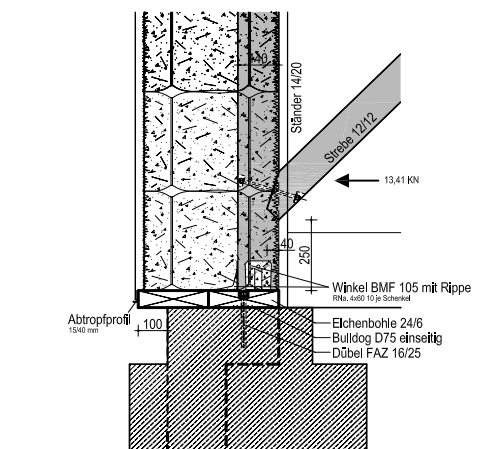
Die untere und seitliche Begrenzung von Wandöffnungen in Strohballenwänden wird mit 20cm breiten, 4-6cm starken Bohlen ausgeführt. Die obere Abfangung übernimmt der umlaufend als Kasten ausgebildete Geschosswchsel. Für die Laibungen der Öffnungen werden die angrenzenden Strohballen schräg abgeschnitten. (elektr. Säge) Beim späteren Putzen lassen sich dadurch runde Laibungen herstellen.



Detail 4 Fensterlaibungen/Grundriss



Detail 5 Fensterlaibung/Schnitt



Detail 6 Wandaufbau Erdgeschoß



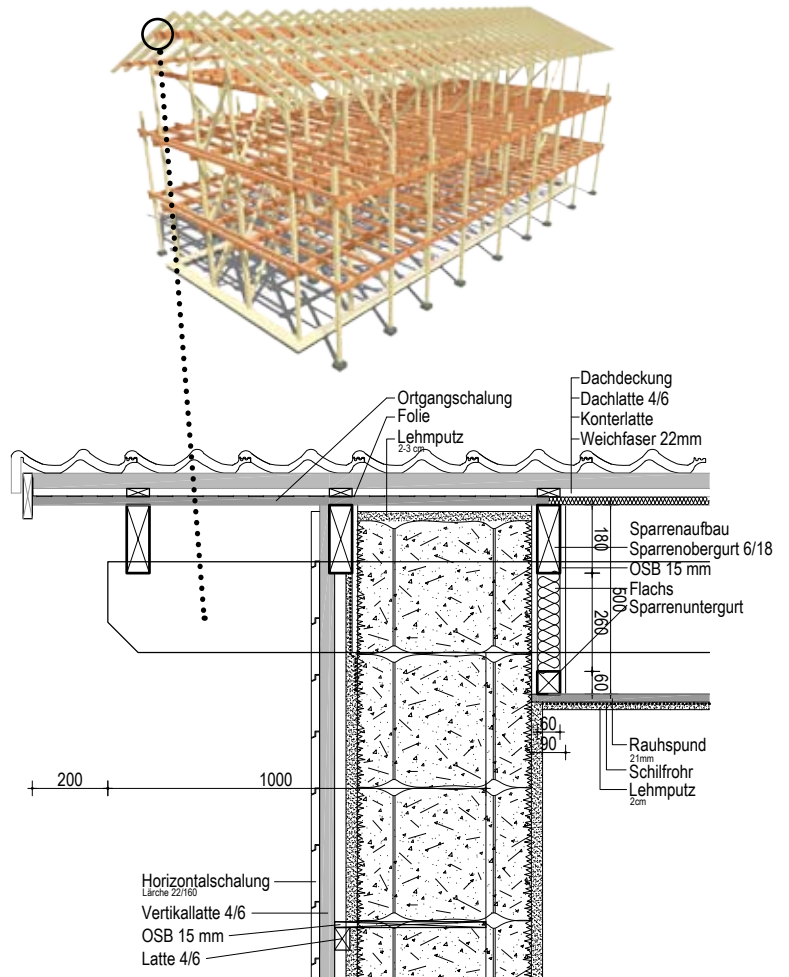
Abbildung 8 Wandkomprimierung



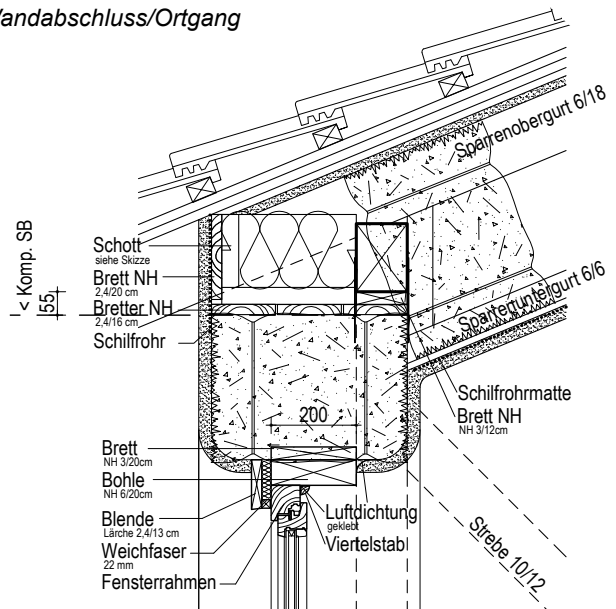
Abbildung 9 Strohballeneinbau

4.3 Dach

Die Dachstrohballe werden hochkant (ergibt eine Dicke von 46cm) zwischen die 50cm hohen, als gedämmte Kasten-träger ausgebildeten Sparren geklemmt. Nach dem Einbau erhalten diese eine oberseitige Schutzschicht aus 1-2cm Lehm. Zwischen Lehm und dem Unter-dach aus Holzweichfaserplatten verblei-ben ca. 2cm Luft. Darauf folgt die Kon-terlattung/ Lattung für die abschließende Deckung mit Tondachziegeln.



Detail 7 Wandabschluss/Ortgang



Detail 8 Wandabschluss/Traufe



Abbildung 10 Strohballeneinbau/Dach



Abb. 11 SB zwischen Kastenträgern

4.4. Innenausbau

