

Sandberghof

Umbau und Sanierung mit Lehmbaustoffen am Beispiel

Zur Bauaufgabe

Fünf Ehepaare hatten eine Hofreite im Ortskern erworben, um ihr lange vorbereitetes Projekt, im Alter gemeinsam zu wohnen, zu verwirklichen. Die drei Gebäude waren lange Jahre vernachlässigt und in schlechtem Zustand. Das Vorderhaus, in dem die vier Wohnungen und ein kleines Appartement untergebracht werden sollten, ist ein denkmalgeschütztes Fachwerkhaus von 1758, die Nebengebäude in Bruchsteinmauerwerk sind für eine gemeinschaftliche Nutzung, Musik, Bibliothek, Sauna, Werkstatt u.ä. vorgesehen.

Das Fachwerkhaus wies alle typischen Schäden der Holzkonstruktion auf: verfaulte Schwellen und Brüstungsriegel, Deckenbalken, Rähme, Sparren mit Wurmfraß. Dazu war das Sockelmauerwerk wegen fehlender Fundamente gekippt und hatte die Schwellen nach außen gezogen. Die Strohlehmgefache der Außen- und Innenwände, sowie Decken dagegen waren relativ gut erhalten. Bei der ursprünglichen Nutzung als Remise o.ä. gab es im Obergeschoß keine Innenwände, Wände und Decken waren innen und außen balkensichtig, die Lehmgefache wie üblich mit dünnem Kalkputz versehen und weiß bzw. farbig über die Balken hinweg kalkgetüncht. Wenig später wurde das Haus in Wohnungen unterteilt, ebenfalls mit Lehmfachwerkwänden. Der südliche Hausteil, früher Scheune, hat Bruchsteinaußenwände, die Zwischenwände aus Ziegeln und die Einschubdecken aus Lehm waren nochmal später, bei einem weiteren Ausbau zu Wohnungen eingezogen worden. Nun wurde außen und innen das Fachwerk überputzt, innen mit farbiger Schablonenmalerei gefasst. Lehmputze sind in der Region nicht üblich und waren auch hier nicht zu vorzufinden.

Wir standen nun vor der Aufgabe, dieses alte, heruntergekommene Haus zu einem Mehrfamilienhaus umzubauen. Selbstverständlich sollten wir dabei die heutigen Ansprüche und Anforderungen an Schallschutz, Brandschutz und natürlich Wärmeschutz möglichst übererfüllen. Die alten Wände und Decken genügen diesen heutigen Standards bei weitem nicht: Die Lehmwände und -decken sind nur so dick wie Balken, mit nach heutigen Maßstäben völlig unzureichendem Wärmeschutz. Der Schallschutz der zwar massiven, aber zu dünnen Innenwände ist für Wohnungstrennwände ungenügend, die Decken mit direkt auf die Balken genagelten Dielen nicht als Wohnungstrenndecken akzeptabel. Noch dazu haben die Deckenbalken, wie

regional üblich, waagrecht liegende Querschnitte und große Stützweiten, beim Begehen vibriert und schwingt die Decke, abgesehen davon hängen die Balken schon durch ihr Eigengewicht durch.

Die Maßnahmen

Um die Tragstruktur aus ökonomischen und denkmalpflegerischen Gründen größtmöglich zu erhalten, wurden die Wohnungen so eingefügt und aufgeteilt, dass möglichst geringe Eingriffe erforderlich waren. Dafür war eine zentimetergenaue Planung und eine ebenso genaue Bestandsaufnahme Voraussetzung. Durch sorgfältige Detailplanung gelang es auch, die Standsicherheit der Bestandskonstruktion rechnerisch nachzuweisen, wobei die frühe Entscheidung, mit ähnlichen Baustoffen aus- und weiterzubauen, nämlich Holz und Lehm, die gesamte Struktur vereinfachen half. In der Statik eines Vorgänger-Ingenieurbüros sollte dagegen das Haus durch Stahlkorsette mit Stahlauskreuzungen innen verstärkt werden, weil die Leistungsfähigkeit des Bestandes ignoriert wurde.

Trotzdem waren zusätzliche konstruktive Maßnahmen erforderlich:

- Die Erdgeschoßbalkenlage konnte nur erhalten werden durch Halbierung der Spannweiten. Neue Unterzüge wurden eingefügt, unauffällig, verputzt, in bestandsähnlichen Querschnitten aus Brettschichtholz hoher Güteklasse.
- Die gesamte Konstruktion wurde angehoben bzw. abgesenkt, um eine Niveaugleichheit der Geschoßdecken wiederherzustellen, für eine barrierefreie Nutzung ohne Stufen. Dabei wurde die zur Schwellensanierung sowieso erforderliche Abspritzung weitergenutzt.
- Die Decke über dem Obergeschoß wurde umgebaut, wegen ebenfalls zu großer Spannweiten, Durchbiegung und Schwingungen. Um die geringe Geschoßhöhe von nur 2,10 m zwischen den Balken bei Erhalt der Balkenlage wenigstens optisch zu vergrößern, wurden die Lehmgefache entkernt und als neuer Raumabschluss eine eng liegende, neue Balkenlage darüber quer verlegt und mit der alten Balkenlage kraftschlüssig verschraubt. Mit diesem statisch als Rost wirkenden System wurde die gewünschte Steifigkeit ohne zusätzliche Unterzüge erreicht, für die die nötige Raumhöhe auch nicht vorhanden gewesen wäre.
- Eine neue Kehlbalkenlage im Mansarddach wurde eingefügt, aufgehängt an Überzügen, die in den Bundachsen abtragen.

Sandberghof – conversion and renovation using earthen building materials

The task

The Sandberghof is an enclosed estate in the centre of a village which five couples purchased with a view to realising a long planned project: to build a joint abode to live in their old age. The three buildings had been long neglected and had fallen into disrepair. The house facing the street, which was to contain the four dwellings and a small apartment, is a listed half-timbered building dating back to 1758. The outbuildings, made of rubble masonry, were to house communal functions such as a music room, a library, sauna and workshop.

The half-timbered building exhibited a whole host of typical timber defects: rotten sole-plates, window sills, ceiling joists and cross rails as well as rafters suffering from woodworm. The lack of a foundation had caused the plinth walling to tilt, pushing the sole-plates outwards. The wattle-and-daub infill on the exterior elevations and in the interior walls and ceilings were, however, in a fairly good condition. In its original use as an outbuilding there had not been any separating walls in the upper storey and the walls and ceilings were flush with the timber framing on the inside and outside. The infill panels had been given a thin coat of lime plaster and painted or whitewashed along with the timber frame. At a later date, the building had evidently been divided into flats, again using half-timbered straw-clay walling. The southern section of the building, previously a barn, has rubble masonry walling: later internal brick walls and an earth-filled timber-panelled ceiling were added when it was converted to a dwelling. The outside and inside of the timber-frame had been plastered over and given a stencilled decorative border. Clay plasters are not typical for this region and were not found anywhere in the building.

We were faced with the task of converting this old, dilapidated house to a house with several apartments. Current standards with regard to noise insulation, fire protection and thermal insulation, of course, had to be fulfilled or even bettered. The old walls and roofs fell far short of these: the earth walls and ceilings were of the same width as the timber framing and their thermal insulation was completely inadequate for contemporary uses. The internal walls were made of masonry but were too thin and their sound insulation accordingly not of the standard prescribed for dwellings; similarly the ceilings with their floorboards nailed directly onto the timber joists. The old floor

joists, as is typical in the region, are wider than they are deep in cross-section and vibrated as one walked across the room. Over time they had also begun to sag under their self-weight.

Building measures

In order to retain as much of the structure as possible from both an economical as well as a conservation point of view, the new apartments were inserted and organised with a view to minimising the amount of interventions required. This necessitated very precise planning and, accordingly, an equally precise survey of the buildings. Through careful detail planning – and the decision early on to build with like materials: wood and earth – it was possible to calculate and ascertain the structural stability and integrity of the existing construction. By contrast, a previous engineering office had proposed enclosing the building in a corset of steel members with steel cross-bracing – thereby neglecting the structural potential of the existing fabric. Some corrective structural measures were nevertheless unavoidable:

- the joists of the ground floor ceiling could only be retained by halving the ceiling span. A new supporting beam made of high-grade laminated timber with a similar cross-section to the existing members was introduced beneath the ceiling and plastered over.
- parts of the entire construction were elevated or lowered to even out the differences in height of the floors across the building, which was necessary in order to ensure level access without any steps. For this the braces that were needed to stabilise and repair the sole plates were simply retained.
- A new construction was introduced to augment the ceiling above the first floor which also suffered from sagging and oscillations due to its wide span. To achieve at least an optical enlargement of the room – the height of the room between the joists was only 2.10 metres – the earth panels between the joists were removed and a new layer of floor joists introduced above and at right angles to the old joists. Bolted together, the grid arrangement of new and old beams achieve the necessary stiffness without the need for a supporting beam beneath, which would not have been possible due to insufficient head clearance.
- a new system of collar beams were added in the mansard roof, suspended via upstand-beams which in turn are borne by the truss axes.



Die einzelnen Bauteile

Bei den Außenwänden wurde auf eine Wiederherstellung des ursprünglichen Sichtfachwerks aus Kostengründen verzichtet, wegen des schlechten Zustands der Fachwerkhölzer an den Wetterseiten. Nur die geschützte und gut erhaltene Ostfassade wurde kostengünstig in Sichtfachwerk wiederhergestellt. Die alten Lehmgefache wurden weitgehend erhalten, mussten allerdings dort geopfert werden, wo eine zimmermannsmäßige Fachwerk- und Schwellensanierung es erforderten. Alle zu erneuernden Gefache wurden einheitlich mit ähnlichem Material wie der vorgefundene Strohlehm, mit Leichtlehmsteinen (1200 kg/m^3) mit Lehmörtel ausgemauert, zwischen seitlich angeschlagenen Dreikantleisten. Um die Proportionen des barocken Fachwerkhäuses außen zu bewahren, ist die notwendige Wärmedämmung auf der Innenseite angeordnet. So konnten auch die fachwerktypischen Details an Traufe und Ortgang, am Bruchsteinsockel und an den Fensterbekleidungen wiederhergestellt werden.

Innendämmungen gelten bauphysikalisch als problematisch. Einen errechneten Tauwasserausfall in der Wand versucht man zu verhindern durch auf der Innenseite der Dämmung angeordnete, luftdicht verklebte Dampfbremsen. Allerdings sind solche Konstruktionen in einem Fachwerkhäuser mit zahlreichen Balkendurchdringungen, unebenen gebeilten und staubigen Holz-, Putz- und Lehmoberflächen handwerklich und bauleitungstechnisch kaum ausführbar. Aber eine fehlerhaft mit Lecks eingebaute Dampfbremse ist gefährlicher, als wenn man auf die Maßnahme verzichtet hätte. Noch dazu sind die Kunststoff-Klebebänder zur Abdichtung der Fugen nach Herstellerangaben nur fünfzig Jahre haltbar, danach wäre demzufolge die Funktionstüchtigkeit des gesamten Innenausbaus in Frage gestellt.

Dabei liegt solch kostentreibenden und doch kurzlebigen Konstruktionen die Annahme extrem ungünstiger und nicht nur in Hinblick auf den Klimawandel ziemlich unrealistischer Klimadaten zugrunde, nämlich eines kontinuierlichen Dauerfrosts von minus zehn Grad Celsius über acht Wochen. Bei realistischeren, aber nicht normgerechten Rechnungen werden örtliche und monatliche Klimadaten angenommen.

Für die Innendämmung beim Sandberghof konnte auf Dampfbremsschichten verzichtet werden, und zwar durch die Verwen-

dung diffusionsoffener, kapillar leitfähiger Baustoffe wie Lehm und Zellulose-, teilweise auch Hanffasern. Auf eine flucht- und senkrecht innen vor die Außenwand gestellte Lattung werden Lehmplatten geschraubt. Der Hohlraum hinter der Platte von mindestens 60 mm wird anschließend mit Zellulosefaser ausgeblasen, fugenlos und ohne Lufthohlräume sich dem Verlauf der alten Fachwerk-Konstruktion anpassend. 60 mm gelten als wirtschaftliches Optimum, größere Dicken verbrauchen zusätzliche Grundfläche, bei nur unwesentlicher Verbesserung des Wärmeschutzes. Wegen Schiefstellung der Wände wurden dennoch größere durchschnittliche Dämmstärken erreicht und nachgewiesen.

In den Bädern wurde mit Gipsfaserplatten bekleidet, um mit einheitlichem Material einen sicheren Untergrund für Fliesen und Abdichtung auch im Duschbereich zu gewährleisten, in Schrankräumen und Speisekammern zur Kosteneinsparung. Im Sockelbereich der Innendämmung wurden die Heizungsverleitungen verlegt, mit dem Nebeneffekt einer Temperierung und Trockenhaltung der Wand.

Bauphysikalisch sind solche Innendämmungen unproblematisch, wenn sie vollständig aus kapillar feuchteleitfähigen Baustoffen bestehen, die in schlüssigem Kontakt untereinander, ohne Luftschichten, in der Lage sind, Feuchte in Tropfenform (= Wasser, nicht Dampf) zu transportieren. Meist nur rechnerisch ermitteltes, selten wirklich entstehendes Kondenswasser, wird gleichzeitig mit der Entstehung vom angrenzenden Material adsorbiert und zur trockenen wärmeren Bauteiloberfläche weitergeleitet, im Winter nach innen, wo das Wasser in den Raum verdunstet und durch normale Raumlüftung abgeführt wird.

Im selben System wurden so auch die 40 bis 60 cm dicken Bruchsteinaußenwände des Wohnhauses und der Nebengebäude innengedämmt, ohne Dampfbremsen, Folien und Klebedichtbänder. Die außen verputzten Wände konnten so original mit Sandsteinfenstergewänden erhalten werden, und die ursprünglich nicht verputzten (Scheunen-) Außenwände konnten gereinigt und neu verfugt werden, ohne sie unter einem sterilen Wärmedämmverbundsystem zu verstecken.

Wesentlich für die Funktionsfähigkeit solcher Innendämmungen ist die Luftdichtigkeit gegenüber Konvektion durch das Bauteil.

1 Zustand vor der Sanierung.
Condition prior to renovation works.



The individual parts of the building

On the side of the building most exposed to the elements, the condition of the timber elements was such that the cost of reinstating the exposed half-timbered façade proved prohibitive. Only on the façade to the east, which was protected from the elements, was the exposed timber framing restored. Most of the old earth infill panels could be retained and were only removed where timber members had to be replaced. All new infill panels were filled with a similar material mixture to the original straw clay: a light clay brick (1200 kg/m^3) laid in clay mortar and wedged in place with triangle-section battens on either side. To retain the proportions of the Baroque timber-framed house, all thermal insulation was added on the inside rather than the outside. This meant that specific details which are characteristic of timber-framed houses – the eaves, verge, the transition from wall surface to stone plinth and from wall surface to window surrounds – could be maintained.

Insulating the inside face of external walls is often fraught with problems, particularly the occurrence of interstitial condensation within the wall itself. Typically, this is avoided through the use of an airtight vapour barrier between the inside face of the wall and the insulation. In timber frame houses, however, it is not very easy to achieve and install an impervious barrier as timber elements pierce this layer, surfaces are uneven, and the primary materials – wood, earth and plaster – are dusty. Defective vapour barriers with holes are potentially more dangerous than no vapour barrier at all. Furthermore, the plastic adhesive bands used for sealing the gaps are only durable for 50 years, which calls into question the conversion of the interior itself.

Furthermore, such costly and ultimately short-lived constructions are implemented to guard against a scenario that even in the context of climate change can be regarded as extreme: a continuous permanent frost of -10°C over a period of eight weeks. More realistic assessments are usually based on local and monthly climatic data but do not comply with standards.

For the internal insulation of the Sandberghof it was possible to do without a vapour barrier altogether. All the insulation materials used are vapour-permeable and capillary-conductive building materials such as earth, cellulose and hemp fibres. A series of thin vertical studs are erected parallel to the wall onto which



clay dry lining panels are screwed. The entire 60 mm wide cavity behind the panels is then filled with cellulose fibre so that no gaps, joins or air spaces remain between the old timber-frame construction and the clay-panelling. A 60 mm cavity represents a happy medium – wider cavities encroach on the available floor space while only providing a marginal improvement in thermal insulation. In practice, the insulation layer was often thicker – and calculated as such – due to the irregularities of the old construction.

The bathrooms were lined with plasterboard throughout in order to provide a stable and uniform base for attaching tiles and to ensure a precise seal for elements such as the shower cubicles. Plasterboard was also used in cupboards and pantries to save costs. Heating pipework was incorporated at the base of the internal insulation layer at skirting board level, which has the added benefit of keeping the wall warm and dry.

It is possible to dispense with a vapour barrier for internal insulation if the insulation material is made of fully vapour-permeable and capillary-conductive building materials that are in direct contact with one another – i.e. there are no gaps, cavities or similar – so that it is able to transport moisture (in droplet form, e.g. water not steam). Any interstitial moisture that arises within the wall, a situation that occurs more in calculations on paper than in real life, is absorbed by the surrounding material as it arises and transported to dryer, warmer surfaces of building elements: in winter inwards, where it evaporates in the room and is dissipated via normal ventilation. The same system was used for the thicker 40-60 cm thick rubble stone walls of the house and outbuildings, again without vapour barrier, foils or adhesive sealant bands. This enabled the appearance of the external walls to be retained, complete with sandstone architraves. The outside walls of the barn were not previously plastered and so were only cleaned and repointed, an option that is far preferable to concealing them behind a sterile composite thermal insulation system.

In order for such internal insulation to function properly, it is essential that the construction is air-tight with regard to convection draughts through the building element. This is provided by an interior plaster, which is used throughout, and an external render on the outside.

2 Anhebung der Fachwerkkonstruktion.
Elevation and levelling of the half-timbered construction.

3 Erdgeschoßbalkenlage mit neuen Unterzug.
New supporting beam beneath the ground floor ceiling.



Diese Funktion übernimmt der durchgehende Innenputz. Zusätzliche Sicherheit stellt der Außenputz dar.

Dach

Die Dachschrägen des Mansarddaches wurden innen ebenfalls mit Lehmplatten auf Lattung bekleidet und dünn verputzt, die Sparrenoberseite mit Brettschalung beplankt. Der Zwischenraum ist wieder mit Zellulosefaser hohlraumfrei ausgeblasen, ebenso der gesamte Kniestock. Unter der unterlüfteten Deckung aus geborgenen und wiederverwendeten alten Biberschwanz-Handstrichziegeln ist eine zweite bituminöse Dachhaut angeordnet, die flächig kaltverklebt zugleich die Funktion der Luft- und Winddichtigkeit übernimmt. Diese Ebene ist fugenlos über das gesamte Dach gezogen, einschließlich Gaubenverschaltungen, und schließt an das aufgehende Fachwerk der Giebel- und Traufwände mit Klemmleiste und Kompriband an. An den Gauben ist sie von außen bis in die Fensterfuge geführt, die zuverlässig konventionell – ohne Klebebänder – abgedichtet werden kann.

Mit dieser außenliegenden Dichtungsebene sind ein robuster, dauerhafter Feuchteschutz und die Luftdichtigkeit gewährleistet. Der Gefahr des Kondenswasserausfalls wird wie bei der Innendämmung der Außenwände begegnet durch die Verwendung kapillar leitfähiger, sorptionsfähiger Baustoffe wie Lehmplatte und pflanzliche Faserdämmstoffe.

Innenausbau Decken

Für die schalltechnische Ertüchtigung der Decken zu Wohnungstrenndecken verfolgten wir das Konzept der möglichst schweren Decke mit schwimmendem Fußboden und schalltechnisch entkoppelter unterer Deckenbekleidung.

Auf der Decke über dem Erdgeschoß wurde wegen der sehr geringen Raumhöhe im Obergeschoß ein schwimmender Fußbodenaufbau mit nur drei Zentimeter Aufbauhöhe realisiert, indem die Lagerhölzer des Dielenbodens neben den Deckenbalken in eine Aussparung in der Lehmdecke gelegt wurden. Die Dielen selbst liegen auf Dämmstreifen auf den Deckenbalken. Die untere Deckenbekleidung wäre als konventionell abgehängte Decke an den Unterzügen zu klobig, so wurde der Deckenputz auf einer zwei Zentimeter dicken Schilfrohrplatte aufgetragen und so schalltechnisch weitgehend entkoppelt. Die vorhandenen Wickeldecken wurden erhalten, ggf. mit Lehmwickeln repariert.



Wo Deckenbalken ausgetauscht werden mussten, wurden die Deckenfelder mit neu hergestellten Lehmwickeln wieder geschlossen. Dazu wurde die Decke zunächst trocken ausgestakt, die Staken der Reihe nach auf einem Tisch mit Strohlehm umwickelt und nach einer Ruhezeit feuchtplastisch in derselben Reihenfolge wieder eingebaut, ober- und unterseitig mit Lehmörtel abgeglichen. Auf diese Weise wurde die Decke ohne Verwendung materialfremder Baustoffe wieder in voller Höhe wiederhergestellt.

Die komplett zu erneuernde Erdgeschoßdecke im Bruchsteinteil wurde kostensparend als Lehmstampfdecke auf Bretteinschub ausgeführt. Der Einschub wurde dazu zunächst mit Lehmputz verstrichen als Rieselschutz und nach dessen Antrocknung das Feld mit erdfeuchtem Lehm bis Balkenoberkante verstampft. Deckenbekleidungen wurden wie bei der Wickeldecke ausgeführt.

Die Obergeschoßdecke erhielt, wie gesagt, eine komplett neue Balkenlage quer über der alten. Ausnivelliert und waagrecht konnte auf einer durchgehenden OSB Beplankung ein neubauüblicher Fußbodenaufbau angeordnet werden, dazu war im Dachraum auch genügend Raumhöhe vorhanden. Die Dielen sind schwimmend auf Lagerhölzern zwischen Weichfaserplatten verlegt. Die Rohdecke selbst erhielt aus statischen Gründen einen sehr engen Balkenabstand, der mit Ziegelsteinen ausgefüllt ist, auf Brettern, die zwischen den Deckenbalken auf der alten Balkenlage aufliegen. Diese Untersicht und die alten Balken wurden kassettenartig, ähnlich der „Kölner Decke“ mit Schilfrohrgebe betackert und verputzt.

Innenwände

Alte Lehmausfachungen wurden, wo es ging, erhalten. Alle neuen Wände wurden in ähnlicher Konstruktion als Holzständerwände 14-16 cm stark, mit aussteifenden Streben und einem Mittelriegel ausgeführt und mit Leichtlehmsteinen NF, wie die Außenwände zwischen Dreikantleisten ausgemauert. Trennwände innerhalb der Wohnungen wurden nur 8 cm dick ausgeführt, beidseitig mit Trockenbauplatten aus Lehm bzw. Gipsfaser bekleidet und mit Mineralwolle ausgefacht.

Die Trennwände zum Treppenhaus erhielten wohnraumseitig eine schalldämmende Vorsatzschale, in identischer Ausführung wie die Innendämmung der Außenwände, also auch als

4 Vorbereitete Lattung für die Außenwanddämmung.
Wall studs ready for dry lining with clay panels and filling with insulation.

5 Vorbereitete Stakung der Wickeldecken.
Trial fitting of the stakes for the "earth reels".



Roof

The undersides of the mansard roof were likewise clad with clay panels on studs and given a thin plaster coating. Timber boarding was affixed to the upper surface of the rafters and the cavities between the rafters and in the jamb wall also fully filled with cellulose fibre so that no air spaces remained. The existing hand-made flat brick roof tiling had been saved and cleaned and, together with additional second-hand tiles, used to tile the roof, mounted on ventilated battening. A second cold-laid bituminous surfacing covers the boarding beneath the tiles and serves as a windproofing layer. This layer covers the entire roof including the dormers and is carefully laid to avoid open joints and junctions to other materials – it extends right over to the top of the walls along the eaves and gable, held in place by a clamping strip and compressible sealing band. On the dormers, it extends right up to the channel of the window frame where a seal can be achieved conventionally, without the need for adhesive sealing band.

This external covering represents a robust and durable water-impervious and windproof layer. The problem of possible interstitial condensation in the internal insulation is avoided through the use of capillary-conductive absorptive building materials such as earth and organic fibre insulating material.

Floor construction

To improve the noise insulation of the ceiling to fulfil standards for dwellings, we chose to weight the ceiling as much as possible and reduce noise transmission through the use of a floating floor and de-coupled ceiling cladding on the underside.

For the ceiling above the ground floor, the low room height of the floor above meant that a very slim floating floor – only 3 cm high – had to be realised. The floor battens for the floorboards were laid in a channel in the earth infill material between the floor joists. The floorboards themselves lie on padding strips on the floor joists. On the underside, a suspended ceiling would have been too chunky, especially around the supporting beams. In this case the ceiling plaster was applied to a 2 cm thick reed matting, reducing the noise transmission to a large degree. The existing 'earth reels' between the joists were retained and repaired and augmented where necessary. Where joists had to be replaced, the reels either side of the joists were replaced with



ones that had been newly made. This process involves the making of a series of stakes that span between notches in the sides of the joists. After a trial fitting, these are taken out in order and one after the other wrapped in a layer of straw clay. These reels, which resemble 'rolling pins', are allowed to harden slightly and then, while still malleable, fitted back between the joists in the same order as they were taken out. The underside is then smoothed off with an earth mortar. In this way the floor was restored from top to bottom using the same building materials.

The ceiling above the ground floor in the rubble masonry section of the building was renewed entirely as a timber panelled ceiling with a loose earthen fill material. Timber panelling was inserted between the joists, coated with a clay plaster to prevent material from trickling between the panels and then filled with moist earth and compacted successively until the fill was flush with the upper surface of the joists. The floating floor and underside were realised in the same manner as the ceiling in the timber-frame section.

As mentioned earlier, the upper floor ceiling was given an entirely new set of joists running crosswise above the old joists. After levelling, a conventional floor was laid with OSB-panels on the new joists and floating floorboards on floor battens between soft fibreboard as there was plenty of head clearance in the roof space above. For structural reasons, the new layer of joists have a fairly narrow spacing. The spaces between them are filled with bricks laid on boarding that rests on the top of the old joists. Lastly, the underside of the boarding and the old joists were encased in reed matting and plastered in a manner similar to the "Cologne ceiling" as a series of long coffers.

Interior walls

The old earth infill panels were retained wherever possible. All new walls were inserted using a similar construction to the existing walls – timber studs, 14-16 cm thick with diagonal braces and a central rail, bricked up with earth bricks (NF-format) and held in place with triangle-section battens. The partitioning walls within a flat (i.e. not between flats) have thinner studs of around 8 cm thick, lined on both sides with clay panels or plasterboarding and filled with mineral wool insulation.

6 Herstellung der Lehmwickel.
Manufacture of the "earth reels".

7 Eingebachte Lehmwickeldecke.
Fitting of the "earth reels".



Innendämmung zum meist unbeheizten Treppenhaus. Die Treppenläufe selbst sind elastisch auf Gummi gelagert zur Vermeidung der Weiterleitung der Gehgeräusche durch die gesamte Holzkonstruktion des Hauses. Mit den Vorsatzschalen und den Ausfachungen aus massiv gemauerten, aber weichen Leichtlehmsteinen wurde ein ausgezeichneter Schallschutz der Wohnungen erreicht.

Putz

Der Außenputz wurde auf Schilfrohmatten als Putzträger aufgetragen, als zweilagiger Kalkputz mit Mineralfarbanstrich.

Für den Innenputz wurden zunächst alle Unebenheiten und zurückspringende Gefachflächen der Innenwände mit Lehmörtel aufgeputzt. Nach dessen Trocknung wurde flächig Schilfrohmgebebe aufgetackert als Putzträger für den Deckputz. Für diesen wurde nach einer Bemusterung in Anlehnung an die regionale Tradition und die Befunde im Haus auf Kalkputz, hier Kalkgips-Maschinenputz, zurückgegriffen. Der Putz wurde auf den Innenwänden und Decken in üblicher Stärke aufgetragen, auf den ebenen Lehmplattenflächen genügten 5 bis 8 mm. Nach Trocknung wurden die Flächen in Bauherren-Selbsthilfe mit Sumpfkalk getüncht. In zwei Schlafräumen wurde von den Bewohnern Lehmfeinputz gewünscht, der mit Lehmfarbe angelegt wurde.

Zusammenfassend ist das gesamte Haus in allen Bauteilen mit Lehmbaustoffen erneuert, vorhandene Ausfachungen wurden weitgehend erhalten. Eine ursprünglich beabsichtigte Wiederverwendung der wegen der Holzreparaturen ausgebauten Lehmteile wäre möglich gewesen, z. B. für Deckenfüllungen, Ausgleichsputze oder auch Innenwände. Dieses Vorhaben schien aber bald zu aufwendig, auch wegen fehlender Lagerflächen bei beengten Baustellenverhältnissen, so wurden alle Lehmstoffe neu beschafft und die alten abgefahren und entsorgt.

Welche Qualitäten wurden erreicht?

Die Bauherren haben das aufwendige Projekt nicht bereut und fühlen sich im neuen Haus ausgesprochen wohl. Neben den architektonischen Qualitäten, die natürlich zuerst wahrgenommen werden, wirken im Hintergrund auch die verwendeten Baustoffe und die speziell für dieses Haus entwickelten Konstruktionen und Details.



Die Bauherren sind vom Raumklima begeistert. Die große innere Speichermasse verhindert eine Erwärmung des Holzhauses im Sommer. Durch gezielte Nachtlüftung und bei großer Tageshitze eher geschlossenen Fenstern kann die kühlende Wirkung der Speichermassen optimal genutzt werden. Die Innendämmung der Außenwände wird als sehr effektiv empfunden. Einzelne Räume, z. B. Schlafräume oder die Gemeinschaftsräume sind sehr schnell aufgewärmt, sie können kurzzeitig und effektiv beheizt werden – ohne Komforteinbuße, da sich die Oberflächen sehr schnell auf Behaglichkeitsniveau aufwärmen. Das wäre anders bei Außendämmung und schweren Innenschalen. Die außenliegende Speichermasse gilt bauphysikalisch als ungünstig, erscheint in der hier ausgeführten Form zusammen mit der Innendämmung aber vorteilhaft, schließlich speichert die außenliegende Masse auch einstrahlende Sonnenwärme, verringert die Temperaturdifferenz und so über einige Stunden den Wärmestrom von innen nach außen. Innendämmungen sind in einfacher, robuster Ausführung mit kapillar leitfähigen Baustoffen wie z. B. Lehm unproblematisch, wie vorher beschrieben. Wärmebrücken sind bei der Innendämmung im Fachwerk- und Holzbau weniger ein Problem, eher im Massivbau bei einbindenden Massivdecken.

Was Temperatur und Verlauf der Raumluftfeuchte betrifft, ist das Raumklima durchweg als sehr gut, d. h. normal bis trocken zu bezeichnen, d. h. bei üblichen Raumtemperaturen von 18-22°C bewegt sich die R.F. im kalten Frühjahr, der kritischen Jahreszeit mit meist trockener Raumluft, zwischen etwa 35 und 55%, wie Messreihen mit dem Datalogger zeigen. Nutzungsbedingte Einflüsse wie Lüften, Öffnen von Fenstern und Türen wurden protokolliert. Nach diesen bisherigen Stichprobenmessungen in verschiedenen Räumen, jeweils über einen Tagesverlauf, zeigte sich, dass die sehr verschiedenen Werte der Temperatur und Feuchte und die teilweise erheblichen Schwankungen innerhalb weniger Stunden wohl eher mit den jeweiligen Heiz- und Lüftungsgewohnheiten der Bewohner zusammenhängen, als mit baulichen Gegebenheiten, z. B. ob ein Raum mit Lehm oder Kalk verputzt und gestrichen ist.

Zum Brandschutz ist zu sagen, dass alle Bauteile, da sie flächig verputzt sind, eine Feuerwiderstandsklasse von mindestens F30 feuerhemmend aufweisen und damit den Anforderungen der HBO Hessischen Bauordnung entsprechen.

8 Durch die Innendämmung werden die Proportionen des barocken Fachwerkhäuses sowie fachwerktypischen Details bewahrt.
The internal insulation meant that the original proportions as well as characteristic details could be maintained.

9 Umputzte Balkendecke.
Plastered ceiling joists.



Walls adjoining the staircase have a noise-reducing wall lining identical in construction to the internal insulation of the external walls – they also insulate the apartments against the mostly unheated staircase. The stair treads are laid on a rubber base to reduce the transmission of impact noise (footsteps) through the construction of the house. The use of insulated wall-lining and massive but nevertheless soft light-clay masonry for the infill of the internal partitions results in excellent sound absorption for the apartments.

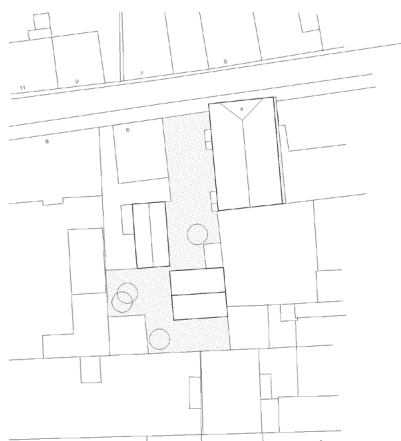
Plaster

The external render – a two-layer lime plaster with a coating of water glass paint – was applied to a lath made of reed matting. For the internal plaster, all uneven surfaces and indentations in the infill panels were evened out through the application of a clay mortar. After this had dried, thin reed matting was stapled across the surface to act as a lath for the plaster. After undertaking trials and examining the existing plaster in the building and local tradition, the decision was made to use a lime-gypsum machine plaster. The plaster is applied to the internal walls and ceiling in the usual thickness, on the flat clay panels to a thickness of 5-8 mm. After the plaster had dried it was white-washed with a slaked-lime mixture by the residents themselves. In two of the bedrooms a fine clay plaster in earth tones was used according to the wishes of the residents.

To summarise, throughout the entire complex and in all building elements, earthen building materials have been employed either to renew or to repair existing constructions. Wherever possible the infill panels were retained. It would have been possible to recycle material directly from the site, e.g. infill panels where timbers were repaired. They could have been broken down for use as ceiling fill material, mortar or the internal walls. However, this soon proved uneconomical due to limited space for tipping on the tight site. All earthen building materials were therefore sourced externally and the old material disposed of appropriately.

Quality and comfort

Although long and complex, the clients have not regretted undertaking the project and feel most comfortable in their new house. Besides the architectural qualities, which one is most aware of, the choice of materials and the constructions and de-



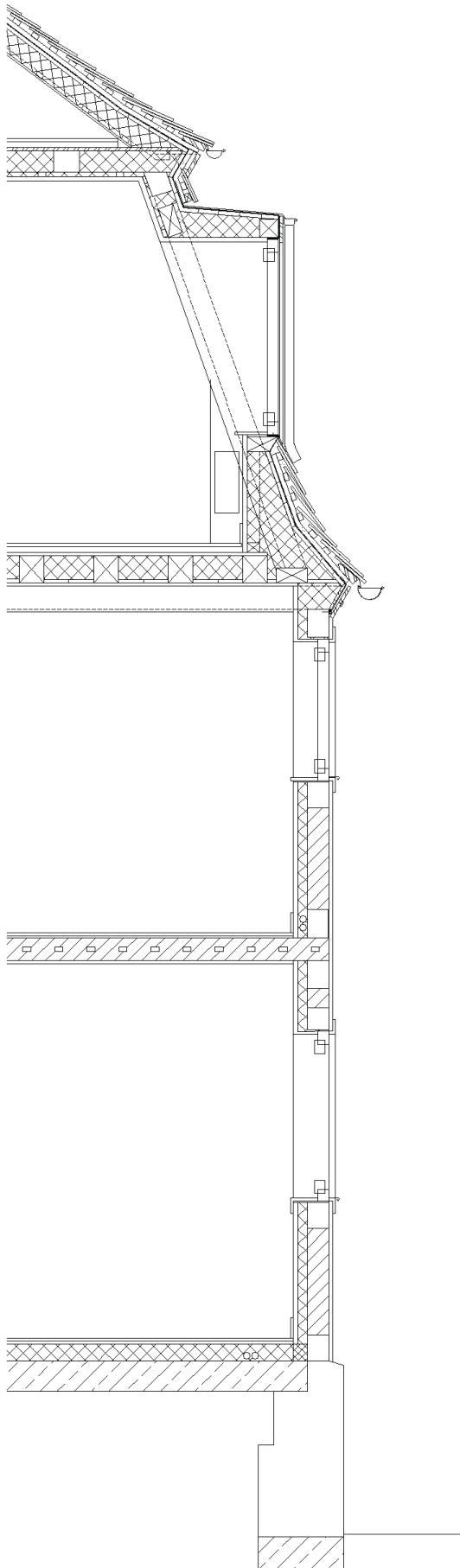
tails developed especially for this house also contribute to this sense of well-being. In particular, the clients are very enthusiastic about the quality of the indoor room climate. The mass of the building avoids the build up of undue heat in summer. By ventilating at night and keeping the windows closed on very hot days, the cooling effect of the mass of the walls can be exploited. The internal thermal insulation of the external walls is regarded as being most effective. Individual rooms, such as the bedrooms or communal spaces warm up quickly when heated so that rooms can be used for short periods of time without feeling uncomfortable – the surfaces of the room take up the warmth quickly. This would not be the case with external insulation and a massive inner shell. Typically a heavy mass on the outside is usually regarded as disadvantageous, but in combination with the internal insulation, as used here, this is not the case. The mass on the outside absorbs the warmth of the sun, reducing the temperature difference and therefore also the transmission of warmth from inside to outside. As described earlier, a simple, robust construction for the internal insulation using capillary-conductive materials such as earth are unproblematic. Cold bridges arising in conjunction with internal insulation are for timber constructions less of an issue than they are for massive constructions where concrete floors extend to the exterior.

As regards temperature and the relative humidity of the rooms, the indoor air climate is of a consistently high quality; what one might describe as normal to dry. For typical room temperatures of 18 - 22 °C, the relative humidity in early spring, the most critical time of the year when the air is driest, lies between 35 and 55%, as tests with a datalogger have shown. External influences such as airing, opening of windows and doors were also noted. According to the random sampling undertaken to date in different rooms over the course of a day, it seems that the quite different temperatures and humidity levels measured, which vary sometimes considerably within the short space of a few hours, have more to do with the heating and ventilation habits of the residents than with the construction, e.g. whether a room is plastered and coated with a clay plaster or a lime plaster.

In terms of fire safety, as all building elements have been plastered, they have a fire resistance rating of at least “F30-fire resistant”, fulfilling the requirements of the Federal State of Hesse’s building regulations.

10 Rückwärtige Natursteinbau.
Rubble-stone building to the rear of the site.

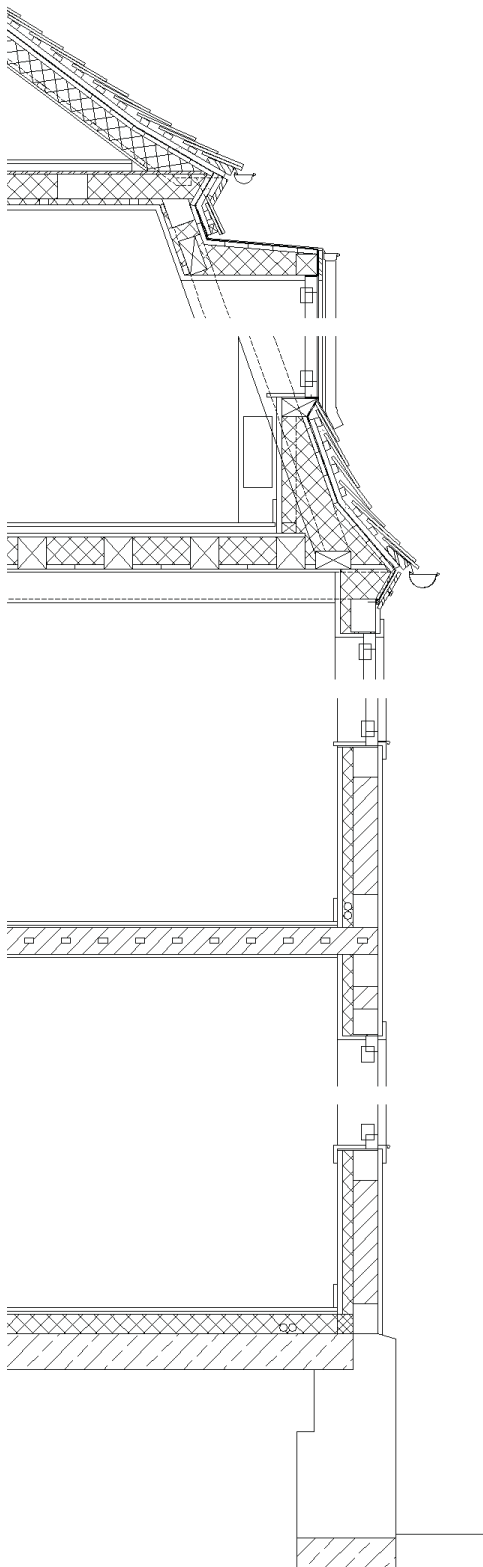
11 Lageplan.
Site plan.



Der Schallschutz zwischen den Wohnungen und innerhalb der Wohnungen ist sehr gut, die massiven weichen Lehmbaumstoffe dämpfen die Weiterleitung des Schalls in der Holzkonstruktion. Leider war eine schalltechnische Entkoppelung der Obergeschoßdecke aus Platzgründen nicht möglich, was den Schallschutz dieser Decke etwas mindert. Die übertragenen Frequenzen sind im Lehmhaus eher als „gemütlich“ zu bezeichnen, mit hellhörigen Massivbaustoffen nicht zu vergleichen.

www.schauer-volhard.de

12 Detailschnitt Außenwand Wohnhaus.
Wall section showing internal placement of insulation.



Sound insulation between the apartments and within the apartments is very good. The mass of the soft earthen materials deaden the transmission of sound in the timber construction. As it was not possible to completely decouple the floor on the upper level, due to insufficient room height, the sound insulation of this floor is slightly less effective. The frequencies of sound transmitted in earthen buildings can be described as “cozy” and are far better than the loudness of massive building materials.

www.schauer-volhard.de