

Lehm – ein in jeder Hinsicht nachhaltiger Baustoff!

Lehm ist nicht nur ein ökologischer Baustoff, er erfüllt auch viele Kriterien der Nachhaltigkeit in der ganzheitlichen Betrachtung von Bauwerken. Geringer Primärenergiebedarf, geringe Umweltbelastung und ein niedriger CO₂-Äquivalenzwert sind bei Konstruktionen mit Lehmstoffen ebenso wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Bauweisen, wie ganzjähriger thermischer Komfort und hohe Wiederverwendungsfähigkeit, um nur einige zu nennen.

Um der Argumentation und Diskussion zur Nachhaltigkeitsbewertung des Baustoffes Lehm eine strukturierte Grundlage zu geben, soll im Folgenden an Hand des vom BMVBS entwickelten Bewertungssystems (BNB) in einer qualitativen Analyse das Nachhaltigkeitspotenzial von Lehm als Baustoff dargelegt werden.

Neben den drei Themenfeldern der Nachhaltigkeitsbetrachtung (Ökonomie, Ökologie, Soziologie) werden demnach auch die Technische Qualität und die Prozessqualität beleuchtet. Der Baustoff Lehm wird dabei Schritt für Schritt in Bezug auf die zugeordneten Bewertungskriterien betrachtet, nicht ohne dabei deren unterschiedliche Gewichtung zu beachten.

Mit Datum vom 22.09.2011 wird die Systemvariante „Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden“ in der Version 2011_1 durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung anerkannt und für die Planungs- und Baupraxis empfohlen (siehe Tabelle 1). Bewertungssysteme für Wohnbauten bzw. Gebäude für Wohnnutzung sind im Entwurf und lehnen sich diesem System an.

Ökologische Qualität

Wirkung auf die globale und lokale Umwelt: Abb. 1 zeigt der Primärenergiebedarf von Baustoffen im Vergleich.

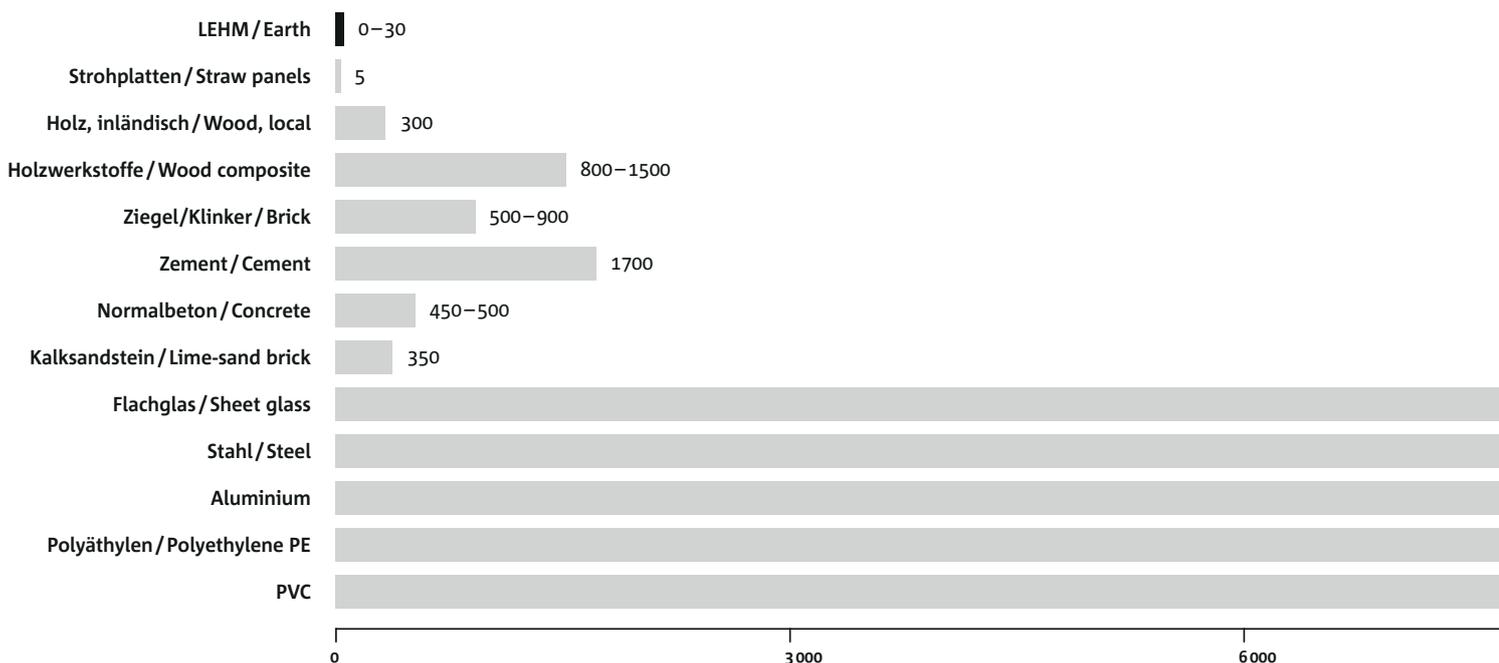
Treibhauspotenzial (GWP)

1.1.1

Auf Grund des Herstellungsverfahrens hat der luftgetrocknete Lehmstein ein deutlich geringeres Treibhauspotenzial als der gebrannte Ziegel.

Treibhauspotenzial	kg CO ₂ -Äqv./m ³
Mauerziegel *	209,20
Lehmstein ca. 1200 kg/m ³ **	84

*Produktdeklaration EPD-POR-2008111-D [3], **Angaben der Firma Claytec KG



1 Primärenergiebedarf von Baustoffen im Vergleich (Quelle [1])

1 Primary energy demand of building materials (Source [1])

Earth – a sustainable building material in every aspect!

Earth is not only an ecological building material; it also fulfils many criteria for sustainability in the holistic consideration of building works. The advantages of lower primary energy requirement, less burden on the environment and a lower CO₂ equivalent value in construction with earth-building materials are just as significant compared with conventional building methods as year-round thermal comfort and the potential for recycling, to name but a few.

To give a structured foundation to argumentation and discussion on the sustainability assessment of the building material earth, the sustainability potential of earth as a building material should be presented in a qualitative analysis in accordance with the following assessment system (BNB), on the basis of that developed by the BMVBS.

According to this, beside the three subject areas of a sustainability study (economy, ecology and sociology) technical quality and process quality are highlighted. By this means that the building material earth is considered step by step with regard to the assigned assessment criteria, but not without taking into account their differing emphases.

Dating from 22 September 2011, the system variant “New-build office and administrative buildings” in the version 2011_1 recognised and recommended for building design and construction by the Federal Government Department of Transport, Building and Urban Development (See Table 1). Evaluation systems for residential building or buildings for dwelling purposes are in the draft and are based on this system.

Ecological Quality

Effect on the global and local environment: Figure 1 shows a comparison of the primary energy demand of different building materials.

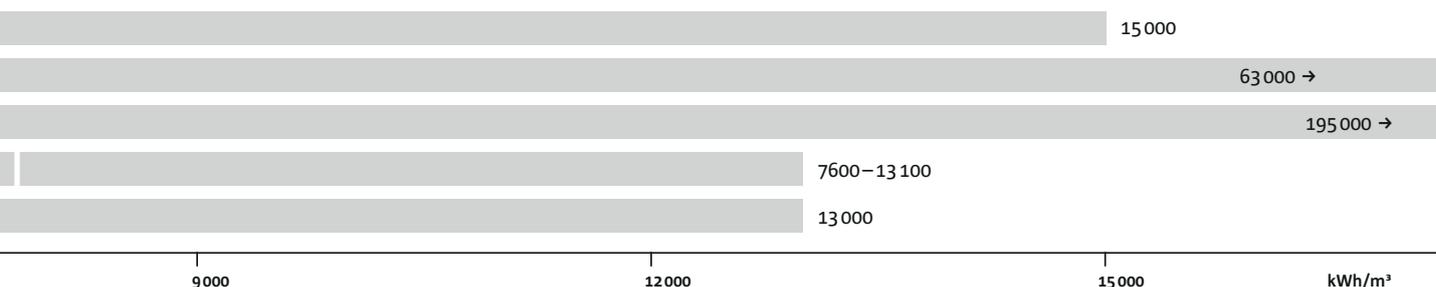
Global Warming Potential (GWP)

1.1.1

By merit of their manufacturing process, air-dried earth blocks have a substantially lower greenhouse potential the fired bricks.

Global warming potential	kg CO ₂ -eqv./m ³
Masonry brick *	209.20
Earth block, ca. 1200 kg/m ³ **	84

*Product declaration EPD-POR-2008111-D [3], **Data from Claytec KG

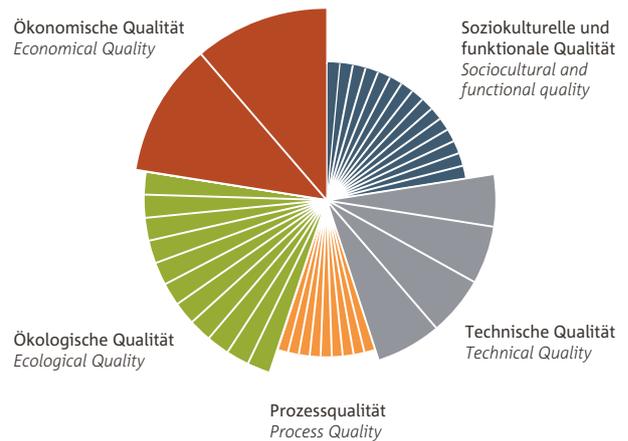


Ökologische Qualität	22,5 %*
Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt	in %*
1.1.1 Treibhauspotenzial (GWP)	3,375
1.1.2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	1,125
1.1.3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	1,125
1.1.4 Versauerungspotenzial (AP)	1,125
1.1.5 Überdüngungspotenzial (EP)	1,125
1.1.6 Risiken für die lokale Umwelt	3,375
1.1.7 Nachhaltige Materialgewinnung / Holz	1,125
Ressourceninanspruchnahme	
1.2.1 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)	3,375
1.2.2 Gesamtprimärenergiebedarf (PEges) u. Anteil erneuerbare Primärenergie (PEe)	2,250
1.2.3 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	2,250
1.2.4 Flächeninanspruchnahme	2,250
Ökonomische Qualität	22,5 %*
Lebenszykluskosten	in %*
2.1.1 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	13,50
Wertentwicklung	
2.2.1 Drittverwendungsfähigkeit	9,00
Soziokulturelle und funktionale Qualität	22,5 %*
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit	in %*
3.1.1 Thermischer Komfort im Winter	1,607
3.1.2 Thermischer Komfort im Sommer	2,411
3.1.3 Innenraumhygiene	2,411
3.1.4 Akustischer Komfort	0,804
3.1.5 Visueller Komfort	2,411
3.1.6 Einflussnahme des Nutzers	1,607
3.1.7 Aufenthaltsmerkmale im Außenraum	0,804
3.1.8 Sicherheit und Störfallrisiken	0,804
Funktionalität	
3.2.1 Barrierefreiheit	1,607

3.2.2 Flächeneffizienz	0,804
3.2.3 Umnutzungsfähigkeit	1,607
3.2.4 Zugänglichkeit	1,607
3.2.5 Fahrradkomfort	0,804
Sicherung der Gestaltungsqualität	
3.3.1 Gestalterische und städtebauliche Qualität	2,411
3.3.2 Kunst am Bau	0,804
Technische Qualität	22,5 %*
technische Ausführung	in %*
4.1.1 Schallschutz	5,625
4.1.2 Wärme- und Tauwasserschutz	5,625
4.1.3 Reinigung und Instandhaltung	5,625
4.1.4 Rückbau, Trennung und Verwertung	5,625
Prozessqualität	10,0 %*
Planung	in %*
5.1.1 Projektvorbereitung	1,429
5.1.2 Integrale Planung	1,429
5.1.3 Komplexität und Optimierung der Planung	1,429
5.1.4 Ausschreibung und Vergabe	0,952
5.1.5 Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung	0,952
Bauausführung	
5.2.1 Baustelle / Bauprozess	0,952
5.2.2 Qualitätssicherung der Bauausführung	1,429
5.2.3 Systematische Inbetriebnahme	1,429
Standortmerkmale	
6.1.1 Risiken am Mikrostandort	
6.1.2 Verhältnisse am Mikrostandort	
6.1.3 Quartiersmerkmale	
6.1.4 Verkehrsanbindung	
6.1.5 Nähe zu nutzungsrelevanten Einrichtungen	
6.1.6 Anliegende Medien / Erschließung	

* maximale erreichbare Prozentanteil pro Kriterium bzw. Kriteriengruppe

Tabelle 1: Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BNB) v2011_1 – Gewichtungen (Quelle: BMVBS [2])



Ecological Quality	22.5 %*
Effects on Global and Local Environment	in %*
1.1.1 Global Warming Potential (GWP)	3.375
1.1.2 Ozone Depletion Potential (ODP)	1.125
1.1.3 Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)	1.125
1.1.4 Acidification Potential (AP)	1.125
1.1.5 Eutrophication Potential (EP)	1.125
1.1.6 Risks to the Local Environment	3.375
1.1.7 Sustainable Logging / Wood	1.125
Demand of Resources	
1.2.1 Primary Energy Demand Not Renewable (PEne)	3.375
1.2.2 Total Primary Energy Demand (PEges) and Amount of Renewable Energy (PEe)	2.250
1.2.3 Fresh Water Demand and Quantity of Wastewater	2.250
1.2.4 Demand of Space	2.250
Economical Quality	22.5 %*
Life Cycle Costs	in %*
2.1.1 Building-related Life Cycle Costs	13.50
Performance	
2.2.1 Value Stability	9.00
Sociocultural and Functional Quality	22.5 %*
Health, Comfort and User Satisfaction	in %*
3.1.1 Thermal Comfort in Winter	1.607
3.1.2 Thermal Comfort in Summer	2.411
3.1.3 Indoor Air Quality	2.411
3.1.4 Acoustic Comfort	0.804
3.1.5 Visual Comfort	2.411
3.1.6 Influence of the User	1.607
3.1.7 Building-related Outdoor Qualities	0.804
3.1.8 Safety and Incident Risks	0.804
Functionality	
3.2.1 Barrier-free Building	1.607

3.2.2 Space Efficiency	0.804
3.2.3 Capability of Conversion	1.607
3.2.4 Public Accessibility	1.607
3.2.5 Bicycle Comfort	0.804
Ensuring Design Quality	
3.3.1 Design and Urban Quality	2.411
3.3.2 Art in Architecture	0.804
Technical Quality	22.5 %*
Technical Execution	in %*
4.1.1 Sound Insulation	5.625
4.1.2 Heat Insulation and Protection against Condensate	5.625
4.1.3 Cleaning and Maintenance	5.625
4.1.4 Dismantling, Separation and Utilisation	5.625
Process Quality	10.0 %*
Management and Design	in %*
5.1.1 Project Preparation	1.429
5.1.2 Integrated Design	1.429
5.1.3 Optimisation and Complexity of Planning	1.429
5.1.4 Sustainability Issues in Tender and Placing	0.952
5.1.5 Requirements for Optimal Utilisation and Management	0.952
Building Construction	
5.2.1 Building Site / Building Process	0.952
5.2.2 Quality Assurance of the Building Construction	1.429
5.2.3 Controlled Commissioning	1.429
Location Profile	
6.1.1 Risks at the Micro-Site	
6.1.2 Conditions at the Micro-Site	
6.1.3 Image and Character of Location and Quarter	
6.1.4 Public Transport Connections	
6.1.5 Vicinity to Use-Specific Services	
6.1.6 Supply Lines / Site Development	

* maximum achievable percentage for each main criteria group or criterion

Table 1: Assessment system for sustainable building (BNB) v2011_1 – Weighting (Source: BMVBS [2])



Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE ne) 1.2.1

Beim Vergleich des Primärenergiebedarfs an nicht erneuerbarer Energie ist der luftgetrocknete Lehmstein noch deutlicher im Vorteil:

Primärenergie nicht erneuerbar	MJ/m ³
Mauerziegel *	1.031,08
Lehmstein ca. 1200 kg/m ³ , luftgetrocknet **	155–185

*Produktdeklaration EPD-POR-2008111-D [3], **Angaben der Firma Claytec KG

Ökonomische Qualität

Sehr hartnäckig hält sich das Vorurteil Bauen mit Lehm wäre zu teuer und mit konventionellen Bauweisen nicht vergleichbar. Dies ist ein Trugschluss, wie fundierte Kostenanalysen belegen:

Kostenvergleich Innenputze:

auf verschiedenen Untergründen, inkl. notwendiger Vorarbeiten, Armierungen, Anschlüsse und Glätten der Oberfläche

Ausführung	Mittelwert	Spanne
Lehmputz, einlagig	20,50 €/m ²	18–27 €/m ²
Lehmputz, zweilagig	32,00 €/m ²	30–40 €/m ²
Kalkputz, einlagig	19,00 €/m ²	17–22 €/m ²
Kalkputz, zweilagig	29,00 €/m ²	25–38 €/m ²
Gipsputz	18,50 €/m ²	16–20 €/m ²

* Quelle [4]. Alle Preise Brutto, d. h. inkl. derzeit gültiger MwSt. von 19%

Der deutliche Mehrwert an Qualität und Wohnkomfort steht dabei vergleichsweise geringen Mehrkosten gegenüber!

Soziokulturelle und funktionale Qualität

» Gesundheit, Behaglichkeit, Nutzerzufriedenheit

neben dem *Thermischen Komfort im Winter* (3.1.1: Bedeutungsfaktor 2) ist vor allem der *Thermische Komfort im Sommer* wichtig (3.1.2: Bedeutungsfaktor 3!). Hier bietet der Lehm die ideale Baustoffeigenschaft:

- Hohe Wärmespeicherkapazität zum Ausgleich von Tagestemperschwankungen, und

- zur Speicherung solarer Energie (passive Solarenergienutzung) oder zur Kombination mit Wandflächentemperierung (Heizung oder Kühlung)

Innenraumhygiene (Bedeutungsfaktor 3!) 3.1.3

Lehm ist nicht nur gesundheitlich unbedenklich, er fördert die Gesundheit des Handwerkers sowie des Nutzers/Bewohners:

- durch sein Sorptionsverhalten reguliert er die Raumluftfeuchte in einem Komfortbereich um 50%
- durch seine schadstoffbindenden Eigenschaften (vergleichbar einem Aktivkohlefilter)

Lehmoberflächen werden als behaglich empfunden, da sie mit ihrer Offenporigkeit ein besseres subjektives Wärmeempfinden erzeugen.

Die Wichtigkeit des Innenraumklimas für die Nutzerzufriedenheit bestätigt eine Studie an der Professur Bauphysik, Bauhaus-Universität Weimar „Kriterien des nutzerorientierten Bauens“ (2010 [5]): aus über 1000 Personen aller Alters- und Berufsgruppen ermittelt. Demnach sind die wichtigsten Wohnkriterien für Mieter und Eigentümer:

1. Luftqualität
2. Thermische Behaglichkeit
3. Energiebedarf, Verbrauchskosten

Umnutzungsfähigkeit 3.2.3

Auf Grund von Nachhaltigkeitsbetrachtungen ist Bauen im Bestand dem Neubau vorzuziehen! (so auch benannt im „Leitfaden für Nachhaltiges Bauen“ der Bundesregierung). Lehmstoffe werden im Moment in Deutschland vor allem in der Sanierung des Gebäudebestands eingesetzt.

Lehm kann bei der Sanierung bestehender Gebäude vielfältige qualitätssteigernde Anwendungen finden. So z.B. auch beim Einsatz von Innendämmung, eine Sanierungsvariante die häufig noch aus Unkenntnis als kritisch bewertet wird.

Sicherung der Gestaltungsqualität 3.3

Lehm kann viele gestalterische Anforderungen in der Sanierung wie auch im Neubau erfüllen (Abb. 2). Auch für Kunst am Bau bietet sich Lehm an, z.B. als Gestaltungselement (Abb. 3).

2 Sanierung eines Fachwerkhäuses mit Innendämmung und Lehmstoffen
 2 Refurbishment of a timber framed house with internal insulation and earth-building materials



Primary energy demand not renewable (PE_{ne}) 1.2.1
 By comparison with the primary energy requirement of non-renewable energy, the air-dried earth block has an even clearer advantage:

Primary energy demand not renewable	MJ/m ³
Masonry brick *	1,031.08
Earth block ca. 1200 kg/m ³ air-dried **	155–185

*Product declaration EPD-POR-2008111-D [3], **Data from Claytec KG

Economic quality

The misconception that building with earth is too costly and is not comparable to conventional building methods is very persistent. This is a fallacy, as established cost analyses prove:

Cost comparison of internal renders:
 on various sub-structures, incl. necessary preparation, reinforcement, junctions and smoothing the surface

Method	Mean value	From–to
Earth render, single coat	20.50 €/m ²	18–27 €/m ²
Earth render, two coats	32.00 €/m ²	30–40 €/m ²
Lime plaster, single coat	19.00 €/m ²	17–22 €/m ²
Lime plaster, two coats	29.00 €/m ²	25–38 €/m ²
Gypsum plaster	18.50 €/m ²	16–20 €/m ²

* Source [4]. All prices gross, i.e. incl. prevailing rate VAT at 19%

The clear added benefit in quality and living comfort engenders a modest low extra cost!

Socio-cultural and functional qualities

» Health, comfort, user satisfaction

In addition to *thermal comfort in winter* (3.1.1: impact factor 2) above all *thermal comfort in summer* is important (3.1.2: impact factor 3!). Here earth provides the ideal building material properties:

- High heat storage capacity to balance daytime temperature fluctuations, and

- For the storage of solar energy (passive solar energy use) or for combination with wall surface temperature adjustment (heating or cooling)

Indoor air quality (impact factor 3!) 3.1.3

Earth is not only non-hazardous health-wise, it promotes the health of tradesmen as well as users/occupants:

- Due to its sorption behaviour it regulates the ambient humidity to a comfort level of around 50%
- With its contaminant restraining properties (equivalent to an active carbon filter)

Earthen surfaces feel comfortable because, with their open porosity, they produce a superior subjective feeling of warmth.

The importance of the indoor air quality for user satisfaction has been confirmed by a study at the Professorship for Building Physics, Bauhaus University Weimar “Criteria for User Orientated Building” (2010 [5]): established by consulting over 1000 people of all ages and occupation groups. The most important living criteria for tenants and owner-occupiers are:

1. Air quality
2. Thermal comfort
3. Energy requirement, consumption costs

Capability of conversion 3.2.3

Because of sustainability considerations, refurbishment is preferable to new building (as stated in “Guidelines for Sustainable Building” by the Federal Government). Earth-building materials are currently used in Germany predominantly for refurbishing existing buildings.

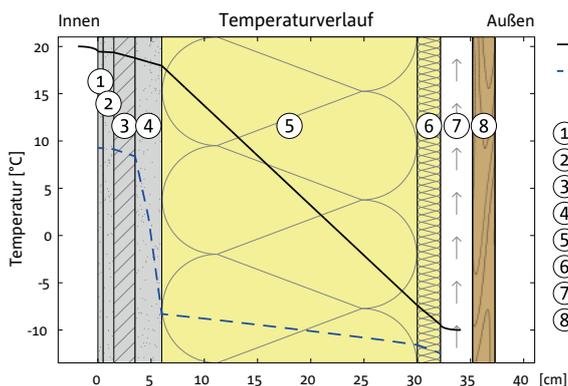
Earth offers considerable potential for improving the quality of refurbishments, for example, when used as internal insulation, a refurbishment variant that is still often viewed critically through lack of knowledge.

Ensuring design quality 3.3

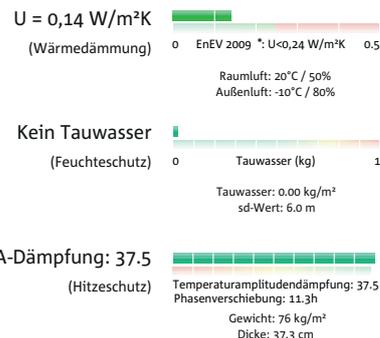
Earth can fulfil many aesthetic requirements in refurbishment as well as in new-build (Fig. 2). Earth lends itself to ‘Art in Building’, e.g. as a design element in rammed earth (Fig. 3).

3 Haus der Nachhaltigkeit Rheinland-Pfalz, Trippstadt
 3 House of Sustainability, Rhineland-Palatinate, Trippstadt

Temperaturverlauf / Tauwasserzone



- Temperatur
- - - - - Taupunkt
- ① Claytec Lehm-Oberputz fein (5 mm)
- ② Claytec Lehm-Unterputz (10 mm)
- ③ Claytec®-Lehmbauplatte, D20 (20 mm)
- ④ OSB-Platte, OSB/3 (25 mm)
- ⑤ Hanf (240 mm)
- ⑥ Holzfaserdämmplatte (22 mm)
- ⑦ Hinterlüftung (30 mm)
- ⑧ Vorhangfassade (21 mm)



Technische Qualität

Lehmbau erfüllt höchste bauphysikalische Ansprüche, zum Beispiel im Holzrahmenbau (Abb. 4).

Rückbau, Trennung und Verwertung 4.1.4

Lehmbaumaterialien sind unbedenklich im Rückbau und vollständig wiederverwendbar.

Prozessqualität

» Planungssicherheit, Ausschreibung, Vergabe...

Seit 1999 bieten die *Lehmbau Regeln* (Hrsg. Dachverband Lehm e.V.) Planungssicherheit als bauaufsichtliche Grundlage zum Bauen mit Lehm.

Die *neuen DIN-Normen Lehmbau*: Im September 2011 wurde beim Deutschen Institut für Normung (DIN) auf Antrag des Dachverband Lehm e. V. ein neuer Normausschuss NA 005-06-08 AA „Lehmbau“ gegründet.

Grundlage der laufenden Diskussion bilden die Texte der Technischen Merkblätter TM 02 bis TM 04. Die diskutierten Versionen sollen noch 2012 als Vornormen für die industriell hergestellten Lehmbaumaterialien

- DIN V 18945 Lehmsteine;
 - DIN V 18946 Lehm-Mauermörtel, und
 - DIN V 18947 Lehm-Putzmörtel
- veröffentlicht werden.

Voraussetzung für eine Optimale Bewirtschaftung 5.1.5

» Lehmbau und Resilienz von Bauwerken

Im Zuge der Betrachtungen zur Störanfälligkeit/Widerstandsfähigkeit von Gebäuden spielt der Grad der technischen Ausstattung und Technisierung von Nutzungsvorgängen eine wesentliche Rolle. Dabei gilt die Prämisse: von High-Tech Gebäuden zu High Quality und Low-Tech Gebäuden.

Einsatz von Lehmbaumaterialien ermöglicht die Minimierung des Lüftungsbedarfs und somit die Minimierung der Lüftungswärmeverluste. Neueste Projekte zeigen, dass unter Verwendung von Lehmbaumaterialien Niedrigenergiehäuser ohne Lüftungsanlagen möglich sind!

Fazit

Lehm ist ein in jeder Hinsicht nachhaltiger Baustoff!

Referenzen

- [1] Umweltbundesamt (Hrsg.); Krusche, P. u. M.; Althaus, D.; Gabriel, I.: Ökologisches Bauen. Wiesbaden: Bauverlag, 1982
- [2] www.nachhaltigesbauen.de/anerkannte-systeme-in-deutschland.html
- [3] Produktdeklaration: Deklarationsnummer EPD-POR-2008111-D Institut Bauen und Umwelt e. V. www.bau-umwelt.com
- [4] Dahlhaus/Meisel, Nachhaltiges Bauen 2008/2009, 2009, Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen-Essen, ISBN 978-3-8028-0566-X
- [5] www.uni-weimar.de/cms/fileadmin/bauing/files/professuren/bauphysik/Kriterien_des_nutzerorientierten_Bauens_2_.pdf
- [6] U-Wert-Rechner auf www.u-wert.net

4 U-Wert Berechnung (Quelle: [6])
 4 U-value calculation (Source: [6])

Technical quality

Earth building fulfils the highest physical demands in building: e.g. in wood-framed construction (Fig. 4).

Dismantling, separation and utilisation 4.1.4

Earth-building materials are non-harmful when de-commissioning and is fully recyclable.

Process quality

» Design confidence, tendering and awarding of contracts ...

Since 1999 the *Lehmbau Regeln* (issued by the Dachverband Lehm e.V.) have provided design confidence in the form of a building control handbook for building with earth.

The *new DIN standards for earthen building*: In September 2011 German Standards Institute (DIN) at the request of Dachverband Lehm e.V. founded a new Standards Committee, NA 005-06-08 AA "Lehmbau".

The basis for the ongoing discussions was the texts of Technical Infosheets TM 02 to TM 04. The versions in preparation are expected to appear as draft texts as early as 2012 for industrially produced earth-building materials:

- DIN V 18945 Earth blocks;
- DIN V 18946 Earth masonry mortar, and
- DIN V 18947 Earth render mortar

Requirements for optimal utilisation & management 5.1.5

» Earth building and resilience of building works

In the course of observations regarding susceptibility to faults/resilience of buildings, the level of technical equipment and the mechanisation of operational procedures plays a substantial role. The premise here should be: from High-Tech buildings to High Quality and Low-Tech buildings.

The use of earth-building materials enables ventilation needs to be minimised, thereby minimising the associated heat loss. The most recent projects have demonstrated that by using earth-building materials low-energy houses are possible without additional ventilation systems!

Conclusion

Earth is a sustainable building material in every aspect!

References

See German text and:

- [2] www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/bilder/sustainable_building/Flyer-NB_V2011_1_englisch.pdf