

Nachhaltige Lehmbaustoffe – umweltbezogene Produktangaben als Mittel zur Wettbewerbsförderung in der Baustoffindustrie

Nachhaltiges Bauen

Das heutige Bauen wird als Optimierungsaufgabe betrachtet. Bei deren Erfüllung müssen Verbraucheransprüche und gesetzliche Umweltvorgaben harmonisieren. Daher umfasst der Begriff „nachhaltiges Bauen“ drei Aspekte, die gleichrangig über eine angemessene Zeitperiode zu berücksichtigen sind [1]:

- die Umwelt,
- die Wirtschaft,
- und die Verbraucheransprüche (sozio-kulturelle Anliegen; funktionsgemäße Qualität; Gesundheit).

Zusätzlich müssen Gebäude gemäß den Anforderungen an nachhaltiges Bauen vorgegebene technische Parameter und entsprechende Qualitätswerte im Zusammenhang mit den drei genannten Aspekten erfüllen. Umweltrelevante und wirtschaftliche Gesichtspunkte sind besser definiert, als Verbraucheransprüche. Mehrere, gegenwärtig von der EU geförderte Projekte konzentrieren sich auf die Anwendungsphase von Baustoffen. Dabei sollen die funktionelle und gesundheitsfördernde Qualität von Lehm Baustoffen, Bauteilen und Bauweisen verbessert werden durch die Verstärkung der Feuchtepufferungseigenschaften von Lehm in vorgefertigten Bauteilen [2], durch eine Reduzierung von Ausstößen unbeständiger Biomaterialien (VOC) und niedrigere Energiekosten durch höhere Energieeffizienz [www.eco-see.eu, www.house-project.eu, www.isobioproject.eu].

In Deutschland werden die von Baustoffen und Bauteilen erwarteten Eigenschaften hinsichtlich ihrer Qualität durch die Musterbauordnung für die Länder der Bundesrepublik Deutschland (MBO) reguliert. Diese beinhaltet folgende Aspekte als Hauptvoraussetzungen für die Nutzbarkeit der Baustoffe und Bauteile:

- statisch-konstruktive Stärke und Stabilität,
- Brandschutz,

- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,
- Sicherheit bei der Anwendung,
- Schallschutz,
- Energieeffizienz und Wärmeisolierung.

Die im März 2011 vom Rat der Europäischen Union herausgegebene Verordnung zur „Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten“ [3] beinhaltet eine zusätzlich Anforderung: den *nachhaltigen Gebrauch natürlicher Ressourcen*. Nach der Verordnung müssen Bauwerke so entworfen, aufgebaut und bei Bedarf auch demoliert werden, dass eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen wie folgt ermöglicht wird:

- Baustoffe und Bauteile eines abgetragenen Gebäudes müssen wiederverwendbar sein;
- Das Bauwerk an sich muss dauerhaft sein;
- Umweltfreundliche Rohstoffe und sekundäre Baustoffe müssen beim Aufbau verwendet werden.

Die Anforderung für eine nachhaltige Entwicklung im Bauwesen gilt für alle europäischen Mitgliedsländer. Dafür sollen Zielvorgaben formuliert zum Schutz der Umwelt, der Wirtschaft und der Verbraucher, zum Beispiel durch das Vermeiden der Nutzung von Gefahrenstoffen, die Verminderung des Energieverbrauchs und das Verhindern von nicht nutzbarem Abfall. In Kenntnis der Beziehung zwischen Ursache und Wirkung sollen aus diesen Vorgaben Handlungsstrategien für drei Bereiche erarbeitet werden: Roh- und Baustoffe, Bauweisen und Umwelt [4]. Die vom Bauprozess verursachten Auswirkungen auf diese drei Bereiche sollen mit Indikatoren belegt und anhand festgelegter Standards bewertet werden. Standards für die Beurteilung der Nachhaltigkeit vom Bauen hinsichtlich umweltbezogener, sozialer und wirtschaftlicher Eigenschaften sind in der Standardgruppe DIN EN 15643 aufgeführt. Während der internationale Standard ISO 21929-1 einen Rahmen für

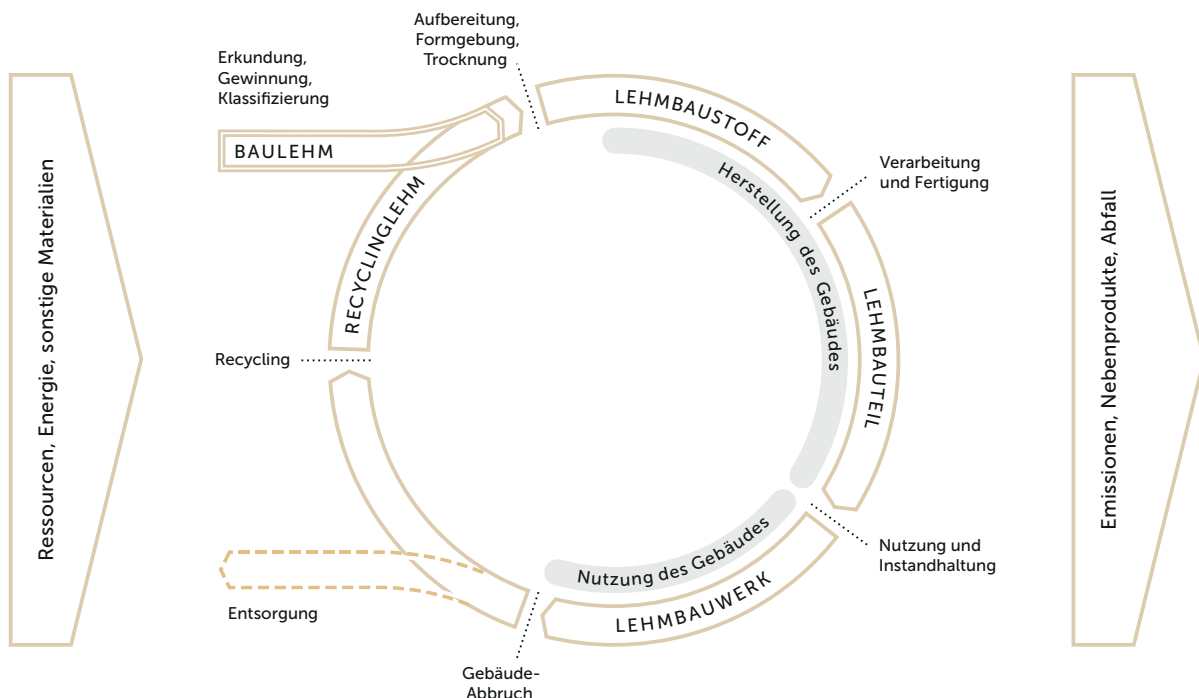


Abb. 1 Stoffkreislauf des Baustoffs Lehm [5] [6]

die Schaffung von Indikatoren und eine Zusammenfassung von Kernindikatoren für das Bauen vorgibt formuliert ISO 15392 allgemeine Prinzipien für nachhaltiges Bauen.

Lebenszyklus und Stoffkreislauf eines Bauwerks

Die Beurteilung der oben beschriebenen Handlungsstrategien hinsichtlich ihrer Beeinflussung aller Phasen des Existenzkreislaufs eines Bauwerks führt zum zentralen Grundsatz für nachhaltiges Bauen: der Analyse des Stoffkreislaufs der zum Bau verwendeten Baumaterialien. Das Ziel dieser Analyse ist die Reduzierung von Abfall, sowie jedwede Umweltbelastung so niedrig wie möglich zu halten dadurch, dass der Kreislauf nicht unterbrochen wird. In einer Bestandsaufnahme wird der ganze Lebenszyklus betrachtet. Das schließt die Erkundung, die Gewinnung und den Abbau der Rohstoffe sowie ihre Aufbereitung zur Produktion von Baustoffen und Bauteilen mit ein, die Nutzung des Bauwerks, seine Lebensdauer, die Instandhaltung bis hin zum Gebäudeabriss und ihrer Wiederverwertung. Auch die dazwischenliegenden Transportwege in Bezug auf die erzeugten Stoff- und Energieströme gehören dazu.

Beim Durchlaufen dieses Zyklus muss der Baustoff auf jeder Stufe die Anforderungen an die Nachhaltigkeit des Bauens erfüllen. Diese Anforderungen werden durch relevante Kenngrößen beschrieben, die durch standardisierte Prüfverfahren ermittelt werden.

Ein Baustoff muss zum Beispiel ausreichend druckfest sein, um in einem tragenden Bauteil verwendet zu werden oder niedrige VOC nach EN ISO 16000 et al. Die Erfüllung der Prüfkriterien sichert, dass nach Abschluss einer Verarbeitungsstufe die für diesen Anschnitt erforderlichen Eigenschaften erreicht werden. Nur dann ist der Baustoff oder das Bauteil gebrauchstauglich.

Abb. 1 zeigt das Modell für den Lebenszyklus des Baustoffs Lehm [5]. Nach Durchlaufen einer Verarbeitungsstufe erlangt der Lehm eine neue Qualität: Rohlehm wird zu Baulehm, Baulehm wird zum Lehmbaustoff, usw. Mit der Wiederverwendung von recyceltem Lehm wird der Stoffkreislauf eigenwirtschaftlich.

Umweltbezogenes Management und Stoffkreislaufbewertung

Umweltbewusstsein ist heute Teil des Managementsystems eines Unternehmens. Dafür werden umweltberücksichtigende Entwicklungsstrategien entwickelt, sowohl für die Mitarbeiter als auch das Management, um sicher zu gehen, dass in der Firma hergestellte Produkte und die dafür genutzten Produktionsprozesse umweltfreundlich sind.

Die Bezeichnung „*Kreislaubbewertung*“ beschreibt die systematische, quantitative Analyse der Umwelteinwirkung eines Produktes während seiner Lebensdauer in Form einer ökologischen Bilanzierung.

Auswirkungen auf die Umwelt beziehen sich in diesem Zusammenhang sowohl auf die Nutzungsweise der Ressourcen, als auch auf die Luftverunreinigung durch ein Produkt während seines Bestehens. Anhand der Ergebnisse der Analyse ist es möglich die Einwirkungen auf die Umwelt zu reduzieren und Produkte zu vergleichen.

Die Stoffkreislaufbewertung ist zu einer akzeptierten Methode für die Beurteilung der quantitativen Ökobilanz von nachhaltigen Baustoffen und Bauteilen geworden. Gegenwärtig gibt es in Europa die folgenden Standards für die Durchführung einer Stoffkreislaufbewertung:

- DIN EN ISO 14040:2009-11: Umweltbezogenes Management – Bewertung des Lebenszyklus – Grundsätze und Rahmen;
- DIN EN ISO 14044:2006-10: Umweltbezogenes Management – Bewertung des Lebenszyklus – Anforderungen und Richtwerte.

Nach DIN EN ISO 14040 besteht die Stoffkreislaufbewertung aus vier zusammenhängenden Phasen, die nicht getrennt voneinander betrachtet werden sollten:

- Bewertungsziel und Umfang,
- Bestandsaufnahme der Stoffkreisläufe,
- Wertung der Auswirkung,
- Auslegung.

Bewertungsziel und Umfang

Für das Bewertungsziel muss die Nutzung und Funktion eines Produktes und dessen Stoffkreislauf vom Rohmaterial bis zur Entsorgung definiert werden. Abb. 1 zeigt einen derartigen Zyklus für den Lehm. Mit Bezug auf Baustoffe und Bauteile werden in dieser Phase verschiedene Material- und Konstruktionsoptionen ausgewählt und festgelegt. Dazu werden zweckmäßige Wirkungskategorien bestimmt (wie z.B. Mengeneinheit eines Baustoffes oder Beispielgebäude als produktspezifische Größe/Abmessung). Die Ergebnisse der Einwirkungsanalyse beziehen sich dann auf diese Kategorien.

Produkteinheiten, die verglichen werden sollen, müssen exakt ihren Funktionen entsprechen. Zum Beispiel Anstrich und Putz sollte in kg/m^2 Fläche verglichen werden und Dämmmaterial als m^3 für den benötigten Zahlenwert $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Zu Beginn sind die Systemgrenzen festzulegen indem entschieden wird, welche Indikatoren in die Analyse einbezogen werden und welche nicht. "From cradle to factory gate" und "from cradle to grave" sind typische Beispiele solcher Systemgrenzen. Die Auswahl dieser Indikatoren kann das Ergebnis der Lebenszyklusbetrachtungen beeinflussen.

Lebenszyklusanalyse

Während der Lebenszyklusanalyse (LCA) werden die zuvor definierten Material- und Konstruktionsvarianten innerhalb der festgesetzten Systemgrenzen bezüglich ihres Material- und Energieflusses betrachtet. Die LCA enthält Informationen zu allen relevanten Zusammenfassungen an Baumaterialien und Energie, die Art und Qualität der Emissionen und schädlicher Stoffe sowie, falls erfassbar, alle Mengen an Abfall, die innerhalb der gesamten Lebenszeit der Materialien und Gebäude entstehen. Diese Ausgangsinformationen müssen vom Hersteller eingeholt werden. Die ermittelten Materialmengen haben Einfluss auf ihren Umwelteinfluss während der Bewertungsphase. Die LCA selbst beinhaltet keine Auswertung. Das Sammeln der erforderlichen Daten kann sehr zeitaufwändig sein, solange keine bestehenden Datenbanken genutzt werden können.

Einflussbewertung

In dieser Phase wird der zuvor in der LCA ermittelte Material- und der Energiefluss auf seinen Umwelteinfluss gemäß selektierter Indikatoren und definierter Systemgrenzen bewertet. Die Ursachen werden den Folgen gegenübergestellt. Derzeit gibt es eine Reihe von Computerprogrammen mit Datensätzen relevanter Werte, die zur Erstellung der Einflussbewertung genutzt werden können. Die Datenanalyse muss nach definierten Standards erfolgen.

Die Programme GaBi (www.gabi-software.com), EcoInvent (www.ecoinvent.ch, ca. 4.500 Datensätze) und WECOBIS (www.wecobis.de des deutschen Bundesumweltministeriums) sind Beispiele üblicherweise genutzter Datenbanken. Letzteres ist seit Januar 2015 erhältlich. Es ist nach den Kriterien der DIN EN 15804 strukturiert und enthält derzeit ca. 1.300 Datensätze, die ebenso Lehmputz, Lehmsteine und Stampflehm umfassen.

Interpretation

Abhängig von der konkreten Situation kann die letzte Interpretation der ermittelten Ergebnisse auf verschiedene Weisen erfolgen, wie z.B.:

- als Vergleich vorgeschlagener Entwurfsvarianten (Vorzugsvariante),
- ökologische Einflussbewertung (Schadensbewertung),
- Einfluss im Verhältnis zur bereits existierenden Umweltverschmutzung.

Heutzutage sind LCA unumgänglich für Umweltschutzentscheidungen, wie z.B. beim Versuch, bindende Regeln für die Werte der Beschränkung der CO₂-Emissionen in relevanten Dokumenten auf internationalem Level festzulegen. Umweltschutzziele können nur erreicht werden, wenn diese als Ziele bzw. Grenzwerte in entsprechenden Normen und Regeln definiert werden. Dies beinhaltet ebenso Produktstandards auf dem Gebiet der Baustoffe. Die "Technischen Merkblätter 02 - 04" [7], [8], [9], die 2011 durch den Dachverband Lehm e.V. (DVL) veröffentlicht wurden, beinhalten ein Verfahren zur Bestimmung des CO₂-Äquivalents auf der Basis der DIN EN ISO 14040. Geeignete Verfahren wurden in die DIN für Lehmsteine und Lehm Mörtel (DIN 18945 - 47) als optionale Tests (Appendix A) eingefügt.

Umweltproduktdeklarationen und

Zertifizierung von Gebäuden

Die LCA nach DIN EN ISO 14040 liefert systematische und standardisierte Daten zur Berechnung der Energieverbräuche und der Umweltbelastung, ebenso wie der Umwelteinflüsse über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes. Zusätzlich dazu umfasst die *Umwelteinwirkung* eines Gebäudes nach den Prinzipien des Nachhaltigen Bauens dessen technische Qualität, funktionale Aspekte, soziokulturelle Kriterien ebenso wie die Lage des Gebäudes, z.B. Verkehrsinfrastruktur. Letztlich sind auch Kosten ein wichtiger Punkt für den Kunden. Diese Aspekte überschreiten jedoch eine "reine" Lebenszyklusanalyse.

Zwei Instrumente wurden zur Bewertung der Umwelteinflüsse eines Bauproduktes entwickelt:

- Umweltschutzlabels / Umweltproduktdeklarationen für *Hersteller* von Bauprodukten,
- Umweltschutzzertifikate für Gebäude von *Besitzern/Kunden*.

Umweltproduktdeklarationen

Derzeit gibt es drei Kategorien an Umweltschutzlabels für Hersteller von Bauprodukten:

- **Type I Umweltschutzbezeichnung** nach DIN EN ISO 14024 besteht aus Symbolen oder Logos welche durch unabhängige Institute für eine gute Umweltschutzwirkung ausgezeichnet wurden. Die Öko-Label "Blauer Engel" und "natureplus" sind typische Beispiele hierfür. Verschiedene Lehm Bauprodukte tragen letzteres [10].
- **Type II Umweltschutzbezeichnung** nach DIN EN ISO 14021 besteht aus Umweltschutzdeklarationen durch die Hersteller selbst. Dies bedeutet, dass die Hersteller für ihre eigene Deklaration verantwortlich sind, die sie von unabhängigen Instituten bestätigen lassen müssen.

Tabelle 1 Bewertungsdigramm für UPD
Lebenszyklusphasen nach DIN EN 15804

PRODUKTIONSPHASE	
A1	Rohstoffgewinnung
A2	Transport
A3	Herstellung von Baustoffen / Bauteilflächen
ERRICHTUNGSPHASE	
A4	Transport
A5	Errichtung / Montage
NUTZUNGSPHASE	
B1	Produktnutzung
B2	Instandhaltung
B3	Reparatur
B4	Austausch
B5	Modernisierung
B6	Energienutzung
B7	Wassernutzung
ENTSORGUNGSPHASE	
C1	Rückbau / Abriss
C2	Transport
C3	Abfallbehandlung
C4	Beseitigung
VORTEILE UND BELASTUNGEN	
D	Wiederverwendung, Recycling, Möglichkeit der Rückgewinnung

- **Type III Umweltschutzbezeichnung** nach DIN EN ISO 14025 besteht aus freiwilligen Standards, Angaben oder Garantien für Bauprodukte. Sie werden von Herstellern, Organisationen und Qualitätssicherungsverbänden herausgegeben, um die „Umweltverträglichkeit“ von Gebäuden in Form von Zertifikaten unabhängiger Institute zu etablieren. Dieser Typ der Bezeichnung ist als *Umweltproduktdeklaration (UPD)* bekannt.

Folgende Normen bestehen derzeit für die Entwicklung von UPD für Bauprodukte:

- DIN EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte,
- DIN EN 15942 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Geschäftliche Kommunikationsformate,
- DIN EN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren,
- ISO 21930 Nachhaltiges Bauen – Umweltdeklaration von Bauprodukten.

UPD sind zu Instrumenten für die Auswahl von Produkten im Bezug zur Umwelt geworden. Sie stimulieren zur Nutzung umweltfreundlicher Produkte im Wettbewerb und helfen die Sicherheit und die Gesundheit des Konsumenten zu schützen, indem sie unsichere Produkte vom Markt zurückhalten.

Lehmbaumstoffe sind von Natur aus umweltfreundlich, da sie keine Gesundheitsrisiken darstellen und im Vergleich zu anderen Baumaterialien einen geringen Primärenergieverbrauch PEI besitzen. Derzeit bieten die Hersteller mineralischer Baustoffe mit höheren PEI zertifizierte UPD nach DIN ISO EN 14025 für Baustoffe die Kalk, Gips und Zement beinhalten gemäß der Bedingungen ihrer Industrieverbände an. Bei der Bemessung der Treibhausgasemissionen, durch die Beschreibung des CO₂-Äquivalents (GWP), nutzen die Hersteller den Vorteil von Austausch-Prozessen, wie z.B. den „Verbrauch“ von CO₂ während der Karbonatisierung des Kalkes oder die „Energierückgewinnung“ durch Abfallverbrennung anstelle von fossilen Brennstoffen. Auf diese Weise können Hersteller die „Nachhaltigkeits-Lücke“ zwischen ihren konventionellen Baustoffen und Lehmbaumstoffen scheinbar verringern. Dies zeigt wie UPD immer stärker zum Wettbewerbsinstrument auf dem Baustoffmarkt werden.

Nun gibt es auch LCA für industriell hergestellte, erdfeuchte Lehmmörtel, welche bezüglich ihres Herstellungsprozesses (vom Rohstoff bis zur Auslieferung) einen Energieverbrauchswert haben, der 5 bis 10 mal niedriger ist als der von Baustoffen aus Kalk und Gips [11].

Gebäudezertifizierung

Heutzutage müssen Hausbesitzer über die umweltbezogene Qualität ihre Gebäude während der Nutzungsphase bezüglich des Energieverbrauchs berichten. Die Energieeinsparverordnung EnEV 2014 [12] zwingt Besitzer zur Erstellung und Veröffentlichung eines *Energiepasses* für jeden potenziellen Mieter oder Käufer.

Der Energieverbrauch repräsentiert aber nur einen Teilaspekt der umweltbezogenen Qualität eines Gebäudes. Derzeit können folgende Normen zur umfassenden qualitativen Bewertung der Umweltschutzbilanz von Gebäuden herangezogen werden:

- DIN EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode,
- DIN EN 16309 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode,
- DIN EN 16627 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der ökonomischen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode.

Diese Normen nutzen das UPD Bewertungsdiagramm nach DIN EN 15804 (Tab. 1).

Eine Reihe von Organisationen und Verbänden haben Zertifizierungssysteme der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden entwickelt, die auf Kriterienkatalogen basieren, welche umfangreicher sind als jene in der DIN EN 15804. Ein Beispiel ist die Zertifizierung von Gebäuden die von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) entwickelt wurde [13]. Dieses System nutzt einen Kernkatalog von sechs Qualitätskategorien mit zusätzlich gewichteten Teilkriterien: Ökologie, Ökonomie, Sozio-kulturelle und funktionale Aspekte, technische Kriterien (jeweils mit 22% gewichtet) sowie Prozessqualität (mit 10% der Gesamtbewertung). Die Kategorie Standortqualität ist indirekt in der Gesamtbewertung integriert. Für die Erfüllungsgrade der einzelnen Qualitätskriterien geben unabhängige Auditoren gesammelte Punkte die zu den Qualitätssiegeln „Bronze“, „Silber“ und „Gold“ führen.

Die Deutsche Regierung hat beschlossen, dass zukünftige Bundesbauten zwingend die Prinzipien des Nachhaltigen Bauens mit dem Bewertungssystem „Nachhaltiges Bauen für Bundesbauten“ (BNB) erfüllen müssen, welche das Bundesministerium für Transport, Bauen und Stadtentwicklung veröffentlicht hat [14] [1]. Bundesbauten sollen somit als Vorbilder dienen.

Zusammenfassung

Bis jetzt existieren keine UPD für Lehmbaumstoffe. Hersteller industriell gefertigter Lehmbaumstoffe müssen den Fakt erkennen, dass die derzeit gegebene umweltbezogene Wertschätzung von Lehmbaumstoffen in der Zukunft nicht bestehen bleiben wird. Um auf dem wachsenden, zunehmend konkurrierenden Markt erfolgreich bleiben zu können, müssen geeignete UPD für Lehmbaumstoffe erstellt werden. Der Dachverband Lehm e.V. (DVL) hat daher ein Projekt zur Entwicklung von UPD für Lehmmörtel und Lehmsteine gestartet.

Referenzen

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2011). *Leitfaden Nachhaltiges Bauen*. Berlin: BMVBS.
- [2] Thomson, A.; Maskell, D.; Walker, P.; Lemke, M.; Shea, A., and Lawrence, M. (2015). *Improving the hygrothermal properties of clay plasters*. NOCMAT paper; Winnipeg
- [3] Europäisches Parlament; Rat der Europäischen Union (2011). *Verordnung Nr. 305/2011 vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates*. Brüssel: Amtsblatt der Europäischen Union L 88/5 v. 04.04.2011.
- [4] Glücklich, D. (Hrsg.) (2005). *Ökologisches Bauen – von Grundlagen zu Gesamtkonzepten*. Deutsche Verlags-Anstalt, München.
- [5] Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.) (2004). *Lehmbau Verbraucherinformation*. Weimar: Dachverband Lehm e.V.
- [6] Schroeder, H. (2016). *Sustainable Building with Earth*. Springer International Publishing, Cham Heidelberg New York London.
- [7] Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.) (2011). *Lehmsteine – Begriffe, Baustoffe, Anforderungen, Prüfverfahren*. Technische Merkblätter Lehm bau, TM 02, Dachverband Lehm e.V., Weimar.
- [8] Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.) (2011). *Lehm-Mauermörtel – Begriffe, Baustoffe, Anforderungen, Prüfverfahren*. Technische Merkblätter Lehm bau, TM 03, Dachverband Lehm e.V., Weimar.
- [9] Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.) (2011). *Lehm-Putzmörtel – Begriffe, Baustoffe, Anforderungen, Prüfverfahren*. Technische Merkblätter Lehm bau, TM 04, Dachverband Lehm e.V., Weimar.
- [10] natureplus e.V. (Hrsg.). *Richtlinien zur Vergabe des Qualitätszeichens „natureplus“*.
RL 0607 Lehmanstriche und Lehm dünnlagenbeschichtungen (September 2010)
RL 0803 Lehmputzmörtel (September 2010)
RL 0804 Stabilisierte Lehmputzmörtel (proposed)
RL 1006 Lehm bauplatten (September 2010)
RL 1101 Lehmsteine (proposed)
RL 0000 Basiskriterien (May 2011)
Neckargemünd: 2010
- [11] Lemke, M. (2012). *Nachhaltigkeit von Lehmbaumstoffen – Umweltproduktdeklarationen als Wettbewerbsinstrument*. In: LEHM 2012 Weimar, Beiträge zur 6. Int. Fachtagung für Lehm bau, pp. 220-229, Dachverband Lehm e.V., Weimar.
- [12] *Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009)* v. 18.11.2013.
Bundesgesetzblatt I, Nr. 61, Berlin 2013.
- [13] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Hrsg.) (2012). *Ausgezeichnet. Nachhaltig bauen mit System*. DGNB Systembroschüre. Stuttgart.
- [14] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2010). *Bekanntmachung über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen*. Bundesanzeiger Nr. 70, p. 1642 v. 07. Mai 2010.

www.eco-see.eu – Safe and Energy Efficient wall panels and materials for a healthier indoor environment, funded by the EU's 7th Framework Programme under grant agreement no. 609234.

www.h-house-project.eu – 'Healthier Life with Eco-innovative Components for Housing Constructions', funded by the EU's 7th Framework Programme under grant agreement no. 608893.

www.isobioproject.eu – Development and Demonstration of Highly Insulating, Construction Materials from Bio-derived Aggregates, This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement N° 636835.