

Erdbebungung

Lehm als klima- und ressourcenschonender Baustoff

| | | | |
|---------------------------------|---|------------------------|------------|
| Programm / Ausschreibung | Energie- u. Umwelttechnologien, Energie- u. Umwelttechnologien, Kreislaufwirtschaft - Energie- und Umwelttechnologie Ausschreibung 2022 | Status | laufend |
| Projektstart | 02.01.2023 | Projektende | 01.01.2026 |
| Zeitraum | 2023 - 2026 | Projektlaufzeit | 37 Monate |
| Keywords | Regionale Baustoffe; Umweltwirkung; Graue Energie; Vorfertigung; Aus- und Weiterbildung | | |

Projektbeschreibung

Der Gebäudesektor trägt wesentlich zu Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen bei. Was den Energiebedarf in der Nutzungsphase betrifft, wurde die Performance unserer Gebäude in den letzten Jahrzehnten erheblich verbessert. Die Nachhaltigkeit im Gebäudebereich endet jedoch nicht bei der Energieeffizienz von Gebäudesystemen, da bei dieser Betrachtungsweise die große Menge an Grauer Energie unberücksichtigt bleibt, die zur Gewinnung, Herstellung und Entsorgung der dafür benötigten Materialressourcen beansprucht wird.

Der massive Einsatz von nur mittels downcycling wiederverwendbarer bzw. von zu deponierenden Materialien der letzten Jahrzehnte stellt den Bausektor vor große Herausforderungen und Belastungen. Urban Mining, Building Stock-Erhebungen und Vorgaben zu Rückbaubarkeit von Gebäuden sind Maßnahmen, verbautes Material im Kreislauf zu halten und damit Ressourcen und Energie zu sparen.

Kaum ein Baumaterial eignet sich so gut für die Kreislaufführung wie Lehm. Er ist fast überall vorhanden, bedarf keiner gesundheitsbeeinträchtigenden Zusatzstoffe und ist bedenkenlos in den Naturkreislauf rückführbar. Das Material ist vor Ort verfügbar, vor Ort verwertbar und vor Ort entsorgbar. Lehm kann mit geringem Energieeinsatz aufbereitet werden und ist damit ohne Qualitätsverlust mehrfach wiederverwendbar. Lehm fällt vor allem bei großvolumigen Bauvorhaben als Aushub an, kann unterschiedliche Bauaufgaben übernehmen und fungiert in diversen Bereichen als Ersatz CO₂-intensiver Materialien, beispielsweise bei Verputz, Estrich, aber auch bei wandbildenden Materialien wie Ziegel oder Stahlbeton. Das ist vor allem hinsichtlich der beträchtlichen CO₂-Emissionen, die durch das Brennen von Zement entstehen, von Relevanz.

Ziel des Projektes ist die Ausweitung der Lehmanwendung im Baubereich. Erreicht werden soll dieses Ziel durch unterschiedliche Herangehensweisen. Ein wesentlicher Hinderungsgrund für den Einsatz von Lehm ist die unsichere rechtliche Lage beim dessen Anwendung. Neben einer Recherche zu vorhandenen regulatorischen Rahmenbedingungen und deren Anwendbarkeit in Österreich soll die Schaffung einer besseren Rechtssicherheit beim Einsatz von Lehmbaustoffen erwirkt werden. Durch Schaffung einer Drehscheibe für als Baustoff nutzbares Aushubmaterial soll eine Vernetzung zwischen Aushub- und Baufirmen geschaffen werden. Die Entwicklung eines Bausystems aus Holz, nachwachsenden Dämmstoffen und

Lehm für die Fertigteilbauweise für den mehrgeschossigen Wohnbau kann die ökologische Bauweise vereinfachen und Bauvorhaben beschleunigen. Durch Entwicklung einer Methode zur Beurteilung der Umweltwirkungen regional, in Kleinstmengen produzierter und distribuerter Bauprodukte wird durch Einbeziehung von Aspekten, die bislang nicht in die Bewertung einfließen, die Umweltwirkung besser dargestellt. Der Ausbau vorhandener Aus-/Weiterbildungsmaßnahmen im akademischen Bereich sowie die Schaffung einer anerkannten Ausbildung für Handwerker:innen soll ein möglichst breites Angebot an Schulungsinitiativen im Lehmbau geschaffen werden.

Der erhöhte Einsatz von Lehm führt systembedingt zu einer Erhöhung der Anwendung biobasierter Baumaterialien wie Stroh, Hanf oder Schafwolle. Dadurch kommen regional verfügbare und produzierte, teils CO₂-speichernde Dämmstoffe zum Einsatz, konventionelle Baumaterialien werden weitestgehend durch klimaneutrale, kreislauffähige Materialien substituiert.

Abstract

The building sector contributes significantly to resource consumption and greenhouse gas emissions. In terms of energy demand in the use phase, the performance of our buildings has been significantly improved over the last decades. However, sustainability in the building sector does not end with the energy efficiency of building systems, as this approach does not take into account the large amount of grey energy used to extract, produce and dispose the material resources required for construction.

The massive use of materials that can only be reused by means of downcycling or materials that have to be landfilled in recent decades poses major challenges and burdens for the building sector. Urban mining, building stock surveys and specifications for dismantling of buildings are measures to keep used material in cycle and thus save resources and energy. Hardly any building material is as suitable for recycling as clay. It is available almost everywhere, does not require any additives that could be harmful to health and can be returned to the natural cycle without hesitation. The material is available locally, can be used locally and disposed locally. Clay can be processed with little energy input and can therefore be reused several times without loss of quality. Clay accumulates as excavated material especially in large-volume construction projects, can take on various construction tasks and functions as a substitute for CO₂-intensive materials in various areas, for example in plaster, screed, but also in wall-forming materials such as bricks or reinforced concrete. This is particularly relevant with regard to the considerable CO₂ emissions that result from the burning of cement.

The aim of the project is to expand the use of clay in the building sector. This goal is to be achieved through different approaches. A major obstacle to the use of clay is the uncertain legal situation regarding its application. In addition to researching the existing regulatory framework and its applicability in Austria, the aim is to create better legal certainty in the use of earthen building materials. By creating a hub for excavated material that can be used as a building material, a network between excavation and construction companies is to be established. The development of a building system made of wood, renewable insulating materials and clay for prefabricated construction for multi-storey residential buildings can simplify ecological construction and accelerate building projects. By developing a method for assessing the environmental impact of regionally produced and distributed building products in very small quantities, the environmental impact can be better represented by including aspects that have not yet been included in the assessment. The expansion of existing education/training measures in the academic sector as well as the creation of a validated training for craftsmen should create the widest possible range of training initiatives in earthen building.

The increased use of earth leads to an increase in the use of bio-based building materials such as straw, hemp or sheep's wool. As a result, regionally available and produced, partly CO₂-absorbing insulation materials are used, and conventional building materials are largely substituted by climate-neutral, recyclable materials.

Endberichtkurzfassung

Ausgangssituation und Zielsetzung

Der Bausektor steht vor einer massiven Herausforderung: Er ist weltweit für 30 % des Energieverbrauchs und 40 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Angesichts der zunehmenden Rohstoffknappheit, anhaltender Lieferengpässe und des stark gestiegenen Ressourcenverbrauchs im vergangenen Jahrhundert ist ein grundlegendes Umdenken in Richtung Kreislaufwirtschaft erforderlich. Aktuell stellen Aushubmaterialien in Österreich mit jährlich rund 40 Millionen Tonnen – das entspricht knapp 60 % des Gesamtabfallaufkommens - den weitaus größten Massenstrom an Abfällen dar. Davon wurden allein im Jahr 2023 etwa 21 Millionen Tonnen deponiert, anstatt sie einer stofflichen Verwertung zuzuführen.

Obwohl Lehm als Baustoff seit Jahrtausenden bewährt ist, findet er im modernen urbanen Bereich bzw. in großvolumigen Bauvorhaben derzeit kaum Anwendung. Wesentliche Hindernisse sind die rechtliche Unsicherheit, mangelnde Erfahrung mit dem Material – insbesondere bezüglich des direkt auf der Baustelle gewonnenen Ortlehms – sowie fehlende normative Vorgaben, die Planer:innen und Anwender:innen vor große Herausforderungen stellen. Zudem verfügen zwar industrielle Hersteller:innen über die notwendigen Daten für ökologische Deklarationen, doch für kleine, regionale Produzent:innen sind die Kosten und Aufwände für solche Nachweise oft zu hoch, da bestehende Regelwerke auf die internationale Großindustrie zugeschnitten sind. Auch ist das Wissen über den Lehmbau im Laufe der Zeit durch die vermehrte Anwendung industrieller Baustoffe weitgehend verloren gegangen und in aktuellen Lehrplänen technischer Schulen nur marginal vertreten.

Zentrale Zielsetzung war daher, Grundlagen zu schaffen, die dabei unterstützen, den Baustoff Lehm von einem Nischenprodukt zu einem standardisierten, großvolumig einsetzbaren Baustoff für den urbanen Raum zu transformieren, um CO₂-intensive Materialien zu substituieren und die Bauwirtschaft resilienter gegenüber globalen Krisen zu gestalten. Im Rahmen der Arbeit standen folgende Aspekte im Fokus:

Überprüfung und Anpassung bautechnischer Vorgaben zur Erleichterung der Anwendung von LehmBaustoffen

Untersuchung der Voraussetzungen für die Nutzung von Aushubmaterial zur Herstellung von LehmBaustoffen und die Reduktion der Deponierung

Erarbeitung wissenschaftlich fundierter ökologischer Bewertungsverfahren für regionale Baustoffe

Entwicklung eines kreislauffähigen Fertigbausystems aus regionalen Materialien (Holz, Lehm, nachwachsende Dämmstoffe) für den mehrgeschossigen Wohnbau

Etablierung zertifizierter Aus- und Weiterbildungen vom Handwerk bis zur Universität

Die methodische Vorgehensweise stützte sich auf die Expertise eines multidisziplinären Konsortiums, das von bauphysikalischen Messungen und werkstofflicher Grundlagenforschung bis hin zur praktischen Umsetzung reichte. Durch Interviews und Stakeholder-Workshops wurden Impulse aus der Industrie und Architektur in das Projekt geholt.

Regulatorische Rahmenbedingungen

Zunächst erfolgte eine detaillierte Überprüfung fachrelevanter Baunormen auf ihre Anwendbarkeit für den LehmBau, um

bestehende Lücken in den normativen Vorgaben für Lehmbaustoffe zu schließen. Die methodische Vorgehensweise stützte sich primär auf strukturierte Interviews und Befragungen von Expert:innen aus Organisationen wie Austrian Standards sowie Behörden, um die rechtlichen Rahmenbedingungen und Hemmschwellen für Planer:innen zu erfassen. Parallel dazu wurde eine tiefgehende Literaturrecherche durchgeführt, die eine detaillierte Aufstellung weltweit gültiger Lehmbauregelwerke umfasste. Ein Kernpunkt der Methodik war die systematische Evaluierung fachverwandter geotechnischer Baunormen, insbesondere der ÖNORM EN ISO 17892-Reihe für Laboruntersuchungen und der ÖNORM EN ISO 14688 für die Bodenklassifikation, um deren Eignung für die Charakterisierung von Baulehm zu bestimmen. Es wurden daraufhin umfangreiche Testreihen an Baulehmen unterschiedlicher Herkunft durchgeführt, die sowohl natürlichen Aushub als auch industriell aufbereitete Lehme umfassten. Diese Proben wurden nach den zuvor identifizierten geotechnischen Normen auf ihre physikalischen Eigenschaften wie Korngrößenverteilung, Plastizität und Festigkeit geprüft, um eine wissenschaftliche Basis für die Ablösung subjektiver Handtests zu schaffen.

Die Ergebnisse zeigen, dass deutsche DIN-Normen für Lehmbaustoffe in der österreichischen Behördenpraxis bereits als Stand der Technik akzeptiert werden, was deren unmittelbare Anwendung in bautechnischen Einreichungen ermöglicht. Bei Standards aus Übersee, etwa aus Neuseeland für den Stampflehm, ist hingegen eine Bestätigung durch Planende erforderlich, dass das geforderte Schutzniveau, insbesondere im Hinblick auf das europäische Sicherheitskonzept der Eurocodes, eingehalten wird. Eine zentrale technologische Erkenntnis war die Bestätigung einer signifikanten Korrelation zwischen der laborbasierten Plastizitätszahl und der herkömmlichen Bindekraft. Diese Feststellung erlaubt es, den fehleranfälligen Bindekraftversuch nach den Lehm-Regeln durch objektive, genormte Prüfverfahren zu ersetzen, die bereits Standard in geotechnischen Gutachten sind. Zudem belegen die Daten, dass die Ausrollgrenze nahezu dem optimalen Wassergehalt bei Normsteife entspricht, was die Aufbereitung von Aushubmaterial erheblich präzisiert. Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist die Feststellung eines stabilen linearen Verhältnisses zwischen Biegezug- und Druckfestigkeit bei Lehmbaustoffen, wobei die Druckfestigkeit im Durchschnitt dem Dreifachen der Biegezugfestigkeit entspricht.

Durch die Anwendung bestehender fachverwandter Prüfnormen kann eine gezielte und detaillierte Klassifizierung von Baulehm erreicht werden, die eine hohe Vergleichbarkeit und bautechnische Sicherheit für den Einsatz von Sekundärrohstoffen garantiert.

Nutzung von Aushub zur Herstellung von Lehmbaustoffen

Die entwickelte Prüfstrategie auf Basis bereits normierter Prüfverfahren stellt einen zentralen Baustein für die stoffliche Nutzung von Bodenaushub bei der Herstellung von Lehmbaustoffen dar. Ziel dieser Strategie ist es, den Prüfaufwand möglichst gering zu halten und die beteiligten Akteur:innen entlang der gesamten Prozesskette bei einer effizienten Verwertung des Materials zu unterstützen. Zur Ermittlung des Potenzials sowie der Umsetzungsbereitschaft der Unternehmen wurden sowohl qualitative als auch quantitative Erhebungen durchgeführt. Dadurch konnten relevante Erkenntnisse zu den Anforderungen und Rahmenbedingungen entlang der Prozesskette vom Aushub bis zum Einbau gewonnen werden.

Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchung ist die mögliche Integration von Bodenaushub in die bestehende Recycling-Börse-Bau des BRV. Um den administrativen Aufwand für die Unternehmen möglichst gering zu halten, soll die Eingabemaske eine Übernahme bereits vorhandener Informationen aus Bodengutachten oder EDM-Abfalldaten ermöglichen.

Für die Vermittlung von Material sind insbesondere die Parameter Menge, Güteklasse, Korngröße, Plastizität sowie die Qualitätsklasse gemäß Bundes-Abfallwirtschaftsplan relevant. Auf diese Weise kann eine standardisierte und zugleich praxisnahe Zuordnung von Angebot und Nachfrage erfolgen.

Darüber hinaus wurden verschiedene Aufbereitungsverfahren für geeignetes Aushubmaterial recherchiert. Dabei zeigte sich, dass bereits etablierte Verfahren und Geräte aus der konventionellen Bauwirtschaft grundsätzlich auch für diesen Anwendungsbereich einsetzbar sind. Besonders vorteilhaft ist die unmittelbare Vor-Ort-Verarbeitung von Aushub im Rahmen sogenannter Feldfabriken. Diese Form der Nutzung erweist sich insbesondere bei großmaßstäblichen Stadtentwicklungsprojekten als ökologisch und ökonomisch vorteilhaft, da bestehende Baustelleninfrastrukturen genutzt und Transportaufwendungen deutlich reduziert werden können. Bei kleineren Projekten erscheint hingegen die Weiterleitung des Materials an Aufbereitungsunternehmen oder Aushubdeponien zweckmäßiger. Dazu bildet die digitale Integration in die RBB die logistische Voraussetzung, um Angebot und Nachfrage regional zu vernetzen und Bodenaushub systematisch als Sekundärrohstoff für den urbanen Geschossbau zu etablieren.

Ökologische Bewertung

Die derzeitigen Regelwerke zur ökologischen Bewertung bilden die spezifischen Eigenschaften von Baustoffen wie Lehm, Stroh oder anderen biogene Materialien nur unzureichend ab. Insbesondere geringe Herstellungsaufwände, kurze Transportwege sowie die positiven Effekte regionaler Stoffkreisläufe werden in den bestehenden Bewertungsansätzen systematisch nur teilweise erfasst. Vor diesem Hintergrund erscheint die konsequente Anwendung einer dynamischen Lebenszyklusanalyse als sachgerechter, da sie im Unterschied zu statischen Verfahren nicht nur die Höhe, sondern auch den Zeitpunkt von Emissionen sowie deren Abbauverhalten in der Atmosphäre berücksichtigt. Dadurch lassen sich die vergleichsweise geringen Anfangsemissionen von Lehm und Stroh gegenüber emissionsintensiven konventionellen Baustoffen wie Beton oder Ziegeln differenzierter und methodisch belastbarer darstellen.

Für die Produktionsphase A1-A3 zeigt sich, dass biogene Dämmstoffe wie Stroh oder Hanf aufgrund ihrer Kohlenstoffspeicherung negative Treibhauspotenzialwerte aufweisen können, während Lehmstoffe vor allem durch ihren sehr geringen Energieeinsatz beeindrucken. Bei Dämmstoffen wird zugleich deutlich, dass ein sachgerechter Vergleich nur auf Grundlage einer funktionalen Bezugsgröße, insbesondere des Wärmedurchgangswiderstands beziehungsweise R-Werts, erfolgen kann. Unter dieser Voraussetzung erweist sich insbesondere Stroheinblasdämmung als vorteilhaft, da sie bezogen auf die Funktionseinheit nicht nur gute dämmtechnische Eigenschaften aufweist, sondern zugleich erhebliche Mengen biogenen Kohlenstoffs speichert.

Für holzbasierte Produkte wurden ergänzend Waldentwicklungsszenarien mithilfe des Modells PICUS simuliert, um die Speicherleistung von Wirtschaftswäldern genauer zu quantifizieren. Darüber hinaus wurden unterschiedliche (soziale) Nachhaltigkeitsbewertungsansätze als ergänzender Bewertungsansatz untersucht, die soziale Dimensionen wie regionale Beschäftigung, Wertschöpfung und Resilienz in eine umfassendere Nachhaltigkeitsbewertung einbeziehen.

Die bestehenden Normen erweisen sich insgesamt als nur eingeschränkt geeignet für regionale Materialien, da sie industriell geprägte Massenprodukte begünstigen und lokale Kreislaufvorteile unzureichend berücksichtigen. Auch die statische Bilanzierung biogenen Kohlenstoffs am Lebensende als pauschale Emission bildet Wiederverwendung oder stoffliche

Weiterverwertung nicht angemessen ab. Künftig gewinnen daher Szenarien wie Pyrolyse oder Bioenergy Carbon Capture and Storage an Bedeutung, um biogene Stoffe als dauerhafte Kohlenstoffspeicher zu etablieren. Lehm besitzt dabei den zusätzlichen Vorteil, ohne chemische Veränderung und ohne zusätzliche Emissionen wieder in den Boden eingebracht werden zu können.

Holz-Lehmverbundbauweise

Ziel war es, die Praxistauglichkeit von Holz-Lehmverbund-Bauteilen (HLV®-Bauteilen) für den großvolumigen Geschossbau zu untersuchen. Das Projekt konzentrierte sich auf ein System aus Außen- und Innenwänden, Holz-Lehmestrichen, Schüttungen sowie Hanf-Lehmdichtschlämmen. Die HLV®-Technik nutzt einen mechanischen Verbund, der eine sortenreine Trennung und vollständige Kreislauffähigkeit der Materialien ermöglicht. Ein wesentlicher bautechnischer Vorteil ist, dass dicke Lehmschichten das Holz umschließen und es so dauerhaft schützen. Für die Herstellung wurden spezifische Lehmrezepturen mit Tonanteilen zwischen 25 und 50 % als ideal identifiziert. Während Außenwände auf thermische Optimierung zielten, wurden Innenwände als entkoppelte Systeme konzipiert, um die strengen Schall- und Brandschutzvorgaben für Wohnungstrennwände zu erfüllen.

Die Validierung der Systeme erfolgte durch den Bau eines 1:1 Mock-Ups. Ein entscheidendes Ergebnis war, dass die Produktion mit dem vorhandenen Gerätepark herkömmlicher Holzbau- oder Baubetriebe ohne teure Spezialmaschinen möglich ist. Die Nutzung lokaler Ressourcen reduziert Transportwege und fördert eine schadstofffreie, klimaregulierende Wohnqualität. Bei den Deckenaufbauten wurde eine verdübelte Brettstapeldecke gewählt, die in Kombination mit Holz-Lehmschüttungen sehr gute Ergebnisse für die Trittschalldämmung lieferte.

Die Geschosstauglichkeit der Komponenten wurde bestätigt, während der Rückbau des Mock-Ups die vollständige Kreislauffähigkeit unter Beweis stellte. Damit steht ein marktfähiges Bausystem bereit, das ab der Fundamentoberkante konsequent auf lokale, CO₂-neutrale Ressourcen setzt und eine signifikante Reduktion des ökologischen Fußabdrucks im Gebäudebereich ermöglicht.

Aus- und Weiterbildung

Die wachsende Nachfrage nach ressourcen- und klimaschonenden Bauweisen lässt einen zunehmenden Bedarf an qualifizierten Fachkräften in diesem Bereich erwarten. Die bautechnische Ausbildung ist jedoch bislang stark auf konventionelle Materialien ausgerichtet. Vor diesem Hintergrund entwickelte das Projektteam gezielte Maßnahmen, um den Baustoff Lehm verstärkt in die akademische, schulische und handwerkliche Ausbildung zu integrieren. Langfristig verfolgt das Vorhaben das Ziel, die Vermittlung von Lehmbauwissen durch curricular verankerte Inhalte sowie durch die Entwicklung professioneller Lehr- und Lernunterlagen für Fachschulen und Hochschulen nachhaltig zu sichern.

Im Rahmen des Projektes wurde ein „Grundkurs Lehmbau“ ausgearbeitet. Dieser umfasst 115 Lehreinheiten und ist als hybrider Zertifikatslehrgang konzipiert, um eine maximale zeitliche und örtliche Flexibilität für die Teilnehmenden zu gewährleisten. Der Kurs kombiniert theoretisches Selbststudium mittels zehn Videovorträge und eines begleitenden Kurslehrbuchs mit praktischen Workshops. Für die Lehrmaterialien konnte eine Lizenzvereinbarung mit dem deutschen Dachverband Lehm abgeschlossen werden, was eine hohe fachliche Qualität und internationale Anschlussfähigkeit

garantiert. Der Kurs richtet sich an Handwerker:innen, Architekt:innen und Baumeister:innen, steht jedoch grundsätzlich allen Interessierten auch ohne spezifisches Vorwissen offen.

Fazit

Lehm stellt aufgrund seiner Kreislauffähigkeit und ökologischen sowie gesundheitlichen Unbedenklichkeit einen zentralen Baustein für zukunftsfähige, zirkuläre Städte dar. Der großvolumige Einsatz von Lehmbaumaterialien ist essenziell, da diese im Vergleich zu CO₂-intensiven Baumaterialien nur einen Bruchteil der Herstellungsenergie benötigen und keine Prozessemissionen verursachen. Durch die stoffliche Verwertung der jährlich rund 40 Millionen Tonnen Bodenaushub in Österreich kann zudem eine echte Kreislaufwirtschaft etabliert werden, die wertvolle Deponieflächen schont und die Abhängigkeit von globalen Lieferketten verringert. Über die ökologischen Vorteile hinaus reguliert Lehm hervorragend die Raumluftfeuchtigkeit und bietet als schadstofffreier Baustoff eine hohe Wohnqualität.

Damit diese Transformation gelingt, müssen primär regulatorische Hürden abgebaut werden. Für die Baupraxis ist die Schaffung standardisierter Leistungsbeschreibungen erforderlich, um Lehmbaumaterialien in öffentlichen Vergabeverfahren rechtssicher ausschreiben zu können. Parallel dazu muss die logistische Basis durch digitale Plattformen zur Materialvermittlung gestärkt werden. Schließlich ist eine Bildungsoffensive notwendig, um das verlorene Fachwissen systematisch in den Curricula von Fachschulen und Universitäten zu verankern und so die bautechnische Akzeptanz langfristig zu sichern.

Projektkoordinator

- IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

Projektpartner

- Mag. Andreas Breuss MSc.
- Technische Universität Wien
- Camillo Sitte Lehranstalt
- Holzbau Simlinger GmbH
- Hirschmugl KG