

François Streiff<sup>1</sup>, Steve Goodhew<sup>2</sup>, Tom Morton<sup>3</sup>, Mohamed Boutouil<sup>4</sup>, Malo Le Guern<sup>4</sup>, Karim Touati<sup>4</sup>, Raphaël Rattier<sup>5</sup>, Anthony Hudson<sup>6</sup>, Hasna Gualous Louahia<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Pnr des Marais du Cotentin et du Bessin, <sup>2</sup> University of Plymouth, <sup>3</sup> EBUKI, <sup>4</sup> ESITC Caen, <sup>5</sup> Laboratoire ATE-ENSA Normandie, <sup>6</sup> Hudson Architects, <sup>7</sup> LSAC-Unicaen

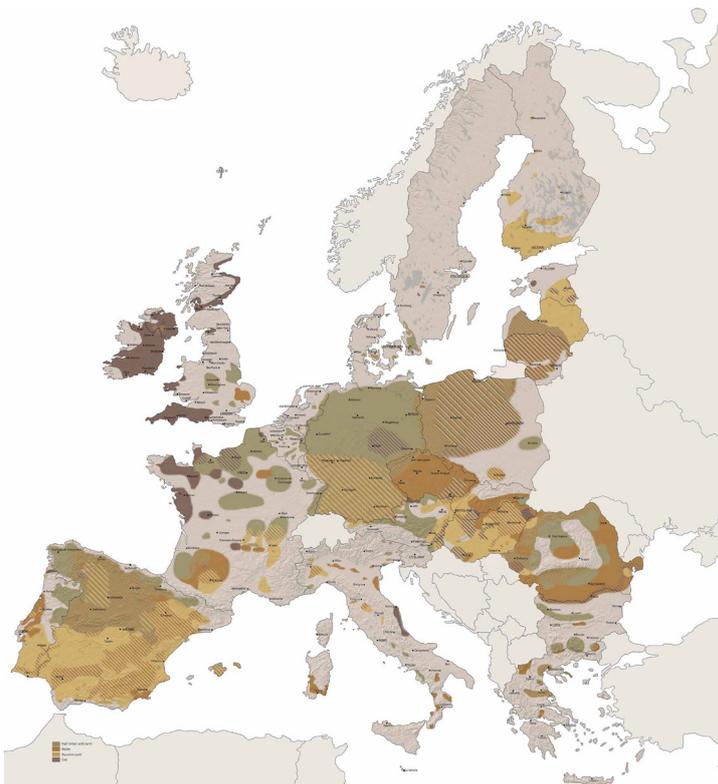
## CobBauge – Eine hybride Wandkonstruktion die das mechanische und thermische Verhalten kombiniert

Wellerlehm ist eine vernakulare Lehmbautechnik, die in Europa, speziell in Nord-West-Frankreich und Süd-West-England (Abb. 1) verbreitet ist. Diese Mischung aus oft schluffig-tonhaltigen Erden und Pflanzenfasern, die im plastischen Zustand unter Zuhilfenahme einfacher Werkzeuge ohne Schalung verarbeitet wird, machte es möglich, dicke lastabtragende Wände für Tausende von Gebäuden zu bauen. Neben den archäologischen Überresten der römischen, gallischen und mittelalterlichen Zeiten ist das meiste des gegenwärtigen Erbes zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert gebaut worden.

Diese Technik ging ebenso wie andere Lehmbauweisen auf Grund der industriellen Baustoffe, die als effi-

zienter galten, verloren. Doch der Wellerlehm erfuhr seit den 1980er Jahren ein erneutes Interesse, vor allem in England. Die Einfachheit der Herstellung, die Schlichtheit der Werkzeuge, die Gestaltungsfreiheit, die sie erlaubt und ihr geringer ökologischer Fußabdruck machte diese Technik sehr beliebt bei Selbstbauern. Eine Reihe von Architekten, Ingenieuren und Handwerkern nahmen sie ebenso auf und erstellten einige bemerkenswerte aktuelle Projekte (Abb. 2 & Abb. 3).

Im Unterschied zu Stampflehm, der aus einem ästhetischen Grund angewendet wird, ist die Verwendung von Wellerlehm in der gegenwärtigen Architektur sehr marginal. Während die Kosten für Wellerlehm grundsätzlich niedriger sind als Stampflehm, der Wel-



01 Karte des Lehmbauerbes in Europa (aus Terra [In]cognita)



02 Wellerhaus in der Normandie bei Les Frères Bon, mit mehrschaligen Wänden aus zwei Lagen abgeschlossenen Wellerlehms und dazwischen liegenden Korkschäben



03 Null-CO<sub>2</sub>-Haus gebaut durch Kevin McCabe in Süd-Devon (UK)

Wellerlehm während der Errichtung weniger wetterempfindlich ist und die Verwendung von Pflanzenfasern Kohlenstoff speichert und somit die Treibhausgasemissionen (GWP) reduziert, scheint er nicht die gleiche Popularität zu genießen und es nicht zu schaffen, die Gestalter zu begeistern.

Wie so oft bei vernakularen Techniken, kämpft auch der Wellerlehm mit den steigenden Anforderungen der Wärmeschutzbestimmungen, die darauf abzielen den Klimawandel zu reduzieren. Traditionell erlaubt sein geringer Wärmewiderstand nicht das erforderliche Verhalten als Bauteil. Für eine 50 cm starke Wellerlehmwand variieren die U-Werte die aus der Lehm-bauliteratur stammen von 2,3 W/m<sup>2</sup>K bis 1,03 W/m<sup>2</sup>K in England (gemäß der Forschung von Rye and Scott, 2012), und zwischen 1,46 W/m<sup>2</sup>K und 1,18 W/m<sup>2</sup>K in Deutschland (Ziegert 2003, Volhard 2016), welche beide weit entfernt sind von den definierten Bereichen der Richtlinien für Frankreich (0,11 W/m<sup>2</sup>K < U<sub>wall</sub> < 0,33 W/m<sup>2</sup>K) und England (UK Building regulations Part L1A: U<sub>wall</sub> < 0,3 W/m<sup>2</sup>K).

Das erklärte Ziel der Partner des CobBauge Projektes – der University of Plymouth, ESITC Caen, University of Caen, Pnr des Marais du Cotentin et du Bessin, EBUKI und Hudson Architects, gefördert durch das INTERREG 5a (FCE) Programm der Europäischen Union – ist daher, eine optimale Mischung zu finden, die es erlaubt, die erforderlichen Kennwerte zu erreichen, bei gleichzeitiger Vereinfachung des Konstruktionsprozesse und einer Verringerung der Baukosten.

#### **Optimierung des Baustoffes und Laboruntersuchungen**

Um das gesteckte Ziel zu erreichen wurde eine Reihe von Rohlehm, die für Nord-West-Frankreich und Süd-West-England typisch sind ausgewählt. Derselben Logik folgte die Auswahl der 6 Arten von Fasern von vier Pflanzen, die in unserer Pflanzenwelt und den gleichen Regionen vorkommen. Flachs und Hanf in Form von Stroh und Schäben, Weizenstroh, das traditionell im Wellerlehm verwendet wird, und Schilfrohr, ein potenzielles Abprodukt der Gewässerbewirtschaftung. Die geotechnischen Eigenschaften

der Rohlehme inklusive der Korngrößenverteilung wurden ermittelt, ebenso der Tongehalt durch Laser Diffraktion. Schließlich wurde auch die Bindekraftprüfung und ein Proctortest durchgeführt. Die Zugfestigkeit und Wasseraufnahmefähigkeit der Fasern wurden ebenso ermittelt.

Parallel dazu nutzten die in das Projekt involvierten Bauleute ihre Erfahrung, um Probekörper der Lehme mit je zwei Wassergehaltsstufen zu erstellen (in den Grenzzuständen steife Plastizität bis zähflüssig). Damit kann man den Einfluss der Fasern auf die Plastizität der Mischung in Abhängigkeit von ihrem Anteil und der Wasseraufnahmefähigkeit bewerten. Jede plastische Probe wurde durch Aufprallen (von 1l Mischung aus einer Höhe von 1 m auf den Boden) bewertet, um die passende Plastizität der Mischung für die Verarbeitung zu Wellerlehm zu bestimmen. Getrocknete Probewürfel wurden auf Druckfestigkeit geprüft (Abb. 4). Mit diesen Werten konnte der Standard-Faser-Gehalt und Standard-Wassergehalt für die Laborprüfungen bestimmt werden.

Für die sechs Faserarten und sechs Rohlehme wurde gemäß ihrer geotechnischen Analyse ein Prüfplan

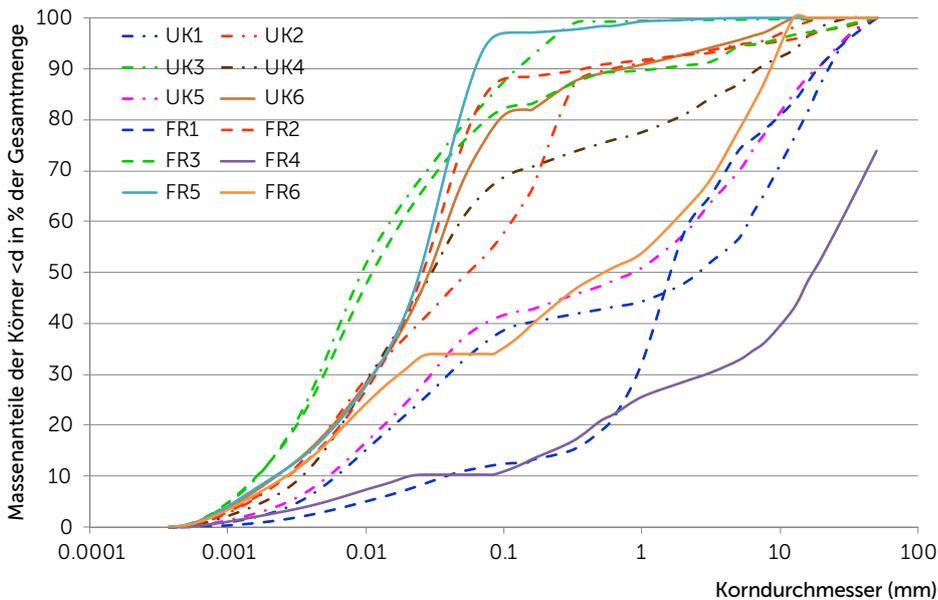
aufgestellt, um das Verhalten der möglichen unterschiedlichen Mischungen extrapolieren zu können. Die Probekörper wurden auf Druckfestigkeit und Wärmewiderstand geprüft.

Diese Prüfungen bestätigten den Zusammenhang zwischen der Dichte und dem Wärmewiderstand, aber auch den Einfluss der spezifischen Lehmart und der verwendeten Fasern. Zwei schluffige Lehme und zwei Fasern (Flachs und Hanf In Form von Stroh) erzielten die besten Tragfähigkeitsergebnisse (Druckfestigkeit von 0,95 und 1,5 Mpa bei 2% Schwinden) während zwei andere Fasern (gehacktes Schilfrohr und Hanfschäben) und zwei andere Rohlehme wegen ihrer thermischen Eigenschaften ausgewählt wurden (Lambdawert zwischen 0,10 and 0,15 W/mK bei einer Dichte zwischen 360 und 500 kg/m<sup>3</sup>).

Die Messungen zeigten auch, dass es unmöglich war, die Tragfähigkeit und die Wärmedämmfähigkeit in einer Mischung zu vereinen. Die Dichte, die für eine gute Tragfähigkeit erforderlich ist, hat schwache thermische Eigenschaften und umgekehrt. Bei der dichtesten Mischung hatte die Veränderung des Fasergehalts sehr geringen Einfluss auf den Wärmewi-

#### 04 Erste Probekörper, von Praktikern hergestellt, um den Laboren zu helfen, die Vorgehensweise bei der Probekörperherstellung zu bestimmen





05 Kornverteilung der verschiedenen Rohlehme

Tabelle 1: Eigenschaften der Fasern

Faser	Weizenstroh	Flachsstroh	Hanfstroh	Schilfrohr	Hanfschäben	Flachsschäben
Wasseraufnahme nach 24h (%)	309	185	336	200	266	320
Zugfestigkeit (MPa)	29	112	73	129	/	/
Absolute Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	1,182	1,337	1,391	1,390	1,410	1,455

derstand aber merkbliche Effekte auf die Tragfähigkeit. Bei der Mischung mit geringer Dichte hatte die Variation des Fasergehalts einen geringen Effekt auf die Tragfähigkeit aber einen deutlichen Einfluss auf den Wärmewiderstand. Schlussfolgerung dieser experimentellen Untersuchungen war die Erkenntnis, dass eine mehrschalige Wandtechnik nötig sein würde, bei der ein Teil die Lastabtragungsfunktion und ein Teil die Wärmedämmfunktion übernimmt.

**Wie nun bauen?**

Die offensichtliche Notwendigkeit zwei verschiedene Mischungen zu verwenden führt zu einer grundlegenden Fragestellung für den Bauprozess: Sollen wir die lastabtragende Wand erstellen und diese dann dämmen? Was ist der richtige Zeitpunkt, die feuchte Mischung von Leichtlehm an den lastabtragenden Wellerlehm anzubringen? ... wenn er trocken ist, was zwei lange Trocknungsperioden zur Folge hätte und damit eine Beeinträchtigung der Effizienz und der Kosten der Bauweise?

Die traditionelle Wellerlehmtechnik besteht im Mischen des Lehms, des Wassers und der Fasern unter Verwendung der Füße von Menschen oder Tieren und dem Aufschichten der Masse von Hand oder mit einer Gabel ohne Schalung. Während des Bauprozesses wird eine große Menge Material verwendet und der Überschuss nach einer kurzen Trockenzeit mittels Trimmens der Wände auf die gewünschte Wandstärke und finale Wandfläche gebracht. Die entstehende Oberfläche kann dann noch verkleidet oder geschlagen werden, um die Oberfläche zu verdichten und die Wand fertigzustellen.

Neben der zeitaufwändigen Arbeit des Mischens, ist dieses Nachbearbeiten der Wandoberfläche eine Belastung für die Arbeiter. Viele der heutigen Baufirmen haben daher mit der Adaption der Technik für technische Geräte wie Mischer oder Bagger experimentiert, um das Mischen zu effektivieren. Es gab einige Versuche mit Schalung, die es möglich machten, einen guten Teil der Arbeit der finalen Oberflächenbehandlung zu reduzieren. Diese wurde jedoch nie ernsthaft weiterentwickelt, wahrscheinlich weil das Verschalung



06 Erste Prüfung der CobBauge-Bauweise, durchgeführt in den „Les Grands Ateliers“ (Fr)



07 Anschnitt der Versuchswand im ESITC, der den starken Verbund zwischen dem Wellerlehm und den Leichtlehm zeigt

die Flexibilität und die Einfachheit des Bauprozesses beeinträchtigte. Wie dem auch sei, eine Methode, die in der Normandie schon vor 10 Jahren entwickelt wurde ist die Verwendung von Metallgabionen. Diese Bauweise inspirierte den Entwurf einer Schalung aus einem Metallrahmen der eine Metallgitterfläche trägt, die seitdem allgemein genutzt wurde.

Der Leichtlehm für seinen Teil war Gegenstand zahlreicher Versuche und Entwicklungen, namentlich in Deutschland (Volhard) und in Frankreich (Marcom), wobei beide den Prozess der Herstellung der Mischung beachteten und eine effektive leichte Schalung für die Konstruktion des Bauwerks entwickelten.

Die Zusammenführung dieser alten und neuen Experimente zur Adaption traditioneller Techniken und die Frage wie man die zwei verschiedenen Mischungen zusammenbringen kann, um sowohl Stabilität und Dämmung in ein und derselben Wand zu erreichen führte zu dem hypothetischen Konzept der gleichzeitigen Errichtung von zwei Schichten.

Die Schalung, die für den Leichtlehm nötig ist erhöht die Geschwindigkeit und reduziert die Risiken des Aufsichtens des Wellerlehms. Durch die Kombination der Bauweisen war es möglich, die Einbringung der zwei Mischungen in ein und dieselbe Schalung zu erreichen. Dennoch stellte sich sofort die Frage des Trocknens und der Verbindung zwischen den beiden Mischungen unterschiedlicher Dichte. Ein erster intu-

itiver Implementierungstest durch zwei Praktiker im Wellerlehmbau bei den Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau (France) während eines Ausbildungskurses zu Wellerlehm verlief sehr vielversprechend (Abb. 6). Der Wellerlehm wurde zuerst zu einer Wand mit 20 cm Stärke erstellt, um eine Fläche zu schaffen, gegen die der Leichtlehm gepresst werden konnte. Analog zu einige Verbindungsmethoden zwischen traditionellem Wellerlehm und Steinmauerwerk wurde der Wellerlehm an der Oberfläche abgewinkelt, sodass jede Lage des Leichtlehms die nächste überlagte und somit eine Art Sägezahnprofil als Fuge zwischen den beiden Materialien entstand.

Anschließend folgten andere Versuche in definierten Größenordnungen entsprechend der erwünschten Wärmedämmsimulation ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) mit dem Ziel, lastabtragende Wände für die im Labor ermittelte optimale Mischung zu entwickeln, die für zweigeschoßige Gebäude anwendbar sind. Als ein Teil dessen ist die Qualität der Wellerlehmschichtung in der Schalung wichtig für die Leistungsfähigkeit der Wand. Eine mittlere Schalungswand wurde dafür erstellt, um die Wandstärke zu regulieren. Um den vorhandenen Verbund zwischen den zwei Oberflächen zu begutachten wurden zwei Probestücken in einige Abschnitte zerschnitten. All diese Ausschnitte zeigten einen starken Verbund zwischen den zwei Oberflächen, vor allem im Kontaktbereich (Abb. 7). Die gleichzeitige nass-in-nass Einbringung der Mischungen ist sehr wahrscheinlich die Erklärung dafür.



08 Darstellung des zweigeschoßigen französischen Prototyps in der Normandie

Um diese Erkenntnisse und Beobachtungen durch Praktiker wissenschaftlich zu bestätigen wurde eine Versuchswand und Prototypen erstellt. Die Versuchswand war für den Sommer 2020 an der Plymouth Universität geplant und soll nach Errichtung vertikalem Druck ausgesetzt werden, um das Verhalten der beiden Schichten und ihren Verbund unter Schwerlast zu beobachten.

#### **Versuchsphase: Erstellen eines Prototyps**

Die Errichtung eines ersten Prototypgebäudes wurde im Oktober 2019 in der Normandie begonnen. Dieses Projekt war als 1:1 Labor gestaltet, um dem CobBauge Team zu ermöglichen, verschiedene technische Details in Bezug zu gegenwärtigen Bauweisen zu entwickeln und zu studieren. Außerdem ermöglichte dies einen Vergleich der ersten Einführungsversuche in eine reale Baustellensituation gegenüber den Erfahrungen der Lehmbaufachleute.

Das Gebäude von 13 m<sup>2</sup> Fläche ist zweigeschoßig, wobei die Hälfte der Wände die Höhe eines Geschoßes (3,2 m) haben und die andere Hälfte sich über zwei Geschoße (4,40 m) erstreckt (Abb. 8) Die gesamte Stärke der Wände variiert zwischen 50 und 70 cm und bringt den Wellerlehm an die Grenze des Schlankheitsgrades (gemäß der französischen Praxisrichtlinie) und ist damit nur halb so dick wie in traditionellen Gebäuden anzutreffen. Dort können die lastabtragenden Wellerlehmwände allein schon 50 bis 70 cm dick sein. Um von der thermischen

Trägheit zu profitieren ist die dichte lastabtragende Schicht an der Innenseite des Gebäudes und die dämmende Schicht außen angeordnet. Die Schalung, die in der Versuchsphase Verwendung fand wurde aus einer konventionellen Aluminiumschalung adaptiert (Abb. 9), ersetzte aber die Verkleidung aus Schalungsbrettern durch einen Drahtgitter. Für jeden Schichtauftrag wurde die Zeit erfasst, die der Arbeiter benötigte, die verwendeten Werkzeuge notiert und deren Energieverbrauch aufgezeichnet. Diese Daten machen es möglich, Konstruktionsvarianten zu vergleichen und die effektivsten Organisationsprinzipien und -methoden zu bestimmen. Kombiniert mit den Ergebnissen, die von demselben Monitoring an den Probekörpern in England ermittelt wurden, werden diese Daten auch zur Lebenszyklusbetrachtung (LCA) des Prozesses beitragen.

Das Aufsetzen der ersten Lage wurde nach Hinweisen von den Handwerkern geändert. Die Hauptschalung wurde so platziert, dass ein ganzer Wellerlehm Schlag ausgeführt werden konnte (Abb. 10) und dann, zwei Tage später, wurde die äußere Schalungswand nach außen verschoben, um die Leichtlehmschicht einzubringen. Das Ziel war dabei ein direktes Befüllen der Schalung aus einer Baggerschaufel heraus. Die erhöhte Effizienz war offensichtlich, verglichen zu den ersten Versuchen von Hand, jedoch schien der Verbund zwischen den zwei Wandschichten schwächer: Nach dem Trocknen wurden Risse in den geöffneten Bereichen festgestellt. Die nächsten beiden



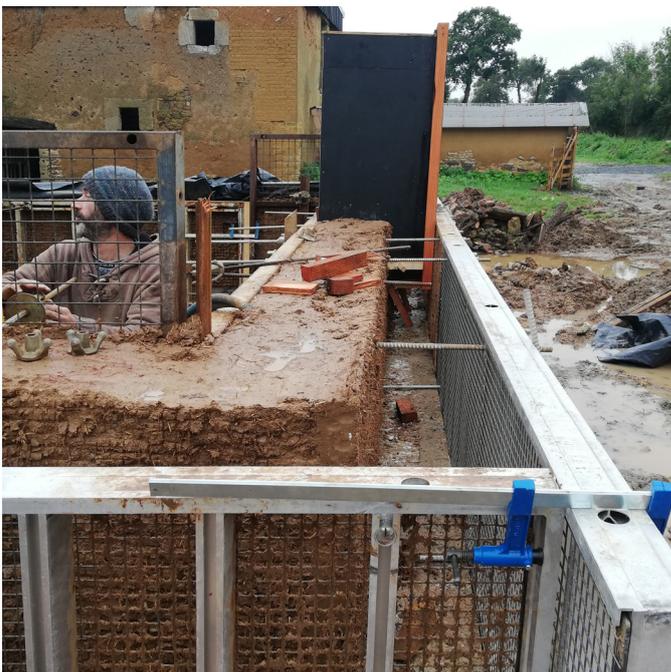
09 Ausrichtung von zwei Drahtgitter-Schalungselementen für die nächste Lage

Lagen wurden wieder in Übereinstimmung mit dem ursprünglichen Entwurf ausgeführt.

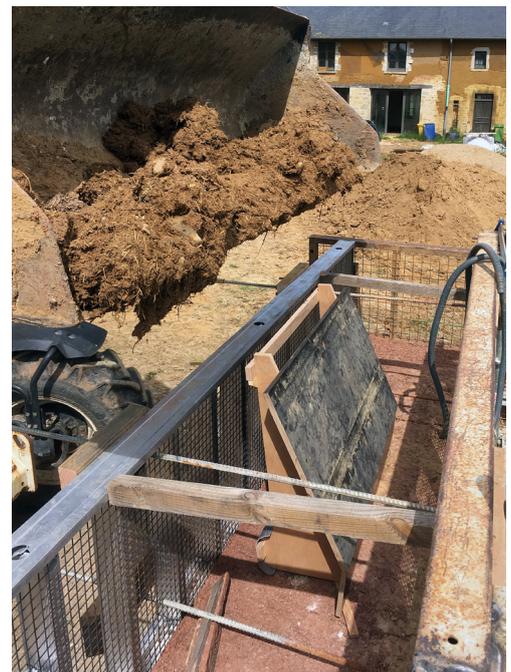
Die mittlere Schalungswand wurde speziell entworfen um ihre Handhabung zu erleichtern und um den Einsatz von Baumaschinen zum einfüllen des Materials zu erlauben (Abb. 11).

Ein Ziel des Prototyps war es ebenso, den Einfluss des Nebeneinanders von zwei Mischungen unterschiedlicher Dichte, unterschiedlichen Wassergehalts und verschiedener Lehmqualitäten beim Trocknen während des Bauprozesses zu ermitteln. 55 Sensoren (vom Typ Campbell scientific CS655) wurden dicht an der Oberfläche einer jeden Lage und am Übergang zwischen den zwei Materialschichten (Wellerlehm

10 Vollständige erste Lage Wellerlehm mit nach außen gesetzter Schalung, um die Hanfshäben einzubringen

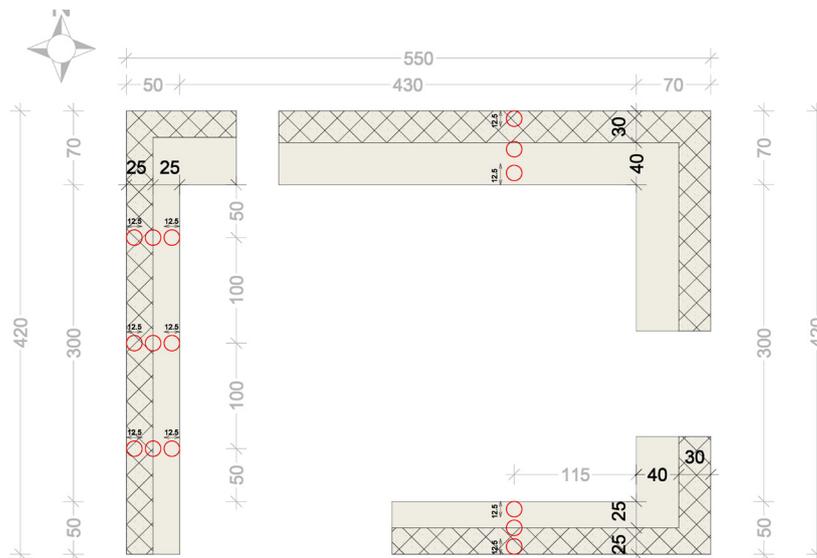


11 Mittlere Schalung, die so konstruiert ist, um Material aus einer Baggerschaufel einzufüllen





12 Installation von Sensoren zur Messung des Feuchtegehalts und des Wärmeaustauschs



13 Der Plan zeigt die Verteilung der Sensoren in der Süd-, West- und Nordwand

und Leichtlehm) angebracht, die den Wassergehalt des Lehms messen (Abb. 12). Diese Sensoren wurden auch in unterschiedlichen Höhen einer jeden Lage platziert, um das Trocknungsverhalten der Oberseite frisch aufgelegter Mischung zu beobachten, die an drei Seiten der Umgebung ausgesetzt ist. Weitere Sensoren wurden in der Mitte der Lage platziert, wo das Material nur zwei Außenseiten hat und ebenso auch an der Unterseite der Lage, die zwei Außenseiten hat und Bodenkontakt zur vorherigen Lage, die zwangsläufig trockener ist. Diese Sensoren wurden ebenso auf der West-, Süd- und Nordseite der Wände verteilt (Abb. 13), um den Einfluss des Windes und der Sonne auf jede der Mischungen zu bewerten. Die Wetterbedingungen wurden durch eine vor Ort installierte Wetterstation gemessen.

Die Sensoren können ebenso die Temperatur aufzeichnen und so genutzt werden, den Wärmetransport zu bewerten. Andere Typen von Sensoren, die für den Strohballenbau entwickelt wurden (Carfrae 2011) wurden wiederum dazu verwendet, die unterschiedlichen Messarten zu vergleichen. Um Referenzdaten für den Vergleich und die Kalibrierung zu bekommen, wurden Proben des verwendeten Materials genommen und deren Wassergehalt gemessen.

Wenn der Prototyp fertiggestellt ist wird er mit weiteren Messeinrichtungen ausgestattet, um den Wärmeaustausch innerhalb der verschiedenen Wände

sowie den Feuchtigkeits-austausch in den unterschiedlichen Jahreszeiten aufzuzeichnen. Damit kann dann das effektive Verhalten des Materials mit den theoretischen Ergebnissen der Laborversuche verglichen werden.

### Erste Ergebnisse und vorläufige Schlussfolgerungen

Die Konstruktionsweise der ersten Lage demonstrierte die Effekte des Bauens in schrittweisen Schichten von geringer Höhe mit dicht verbundenen Dämm- und Lastabtragungsmaterialien, die eine gute statische Verbindung sicherstellen. Dies war ein Zugeständnis, um Schwierigkeiten im Bauprozess vor Ort zu reduzieren. Nach den ersten Versuchen wurde klar, dass die von uns entworfene mittlere Schalungsebene noch eine Reihe an ergonomischen Verbesserungen benötigt, um sie leichter und handlicher zu machen.

Die Verwendung eines Baggers stellte sich als rationellste Auswahl heraus, da sie eine schnelle Vorbereitung des Wellerlehms und eine große Effizienz beim Befüllen der Schalung erlaubt. Dennoch ist diese Technik von eher begrenzter Anwendung, wenn die Wände höher als das Erdgeschoß sind. Neben der Platz- und Höhenlimitierung der betreffenden Maschinen, bedarf die Baustelle verschiedener Mischwerkzeuge und weiterem Equipment, was die Geschwindigkeit und die Kosten des Bauens beeinflusst.

Die Messungen des Feuchtegehalts der Wände dauern noch an, aber die Beobachtungen der Handwerker auf der Baustelle lassen vermuten, dass die gleichzeitige Konstruktionsweise mit zwei Mischungen nicht den gleichen Effekt hat, wie bei traditionellen Lehmwänden der gleichen Stärke. Auf der anderen Seite zeigten die Probekörper, die auf der Baustelle hergestellt und im Labor getestet wurden, trotz des Aufwandes der Berechnung, des Trockenmischens und des Siebens der Proportionen von Lehm und Fasern für den Leichtlehm, dass der Bauprozess einen großen Einfluss auf die Dichte hat und damit auch auf die thermischen Eigenschaften. Die Kompressionskraft, welche auf die Leichtlehmischung von unterschiedlichen Handwerkern zu unterschiedlichen Zeiten ausgeübt wurde hat die Dichte der Mischung von  $350 \text{ kg/m}^3$  bis zu  $400\text{-}450 \text{ kg/m}^3$  variieren lassen. Bei der lastabtragenden Mischung war die Bemessung des Anteils der Fasern im Verhältnis zum Volumen des Lehms natürlicherweise ungenau. Die Abweichung hat keinen deutlichen Effekt auf die mechanische Festigkeit, kann aber das Verhalten der Mischung beim Schwinden während der Trocknung beeinflussen und Risse erzeugen.

Die erste Analyse der Bauzeiten zeigt die Bedeutung der Organisation der Baustelleaktivitäten, Verwendung von Maschinen und effektive Bereitsstellung von Materialien. Zwischen der ersten Lage und der dritten reduzierte sich die Bauzeit beinahe um ein Drittel. Die geringe Größe des Bauprojekts bedeutet, dass ein größerer Zeitanteil für kompliziertere Details benötigt wurde als für die einfache Wandkonstruktion. Das lässt vermuten, dass die Einsparungen in der Bauzeit bei größeren Projekten auch größer sein könnten. Eine Analyse der Kosten des Baumaterials und seiner Aufbereitung zeigt auch die unterschiedlichen Kostenfaktoren in der Lieferkette. In unserem Fall stellte sich heraus, dass geschreddertes Schilfrohr viermal so teuer ist wie Hanfschäben. Bezüglich des Rohlehms war unsere Erfahrung die, dass die Aufbereitung eines Haufens Rohlehm durch Mahlen und Sieben auf der Baustelle mehr oder weniger das gleiche kostet, wie die Verwendung von vorgefertigtem Baulehm von der lokalen Industrie. Daher kann der optimale Ansatz je nach den Umständen der individuellen Projekte variieren.

Diese ersten Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit, die Zusammenarbeit zwischen den Akademikern und der

Industrie fortzusetzen, um die gewünschten Niveaus der Leistungsfähigkeit zu erreichen und die Niveaus des Wissens und der Kompetenz unter den Baufachleuten zu erhöhen. Zugleich entwickelt dieses Projekt aus einer traditionellen Technik heraus, eine Hebelwirkung dank seiner immanenten niedrigem  $\text{CO}_2$  Emissionen und einem geringen Energieverbrauch und zeigt so einen Bedarf an Renovierung historischer Gebäude auf. Um dies jedoch aus den Nischen des Ökobaus und des Schutzes von baulichem Erbe herauszuholen müssen die Praktiker des konventionellen Bauens überzeugt werden, sodass die Anwendung dieser Methoden kosteneffizienter und weniger riskant ist. Die erforderliche Trocknungszeit bleibt eine Haupthürde, die eine weitverbreitete Anwendung behindert. Eine Antwort darauf in der weiteren Forschung könnte in der Vorfertigung liegen.

#### **Danksagung**

Das CobBauge-Projekt wurde unter dem European cross-border cooperation programme INTERREG V A France (Channel) England ausgewählt und gefördert sowie kofinanziert durch ERDF.

## Referenzen

- Le Guern, M.: *CobBauge technical report. Soil and fibre characterisation, mixes choice and mixes characteristics*. ESITC Caen – 2018
- Phung, TA: *Formulation et caractérisation d'un composite terre-fibres végétales: la bauge*. PhD Génie civil. Normandie Université, 2018. Français. NNT: 2018 NORMC219.
- Hamard, E.; Cazacliu, B.; Razakamanantsoa, A.; Morel, J.C.: *Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building*. in Building and Environment 106, September 2016: 103-119.
- Hamard, E.: *Rediscovering of vernacular adaptive construction strategies for sustainable modern building: application to cob and rammed earth*. Construction durable. Université de Lyon, 2017 (auf English). NNT: 2017LYSET011.
- Goodhew, S.: *The Thermal Properties of Cob Buildings of Devon*. PhD, University of Plymouth – 2000.
- Carfrae, J.; Wilde, P.; Littlewood, J.; Goodhew, S.; Walker, P.: *Development of a cost-effective probe for the long-term monitoring of straw bale buildings*. in Building and Environment 46(1), Januar 2011: 156-164.
- Marcom, A.: *Construire en terre-paille*. Terre Vivante Editions, 2011.
- Volhard, F.: *Construire en terre allégée*. Actes Sud, 2016. Auf Deutsch: *Bauen mit Leichtlehm*, Birkhäuser, 2016.
- Ziegert, C.; Röhlen, U.: *Earth Building Practice*. Beuth Verlag, 2011.
- Vinceslas, T.: *Characterization of Earth Hemp eco-building material by taking into account the variability of locally available resources*. Génie civil. Université de Bretagne Sud, 2019 (auf Französisch).
- collective work: *Guides des bonnes pratiques de la construction en terre crue – bauge*, 2018.
- Terra [In]cognita – *Earthen Architecture in Europe research project*, entwickelt im Rahmen des Programms Kultur 2007-2013 der Europäischen Union.

## Kontaktangaben

Web: [www.cobbauge.eu/en/](http://www.cobbauge.eu/en/)

E-Mail: [fstreiff@parc-cotentin-bessin.fr](mailto:fstreiff@parc-cotentin-bessin.fr)  
[s.goodhew@plymouth.ac.uk](mailto:s.goodhew@plymouth.ac.uk)  
[contact@cobbauge.eu](mailto:contact@cobbauge.eu)  
[tom@ebuki.co](mailto:tom@ebuki.co)

## Fotonachweise

Mit Ausnahme der Abb. 1 sind alle Fotos von CobBauge Partnern (wie folgt):

- 01: Terra Incognita Earthen architecture in Europe  
02, 04, 06, 07: PNRMCB  
03: UoP  
08-12: ENSA Normandie  
13: ESITC Caen



## Cobbauge Project

### CONTACT REGISTRATION FORM

Please complete this form to register interest in the Cobbauge project. In doing so, you consent to the project partners storing your data for the purposes of the project and consent to being sent information about future Cobbauge events and activities.

Veillez remplir ce formulaire pour enregistrer votre intérêt pour le projet Cobbauge. Ce faisant, vous consentez à ce que les partenaires du projet stockent vos données aux fins du projet et consentez à recevoir des informations sur les futurs événements et activités de Cobbauge.

SURNAME/ NOM:.....

FIRST NAME/ PRENOM.....

ORGANISATION.....

PROFESSION.....

ADDRESS.....

COUNTRY/PAYE.....

EMAIL.....

TELEPHONE.....

Please let us know any special area of interest in the project

S'il vous plaît laissez-nous savoir tout domaine d'intérêt spécial dans le projet

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....