Lehmbasiertes 3D-Printing

Technologie, Optimierung von Lehmrezepturen und Entwurf von Lärmschutzwänden.

Diplomand

Fabian Rüttimann

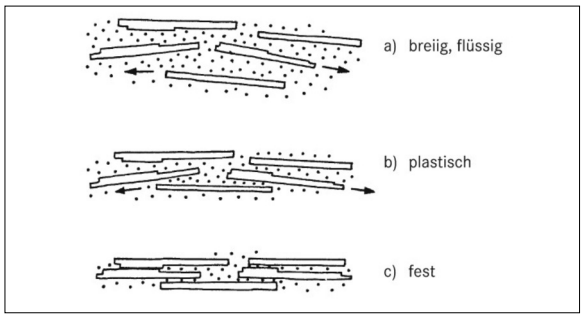
Ausgangslage: Mit einem Anteil von rund 37% an den weltweiten CO_2-Emissionen steht der Bausektor ganz oben auf der Liste der Klimasünder. Um die Klimaziele der Vereinten Nationen erreichen zu können, ist es daher von entscheidender Bedeutung, die grossen Umweltauswirkungen der Branche durch die Entwicklung nachhaltigerer und effizienterer Prozesse zu reduzieren. Die Forschung beschäftigt sich daher seit einiger Zeit mit den Möglichkeiten, etablierte Bauprozesse zu optimieren und neue Technologien für den Bausektor nutzbar zu machen. Als eine der vielversprechendsten neuen Technologien gilt der 3D-Druck, der bereits für den Druck grosser Strukturen hochskaliert werden konnte. Weltweit häufen sich in jüngster Zeit die Beispiele von Bauwerken, die in Windeseile gedruckt wurden. Bisher wurden dafür jedoch fast ausschliesslich zementbasierte Materialien verwendet. Während insbesondere die Bauzeit und die Materialeffizienz durch dieses Verfahren deutlich reduziert werden können, besteht hinsichtlich der Umweltverträglichkeit des Druckmaterials noch Optimierungsbedarf. Hier kann Lehm als traditioneller, nachhaltiger und im Übermass verfügbarer Baustoff Abhilfe schaffen.

Vorgehen: Die vorliegende Arbeit gibt zunächst einen Überblick über den Baustoff Lehm sowie einige, heute noch angewandte Lehmbautechniken und beschreibt den aktuellen Stand der Forschung zum lehmbasierten 3D-Druck. Im zweiten Teil werden Laborversuche zur Optimierung von Lehmrezepturen für einen ersten robotergestützten Druckversuch protokolliert und ausgewertet. Der Hauptteil der Arbeit befasst sich mit dem Entwurf von Lärmschutzwänden aus Lehm als Anwendungsbeispiel für den lehmbasierten 3D-Druck. Neben der statischen Dimensionierung und Detailausarbeitung liegt ein weiterer Schwerpunkt auf der Ökobilanz über den gesamten Lebenszyklus der Lärmschutzelemente im Vergleich zu konventionellen Betonelementen.

Ergebnis: Laborversuche zur Optimierung der Lehmrezeptur und ein erster robotergestützter Druckversuch an der Fachhochschule Ostschweiz zeigten die gute Eignung des Baustoffs Lehm für den 3D-Druck. Das Material erwies sich als sehr gut druckbar und war in der Lage, das Gewicht der weiteren Druckbahnen ohne grössere Verformungen zu tragen. Darüber hinaus konnte bestätigt werden, dass Lehm eine ausreichend hohe Festigkeit aufweist, um als alternativer Baustoff für eine Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden zu können. Mit auf Lehm und Holz basierenden Lärmschutzelementen konnte eine mögliche Anwendung vorgestellt werden, die das Potential hat, die Umweltbelastungen im Lärmschutz deutlich zu reduzieren. Das entwickelte modulare System besteht aus einem Holzrahmen als Primärtragwerk und einer Ausfachung aus gedruckten Lehmsegmenten, die die Windkräfte auf die horizontalen Holzträger verteilen.

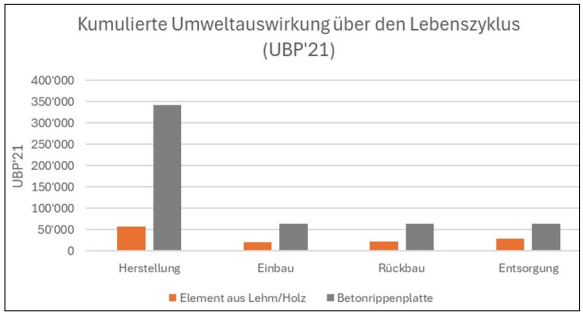
Die nachhaltigen Module sind mit konventionellen Lärmschutzwänden kompatibel und daher geeignet, bestehende Lärmschutzelemente unabhängig von der Wandhöhe am Ende ihrer Lebensdauer zu ersetzen. Eine überschlägige Ökobilanz hat ergeben, dass durch den Einsatz von Lärmschutzelementen aus Lehm und Holz die Umweltbelastung im Vergleich zu konventionellen Betonrippenplatten um ca. 75% reduziert werden kann.

Konsistenz von Tonpartikeln in Abhängigkeit vom Wasseranteil.
Hamer: The Potter's Dictionary of Materials and Techniques.



Mit einem Roboter gedruckter Wandprototyp aus Lehm.
Eigene Darstellung

Vergleich der Umweltauswirkung von Lärmschutzelementen aus Lehm+Holz und Beton.
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Ivan Marković

Korreferent
Manuel Schmid, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Zürich, ZH

Themengebiet
Civil Engineering

Projektpartner
HAGA AG Naturbaustoffe, Rupperswil, AG