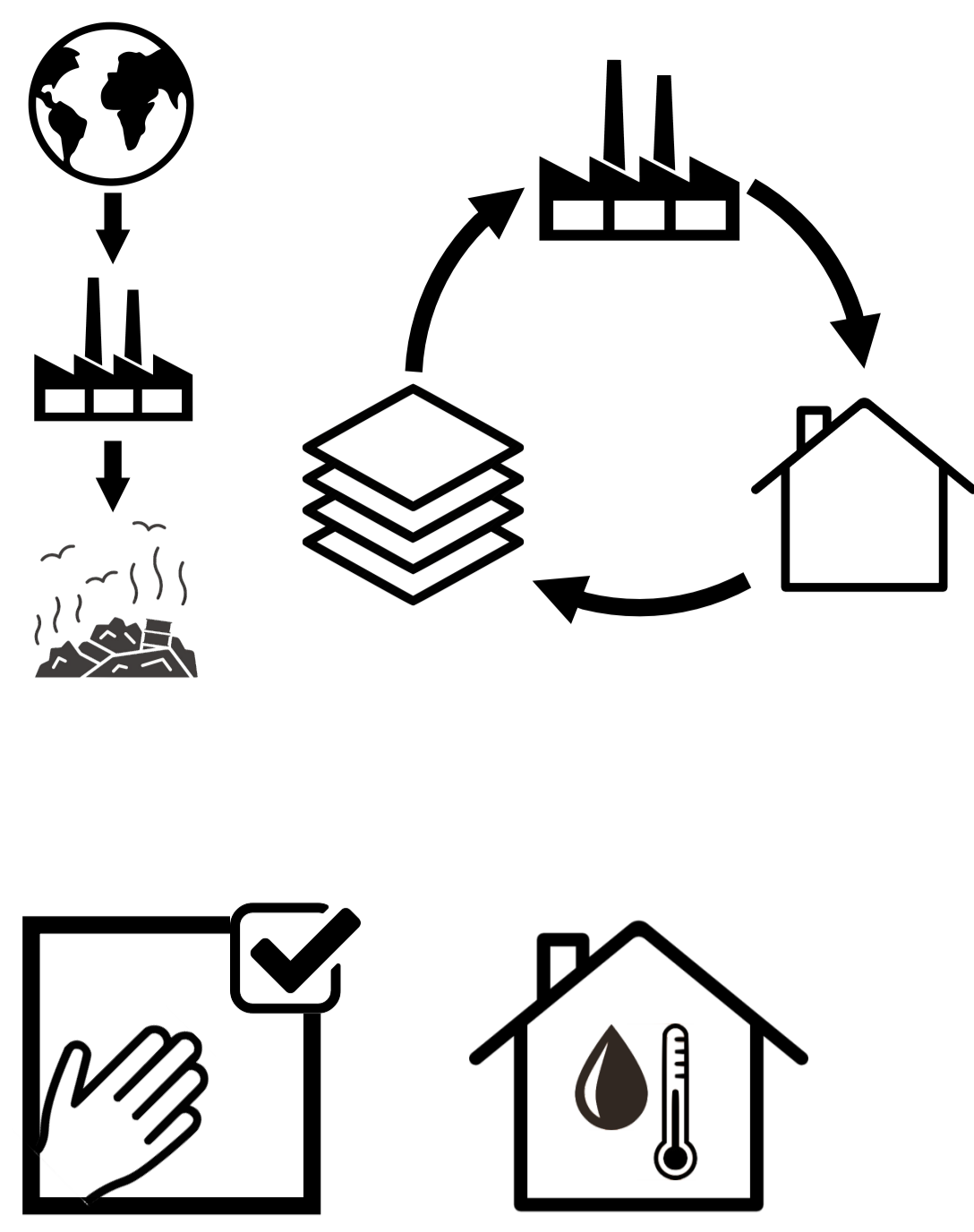


Motivationale

Lehm ist ein seit Jahrhunderten genutztes Baumaterial, das aber mit dem Aufkommen moderner Baustoffe in Vergessenheit geraten ist. Durch ein zunehmendes Bewusstsein für umwelt- und ressourcenschonendes Bauen steigt das Interesse am Lehm. Besonders im Innenausbau besitzt Lehm ein großes Potenzial gegenüber herkömmlichen Baustoffen. Demnach bestehen bereits zahlreiche vorgefertigte Lehmprodukt, die aber aufgrund der hohen Oberflächengüte und den dadurch entstehenden Kosten noch keine flächendeckende Anwendung finden. In dieser Arbeit werden Ansätze untersucht, inwiefern kartonierte Lehmplatten im Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften realisierbar sind und dadurch die Problemstellungen, die derzeit bei Trockenbauprodukten aus Lehm bestehen, behoben werden können.



Lehm

Im Wesentlichen ist Lehm ein Gemisch aus Ton und fein- bis grobsandigen Bestandteilen. Die Tonminerale bilden dabei das Bindemittel und halten das Korngerüst aus Sand zusammen. Durch die Zugabe von Wasser wird die Bindekraft der Tonminerale aufgehoben, die sich nach Verdunstung des Wassers wieder entfaltet. Dieser Prozess ist reversibel und lässt sich beliebig oft durchführen. Der Vorteil von Lehmstoffen liegt neben der theoretisch endlosen Kreislaufführung in den Werten ihrer hygroskopischen Eigenschaften, die das Raumklima positiv beeinflussen.

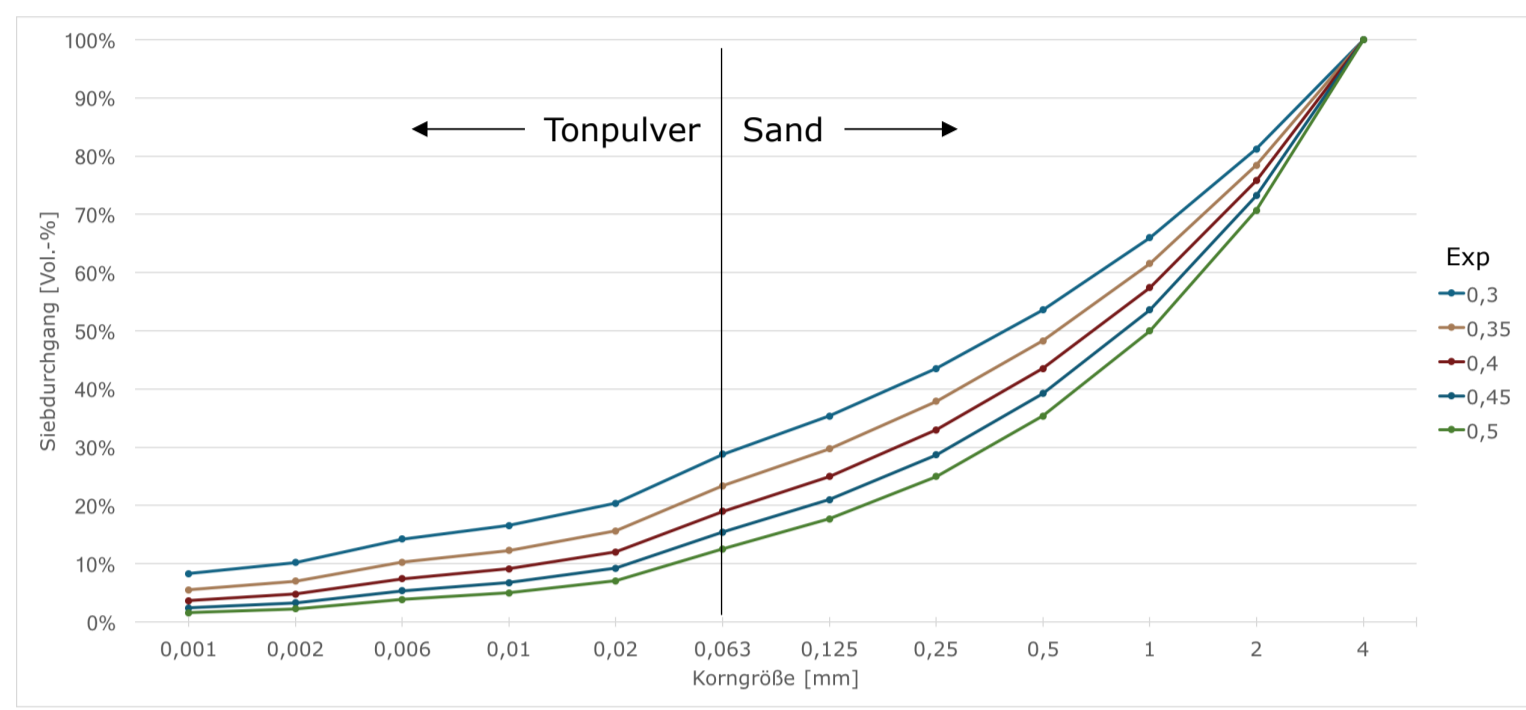


Voruntersuchungen

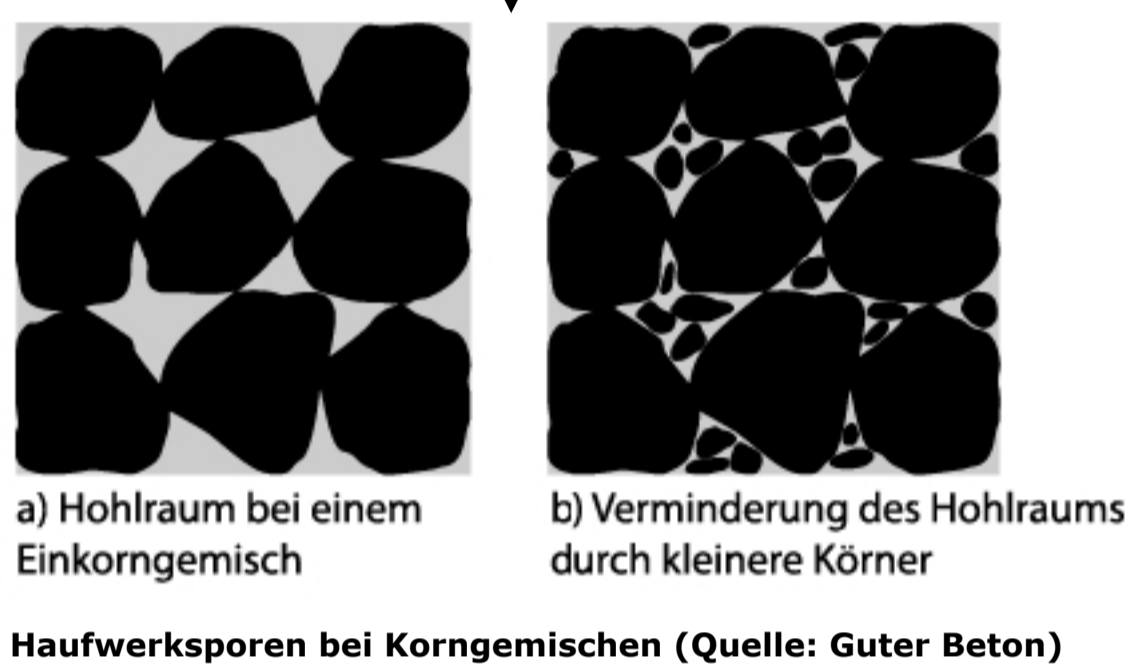
$$A = 100 \times \left(\frac{d}{D}\right)^n$$

A: Siebdurchgang
d: Korndurchmesser
D: Durchmesser Größtkorn
n: FULLER-Exponent

FULLER-Gleichung zur Berechnung der Idealsieblinie



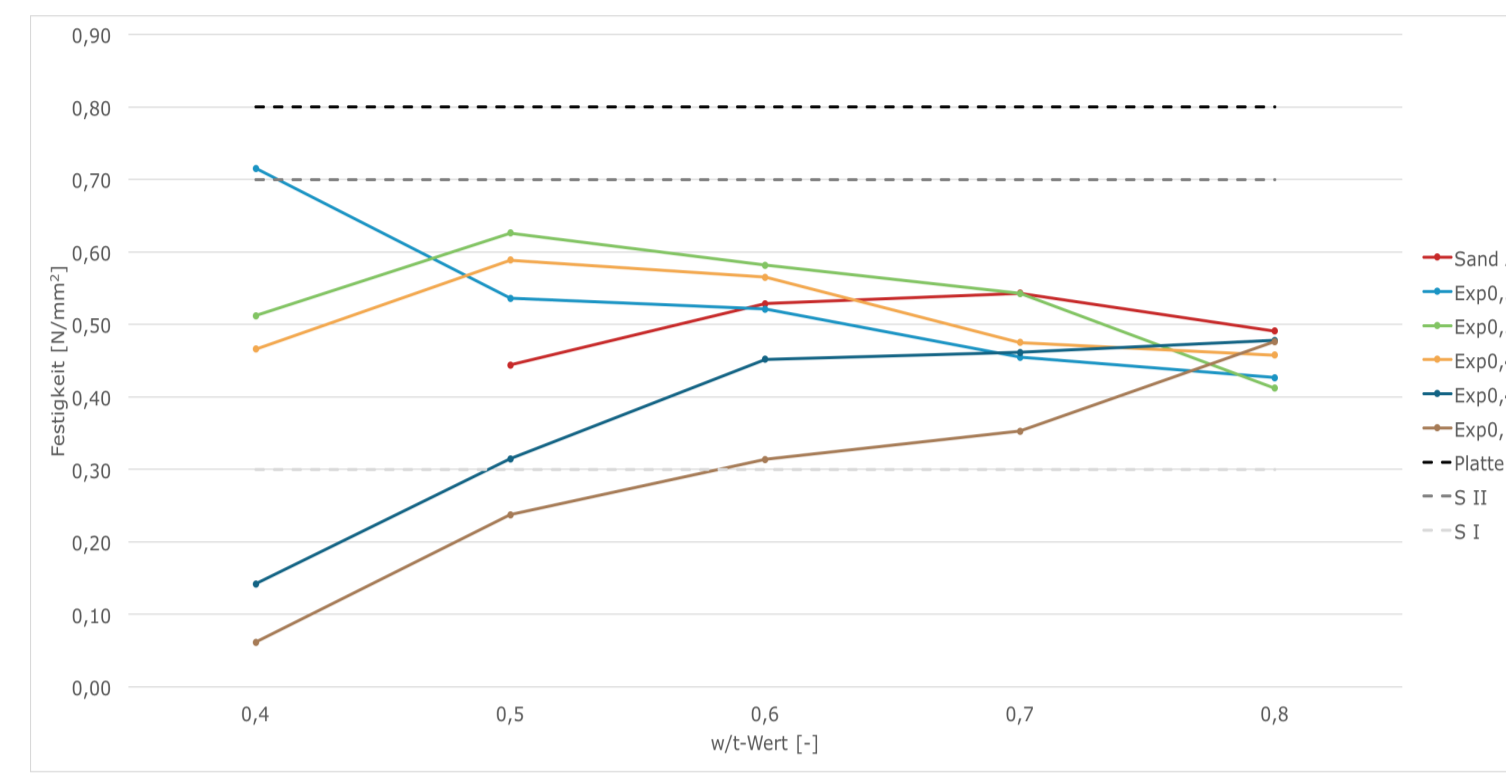
Verwendete FULLER-Kurven (Quelle: Eigene Darstellung)



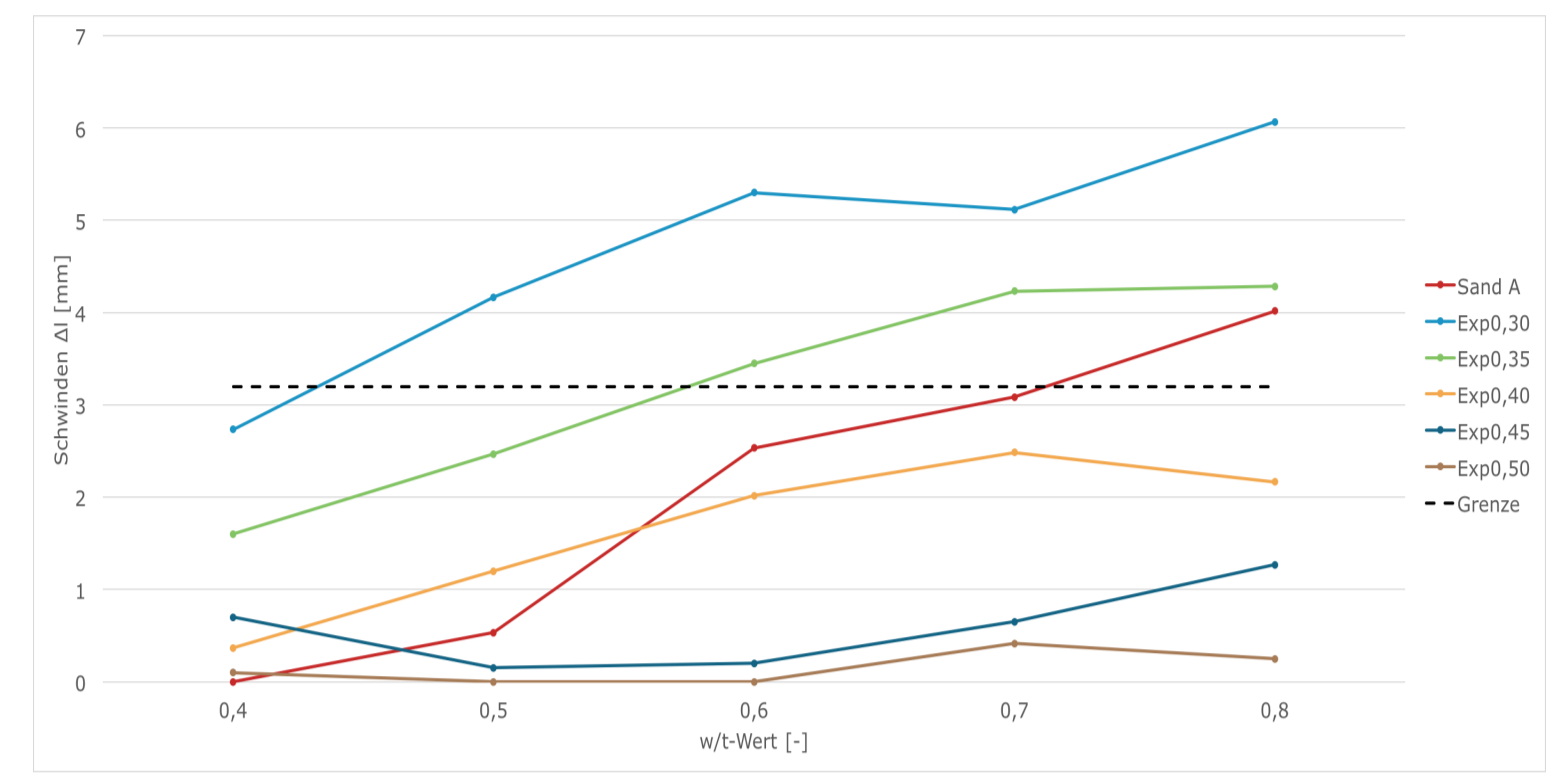
Haufwerksporen bei Kornmischungen (Quelle: Guter Beton)

Zur Herstellung einer geeigneten Rezeptur werden in Anlehnung an die Betontechnologie verschiedene Idealsieblinien nach FULLER erstellt. Die Idealsieblinie beschreibt das dichteste Gefüge einer Kornmischung und entsteht durch ein berechnetes Mischungsverhältnis verschiedener Korngrößen.

Die Erstellten Rezepturen werden mit verschiedenen Wasser/Ton-Werten auf Druck- und Biegezugfestigkeit, sowie Schwinden und Konsistenz untersucht. Unter Berücksichtigung normativer Vorgaben und gesammelten praktischen Erfahrungen findet eine Bewertung statt, sodass sich eine aussichtsreiche Lehmrezeptur herausstellt.



Biegezugfestigkeiten (Quelle: Eigene Darstellung)



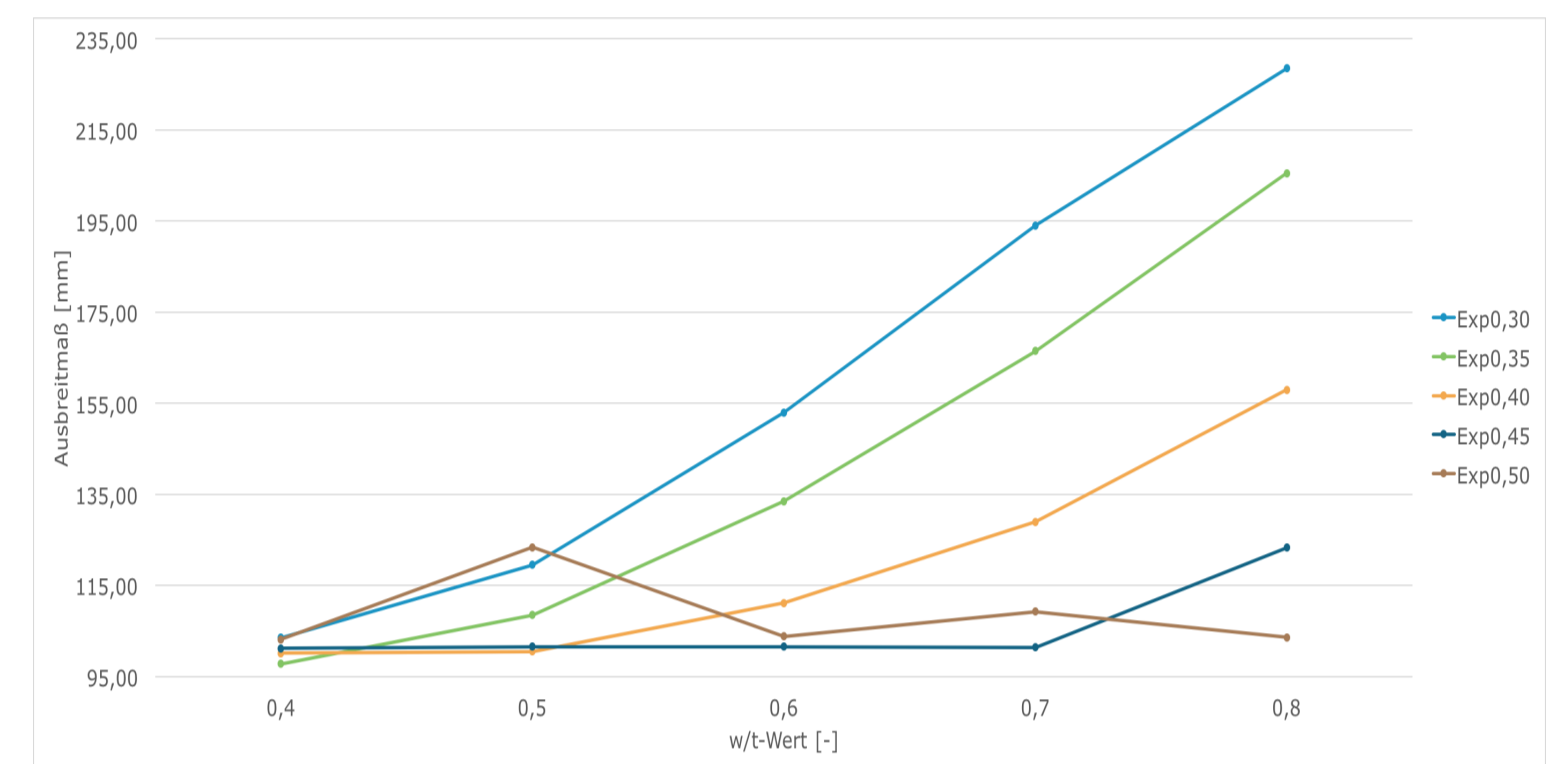
Lineares Schwindmaß (Quelle: Eigene Darstellung)



Probekörper (Quelle: Eigene Darstellung)

Bewertung	Biegezugfestigkeit	Druckfestigkeit	Schwindmaß	Konsistenz
+	> 0,56 N/mm ² (80% von StB)	> 1,5 N/mm ² (StB)	< 2,9 mm (90% von DIN 18948)	130 bis 155 mm
o	0,36 bis 0,56 N/mm ²	1,0 bis 1,5 N/mm ²	2,9 bis 3,5 mm	125 bis 130 mm und 155 bis 180 mm
-	< 0,36 N/mm ² (20% über St)	< 1,0 N/mm ² (St)	> 3,5 mm (10% über DIN 18948)	< 125 mm und > 180 mm

Bewertungskriterien (Quelle: Eigene Darstellung)



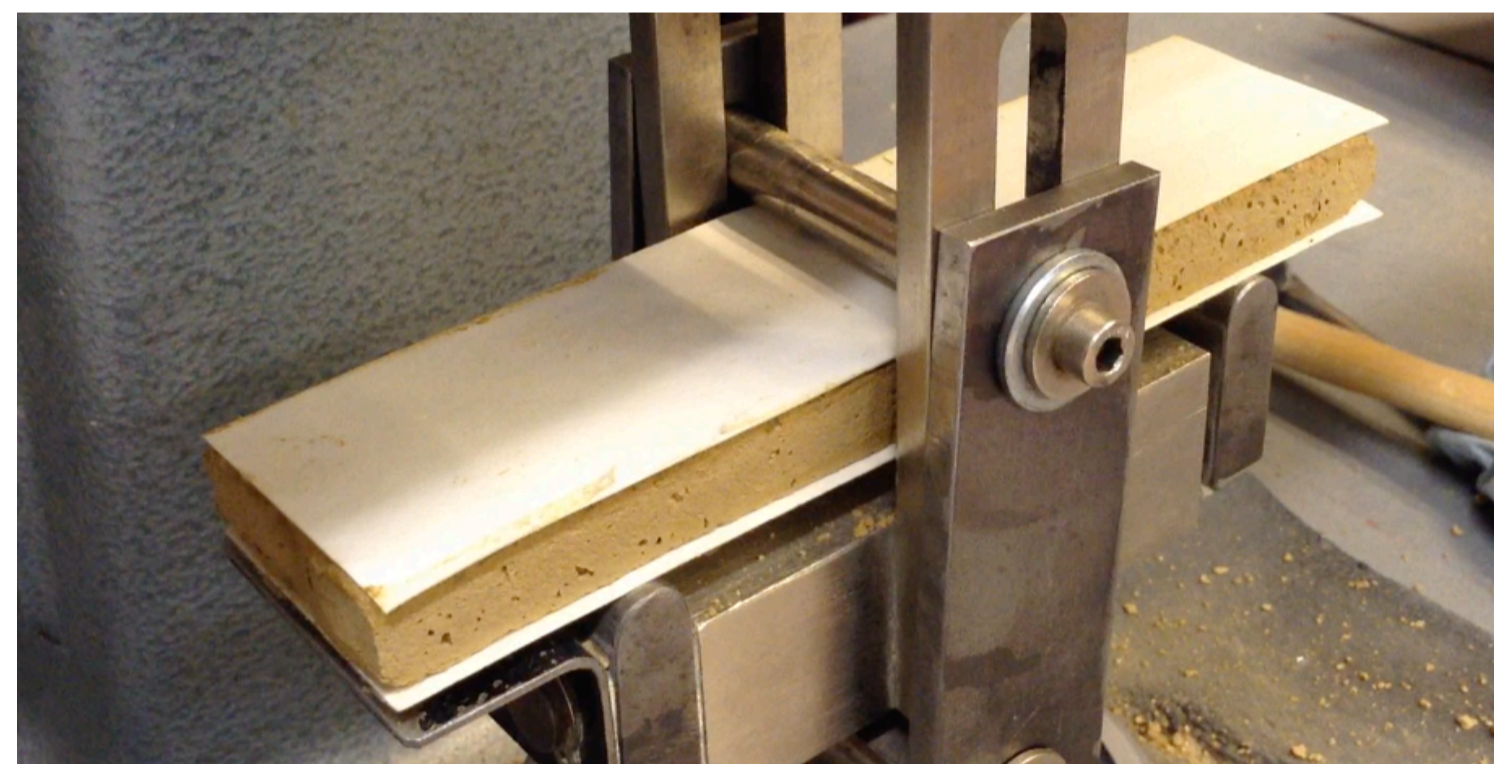
Konsistenz (Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungen zur Realisierung von kartonierten Lehmplatten

Masterarbeit // Ole Weber
Planung nachhaltiger Gebäude // FB IV
Beuth Hochschule für Technik, Berlin
Prof. Dr. Matthias Beck

Hauptuntersuchungen

Die Hauptuntersuchungen werden mit der aus den Voruntersuchungen ausgewählten Rezeptur Exp0,35_wt0,6 durchgeführt. Die Herstellung der Probekörper und dessen Prüfung auf die mechanischen Eigenschaft findet nach DIN 18948 für Lehmplatten mit einer Stärke von 12,5 mm statt. Die wesentliche Festigkeit und Biegesteifigkeit der Lehmkartonplatte resultiert aus der Verbundwirkung zwischen Kartonnummantelung und Lehmkern. Dabei wirkt der Karton als Bewehrung in der Zugzone. Eine Delaminierung ist zudem unter dem Gesichtspunkt der Gebrauchstauglichkeit zu vermeiden. Neben den unterschiedlichen Verbundstrategien waren verschiedene Kartonsorten Gegenstand der Untersuchungen.



Probekörper in Biegeprüfmaschine (Quelle: Eigene Darstellung)



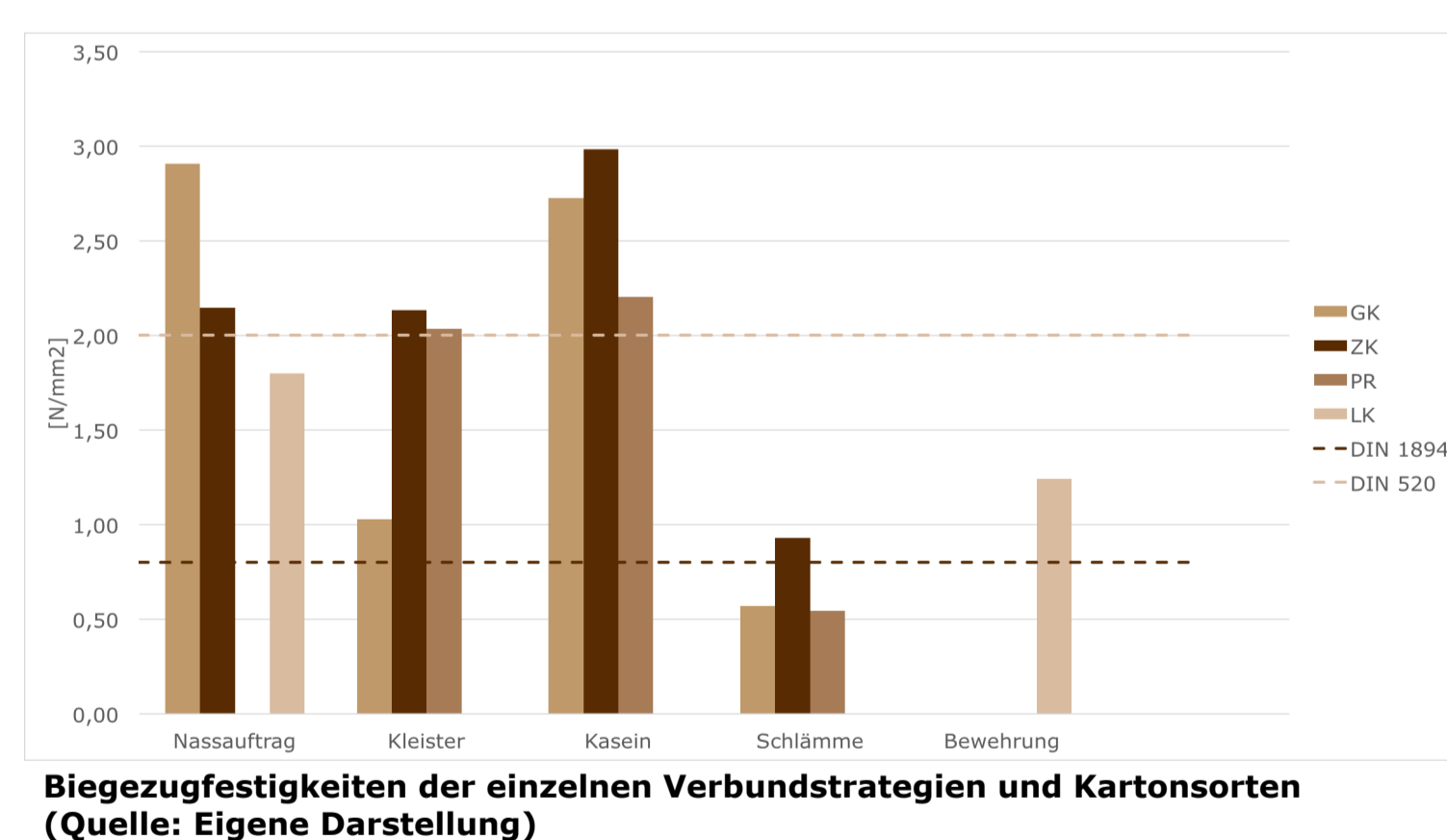
Versagensbild der Probekörper nach Biegezugprüfung (Quelle: Eigene Darstellung)



Probekörper nach DIN 18948 mit den Maßen 160 x 40 x 12,5 mm (Quelle: Eigene Darstellung)

	Nassauftrag	Kleister	Kasein	Schlämme	Bewehrung
GK	2,91	1,03	2,73	0,57	-
ZK	2,15	2,13	2,98	0,93	-
PR	-	2,03	2,20	0,55	-
LK	1,80	-	-	-	1,24
DIN 18948	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
DIN 520	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Übersicht der Biegezugfestigkeiten der einzelnen Verbundstrategien (Quelle: Eigene Darstellung)

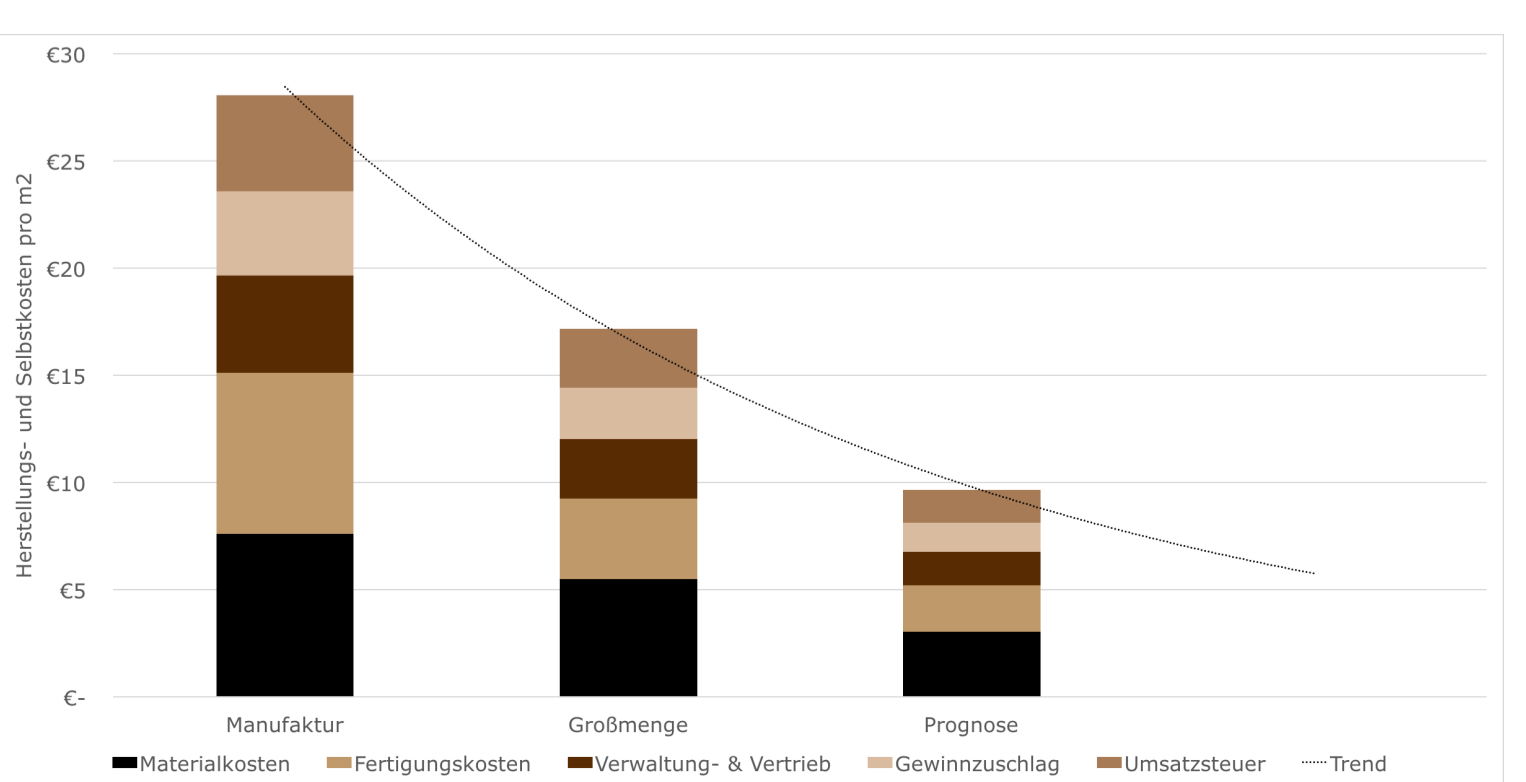


Biegezugfestigkeiten der einzelnen Verbundstrategien und Kartonsorten (Quelle: Eigene Darstellung)

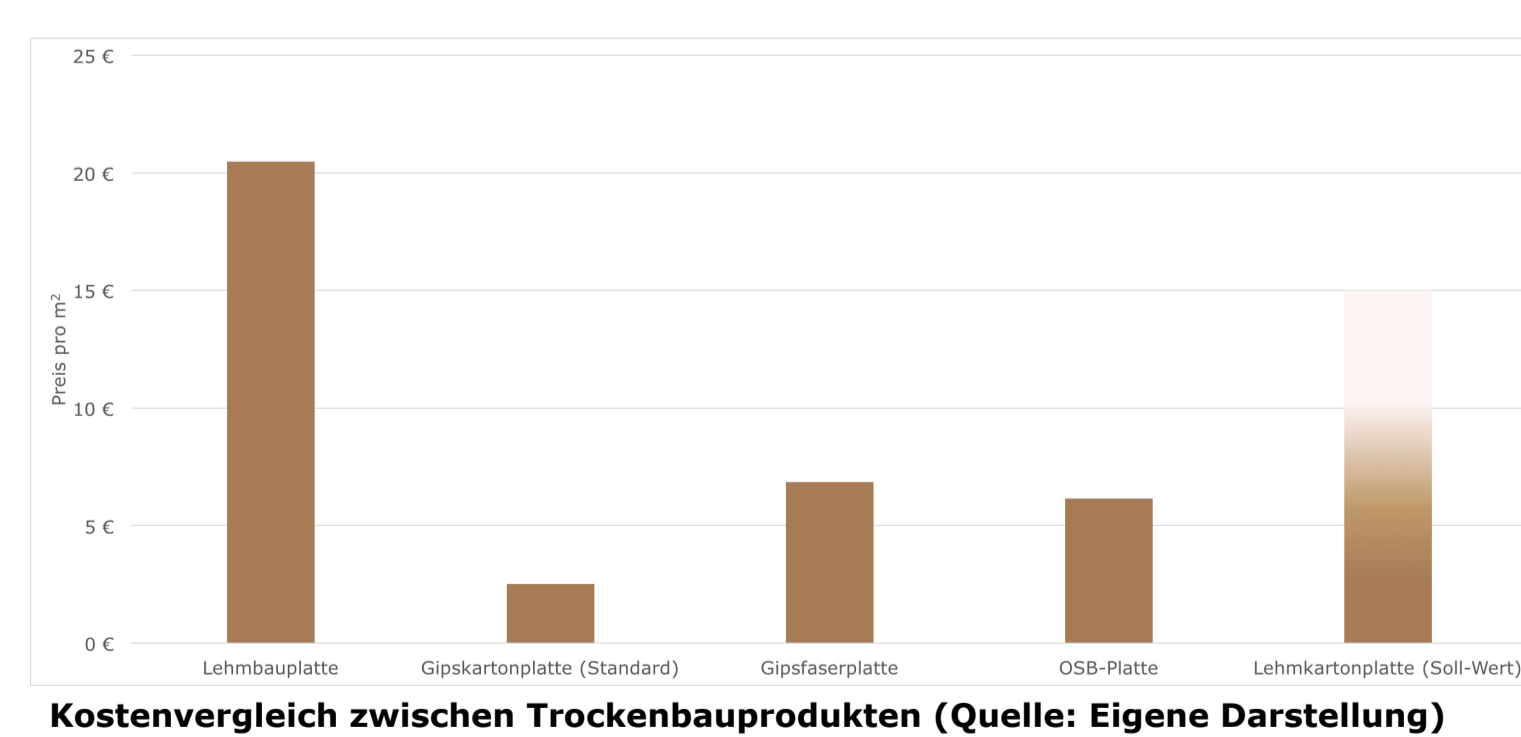
Bei einem Kaseinverbund liegen die Festigkeiten konstant über denen, die in der Norm gefordert sind. Zudem weist das Bruchverhalten auf einen stabilen Verbund zwischen Karton und Lehm hin, da entweder der Karton reißt, oder das Lehmgefüge versagt. Das begünstigt neben einer hohen Festigkeit zusätzlich den Widerstand gegenüber einer Delaminierung. Zwar weisen andere Verbundarten ebenfalls einen Messwert über der Norm auf, dennoch schließt die mangelnde Haftung des Kartons eine ausreichende Gebrauchstauglichkeit auf.

Kostenschätzung

Mit Hilfe einer Kalkulation zur Berechnung der Herstellungs- und Selbstkosten werden die möglichen Kosten einer Lehmkartonplatte geschätzt und abgebildet. Die Betrachtung findet unter drei unterschiedlichen Szenarien statt, sodass verschiedene Produktionsmaßstäbe berücksichtigt werden können. Dargestellt werden dabei die Kosten im Manufakturbetrieb, die Verwendung von Großmengen und ein Industriemaßstab als Prognose, die Großmengen und industrielle Produktion zusammenfasst. Wesentlicher Einflussfaktor liegt in den Fertigungskosten, die durch den Produktionsmaßstab und die Produktionstechnik festgelegt werden. Die Trendlinie greift die Kostenreduzierung auf und zeigt weitere denkbare Kostenentwicklungen auf.



Herstellungs- und Selbstkosten pro m² Lehmkartonplatte (Quelle: Eigene Darstellung)



Kostenvergleich zwischen Trockenbauprodukten (Quelle: Eigene Darstellung)

Wichtiger Aspekt von nachhaltigen Produkten ist nicht nur der ökologische Faktor, sondern auch die ökonomische Betrachtung. So stehen ökologische Alternativen unweigerlich im direkten Vergleich zu den konventionellen Produkten. Eine breite Anwendung, die anzustreben ist, wird demnach nur erreicht, wenn die Kosten nicht übermäßig über dem Durchschnitt liegen. Im direkten Kostenvergleich liegen die gängigen Lehmplatten weit über den konventionellen Produkten. Die Lehmkartonplatte ordnet sich je nach Kalkulation im oberen Mittelfeld an. Eine kostenmäßig ansprechende Alternative wird bei Erreichen eines Quadratmeterpreises von 6 € vermutet.

Die Herangehensweise nach FULLER erweist sich als hilfreicher Ansatz zur Findung einer geeigneten Lehmischung. Im Probenmaßstab ist die Realisierung einer Lehmkartonplatte unter dem Gesichtspunkt der Biegezugfestigkeit möglich. Die geforderten Biegezugfestigkeiten übertreffen bei einem Verbund mit Kaseinleim die Grenzwerte der Normen für Lehm- und Gipskartonplatten. Für weitere Untersuchungen ist ein Fokus auf die Gebrauchstauglichkeit, sowie einen realen Maßstab zu setzen. Dabei ist die Entwicklung der Kosten zu berücksichtigen. Eine Lehmkartonplatte ermöglicht niedrigere Qualitätsstufen in der Oberflächengüte als Lehmplatten. Dadurch ist ein größerer Markt zu erwarten, der einen positiven Einfluss auf die Kostenentwicklung hat.

