

Eine Studie über die Verwendung natürlicher Biopolymere in traditionellen Lehmhäusern in Kerala, Indien

Diese Arbeit befasst sich mit den natürlichen Stabilisatoren, die Lehmputzen in der Region Kerala traditionell beigemischt werden. Zuschläge und Zusätze auf pflanzlicher und tierischer Basis im Lehmputz verbessern dessen Eigenschaften in Bezug auf Härte, Verarbeitung und Wasserbeständigkeit. Da einige dieser Zusatzstoffe nur unter bestimmten Herstellungs- und Umgebungsbedingungen effektiv sind, hängt ihre Wirksamkeit häufig von traditionellem Wissen und Können ab. Die gebräuchlichsten natürlichen Zuschläge und Zusätze sind Kuh- und Pferdedung, gekochte Weizenpaste, Kaktusssaft, Kasein (Milchweiß), die Blätter und Rinden bestimmter Bäume, natürliche Öle, Gerbstoffe usw. [1]

Die Stabilisatoren tierischen und pflanzlichen Ursprungs lassen sich aufgrund ihrer molekularen Zusammensetzung grob in Polysaccharide, Lipide, Proteine und Sonstige einteilen. Die Gruppe der Polysaccharide umfasst Makromoleküle aus der Familie der komplexen Zucker. Zellulose, Stärke, die Haupt-

moleküle von natürlichen Gummiarten und Pflanzensäften sind Polysaccharide. Lipide sind die Fette von Lebewesen. Durch ihre langen Fettsäureketten sind sie hydrophobe, in Wasser unlösliche Moleküle. Proteine sind lebende Makromoleküle, die aus einer oder mehreren Aminosäureketten bestehen. Sie haben sowohl hydrophobe als auch hydrophile Anteile. Milchcasein, Albumin aus Blut oder Ei, Kollagen aus Haut und Knochen sind Proteine tierischen Ursprungs. Die letzte Gruppe umfasst sonstige lebende Moleküle, die nicht in die drei zuvor erwähnten großen Gruppen passen. Dabei handelt es sich hauptsächlich um phenolische Verbindungen: Gerbstoffe, Harze usw. [2 p. 13]

Natürliche Zusatzstoffe und ihre Biopolymere

Nebenprodukte von Kühen

Quark, Dung und Urin werden in verschiedenen Regionen der Welt als natürliche Stabilisatoren im Lehmbau verwendet. In Indien ist die Verwendung

01 Kuhdung in der Anwendung



von Dung und Urin am weitesten verbreitet. Diese werden seit Jahrhunderten im traditionellen Lehm-bau genutzt, sowohl in Kerala als auch in ganz Indien.

Chanakam

Chanakam ist der gebräuchliche Begriff für Kuhdung in der Region, in der diese Studie durchgeführt wurde. Lehmputze mit Kuhdung als Zusatzstoff sind weit verbreitet und man findet Beispiele für seine Verwendung von den hügeligen westlichen Ghats von Way-anad bis zu den Ebenen von Palakkad und Thrissur.

Verwendung und Nutzen

Chanakam wird in Lehmputzen entweder direkt oder mit Wasser verdünnt verwendet. Um bestimmte Fasergrößen in der Mischung zu gewährleisten, wurden die Kühe in Kerala traditionell eine Woche lang nur mit Gras gefüttert, bevor der Dung gesammelt wurde. Chanakam enthält Zellulose, die ein Polysaccharid ist. Die teilweise Zersetzung der Zellulosefasern und anderer pflanzlicher Fasern ermöglicht eine kontinuierliche Fasergrößenverteilung in der

Mischung. Das Zellulose-Makromolekül ist lang genug, um sich an mehrere Tonplättchen gleichzeitig anzuheften und diese miteinander zu verbinden. Eine homogene und gut proportionierte Mischung trägt zur Bindekraft des Mörtels bei und erhöht die Festigkeit des Putzes [2 p.16]. Der erhöhte Faseranteil im Lehmgemisch führt außerdem zu einem stärkeren Putz, verbesserter Wasserbeständigkeit und weniger Rissen [3]. Kuhdung wirkt auch als Insektenschutzmittel und verhindert, dass Insekten im Lehmputz Eier legen.

Gau Muthram

Gau Muthram ist der gebräuchliche Begriff für Kuhurin in der Region, in der diese Studie durchgeführt wurde. Lehmputze, die Urin enthalten, wurden traditionell in Thrissur gefunden und er wird auch bei vielen modernen Lehmbauten in Kerala und anderen Bundesstaaten Indiens als Zusatzstoff verwendet. Im Hinduismus hat Kuhurin eine besondere Bedeutung als medizinischer Heiltrunk, und dem Besprengen mit Kuhurin wird eine spirituell reinigende Wirkung zugeschrieben.

02 Reisstärke im Wasser nach dem Kochen von Reis





04 Der Quergestreifte Schlangenkopffisch und der Schleim, den er in das Wasser absondert

Verwendung und Nutzen

Kuhurin wird dem Lehmputz zusammen mit allen anderen Bestandteilen zugesetzt, die – in der Regel mit Wasser – gemischt werden, bis die richtige Konsistenz erreicht ist. Es wird allgemein empfohlen, den ersten Urin des Morgens zu sammeln. Der Harnstoff dient als Bindemittel und kann verwendet werden, um das Schwinden des Lehms zu verringern, Risse zu vermeiden und die Erosionsfestigkeit des Materials zu verbessern [4].

Reis und seine Nebenprodukte

Reis ist ein Grundnahrungsmittel, das in den Ebenen Keralas angebaut wird. Es ist daher verständlich, dass Reis traditionell eine wichtige Rolle spielt, auch im natürlichen Bauen. Während die Körner geschält und zum Kochen verwendet werden, werden die Spelzen, das Stroh und auch das Kochwasser dem Lehm für Bauzwecke hinzugefügt. Das Stroh wird als „Aggregat“ ähnlich wie Sand zugefügt, um eine stabilere Mischung zu erhalten und Risse zu vermeiden, während

03 Reisspelzen



die Spelzen und das Reiswasser (Kanjivellam) als Zuschläge hinzugefügt werden, um die Eigenschaften des Lehmputzes zu verbessern.

Reisstärke

Kanjivellam – Kanji (gekochter Reis) und Vellam (Wasser) – ist die Bezeichnung in Malayalam für das Wasser, in dem der Reis gekocht wird.

Verwendung und Nutzen

Traditionell wurde das Wasser, das als Rückstand von kochendem braunem Reis anfiel, hauptsächlich als Zusatz für Lehmwände und Lehmputze verwendet. Durch die Zugabe von Kanjivellam lässt sich eine Lehmmischung zum Zeitpunkt des Verputzens besser verarbeiten. Nach dem Trocknen hilft die Stärke, die Tonpartikel zusammenzuhalten, wodurch sie härter werden. Putze, die Stärke als Stabilisator verwenden, wirken auch dem Abstauben oder Abblättern des Putzes entgegen [3]. Die im gekochten Reiswasser enthaltene Substanz ist Stärke, die ebenfalls zur Familie der Polysaccharide gehört. Das Stärke-Gel ist strukturrig, d.h. je mehr es bewegt wird, desto flüssiger wird es. Beim Trocknen kleben die Polysaccharid-Gele stärker an den Tonen im Lehm, wodurch die Eigenschaften der Putzschicht verstärkt werden [5].

Reisspelzen

Ummi oder Reisspelzen sind die harte, schützende Hülle der Reiskörner. Obwohl Ummi ein Nebenprodukt der landwirtschaftlichen Produktion ist, hat es eine eigene Bedeutung erlangt und wird traditionell für verschiedene Zwecke verwendet. Im Gebiet von Wayanad wird Ummi in hohem Maße als Zuschlagstoff für Lehmwände, Mörtel und Putze in einheimischen Häusern verwendet.

Verwendung und Nutzen

Ummi ist ein gängiger Zuschlag für Lehmputze und Mörtel. Die Spelzen können dem Lehmgemisch direkt zugesetzt und der Gärung überlassen werden, während das Gemisch ein oder zwei Tage vor der Anwendung ruht. Die Reisspelzen stärken den Putz, verringern die Rissbildung und machen ihn haltbarer. Wenn sich Ummi zersetzt/fermentiert, wird Zellulose, ein Polysaccharid, freigesetzt. Die Fermentation macht es möglich, dass sich die Zellulosemoleküle und andere mikroskopisch kleine Fasern trennen, so dass sich die Kontaktfläche zwischen den Tonpartikeln und diesen Pflanzenfasern vervielfacht. Einige Bakterien produzieren auch Exopolysaccharide, die die Partikel binden und zu Klebstoffen werden, wodurch die Putze zähflüssiger und leichter aufzutragen sind [2 p. 18].

Asche

Kari ist die Bezeichnung für Asche in Malayalam. Kari aus der Verbrennung von Reisspelzen und Reisstroh wird als Zusatzstoff verwendet. Auch die Lehmhäu-

ser in der Region Thirunelly in Wayanad verwendeten Kari traditionell als Schutzschicht, um die Lehmwände bei Regen vor Spritzwasser zu schützen.

Verwendung und Nutzen

Kari wird als Anstrich auf einem Lehmputz verwendet oder der Lehmmischung für einen Oberputz beigemischt. Das Reisstroh/die Reisspelzen werden verbrannt, und die Aschenreste werden gesammelt und für den Lehmputz verwendet. Die Reisspelzenasche erhöht nachweislich die Wasser- und Säurebeständigkeit [6]. Kari ist für seine puzzolonischen Eigenschaften bekannt. Die Asche enthält das Mineral Siliziumdioxid, welches sich mit den Tonpartikeln vermischt und so die Eigenschaften der Lehmmischung verbessert.

Süßwasserfisch – Quergestreifter Schlangenkopffisch (*Channa striata*)

Der Varaal oder Quergestreifte Schlangenkopffisch ist ein Süßwasserfisch, der hauptsächlich in Teichen, Reisfeldern und Flüssen Südostasiens vorkommt. Er

05 Verfahren zur Gewinnung des Saftes aus der Ranke





06 Gewinnung von Panachikaya

ist in den Backwaters von Kerala weit verbreitet. Der Fisch kann an Land atmen und kriechen, da er über zusätzliche Atemorgane verfügt, um Dürreperioden zu überleben. Seine Schleimsekrete wurden häufig in Gebieten verwendet, die an die Backwaters oder Flüsse angrenzen, zum Beispiel in den traditionellen Lehmhäusern von Thrissur, Guruvayoor und der Region Kottayam.

Verwendung und Nutzen

Im Gegensatz zu Beispielen in Afrika, wo der Fisch (*Silurus*) gedünstet wird, um Öle oder Extrakte zum Beimischen in den Lehmputz zu gewinnen [7], bleibt der Fisch hier unversehrt. Der Schleim, den der Fisch auf natürliche Weise ins Wasser absondert, wird gesammelt und mit dem Lehm vermischt, um einen widerstandsfähigeren Putz zu erhalten. Das klebrige Wasser aus dem von den Fischen abgesonderten Schleim trägt zu einer besseren Verbindung aller Bestandteile bei und sorgt für einen festeren und wasserbeständigeren Putz. Der Varaalschleim ist reich an Proteinen und enthält Netzwerke von Aminosäuren, insbesondere Kollagen (die chemische Zusammensetzung ist eine Hypothese, die auf dem Vorhandensein von Aminosäuren beruht und wissenschaftlich überprüft werden muss). Proteine reagieren stark mit Ton, da Ton die hydrophilen Partikel absorbiert, so dass sich die hydrophoben Partikel in der Nähe der Oberfläche des Putzes konzentrieren, wodurch dieser wasserbeständiger wird [2 p. 30].

Oonjalvalli – *Cissus glauca* Roxb

Oonjalvalli ist eine Kletterpflanze, die in Ostindien, Maharashtra, Konkan südwärts bis nach Kerala und den Andamanen vorkommt. Die Pflanze wird in Malayalam auch Marigampuli genannt.

Verwendung und Nutzen

Der Stiel dieser Kletterpflanze wird zerkleinert und in Wasser gelegt, wodurch er innerhalb weniger Stunden zähflüssig wird (Konsistenz von Eiweiß). Das aus dem Stiel dieser Kletterpflanze gewonnene pflanzliche Gel wird als Zusatz in Kalk- und Lehmputzen verwendet. Das Gel gehört zur Familie der Polysaccharide, und die meisten traditionellen Stabilisatoren, die aus Pflanzen oder Kräutern stammen, fallen in diese Kategorie. Das Zerreiben des Stängels zur Herstellung des Gels bewirkt, dass es an den Tonmolekülen im Lehm haftet. Polysaccharide verfestigen den Lehm, indem sie eine mikroskopische Verstärkung mit den Tonpartikeln bilden. Sie verändern auch die Konsistenz des Mörtels und erleichtern das Auftragen des Putzes [2 p. 14].

Panachikaya – *Cochlospermum religiosum*

Panachikaya ist ein tropischer Baum, der in Kerala und im Bezirk Kochi zu finden ist und der traditionell für viele verschiedene Zwecke genutzt wird. Bei der Restaurierung des Vadakkanathan-Tempelkomplexes in Thrissur, dessen Bauwerke teilweise aus dem 5. Jahrhundert stammen, wird Kalkputz in derselben Zusammensetzung wie schon beim ursprünglichen Bau verwendet. Während des Restaurierungsprozesses wurde Muschelkalk (aus pulverisierten Muscheln) zusammen mit neun verschiedenen Kräutern und Jaggery (Zucker) verwendet. Zu den Kräutern gehören Oonjalvalli und Panachikaya [5].

Verwendung und Nutzen

Die Frucht dieses Baumes sondert eine klebrige Flüssigkeit ab, die als Zusatzstoff in Naturputzen verwendet wird. Die Frucht hat eine dicke Schale (ca. 5 mm) und wird zerquetscht und zusammen mit der Schale

Tabelle 1 Bezeichnung der Proben

Zusätze	5%	5% nach 5 Tagen
keine	0	0
Kanjivellam	1B	1B/5
Varaal	2B	2B/5
Pananchikaya	3B	3B/5
Oonjalvalli	4B	4B/5

Tabelle 2 Ergebnisse des Wassererosionstest

Probe	Trockengewicht kg	Zeitintervall min	Nassgewicht +Stand kg	Nassgewicht kg	Loch Ø mm	Tiefe Ø mm
0	0,345	10	null	0,249	30	10
		30	null	keine Probe vorh.	null	null
1B	0,372	10	0,71	0,401	7	1,5
		30	0,72	0,409	d1-25, d2-32	15
1B/5	0,383	10	0,72	0,411	18	15
		30	0,74	0,435	22	18
2B	0,366	10	0,70	0,389	8	7
		30	0,721	0,409	d1-33, d2-25	18
2B/5	0,371	10	0,71	0,401	d1-20, d2-25	10
		30	0,72	0,416	d1-20, d2-25	19
3B	0,365	10	0,71	0,398	null	null
		30	0,71	0,404	d1-8, d2-20	13
3B/5	0,379	10	0,72	0,412	15	1,5
		30	0,73	0,425	d1-22, d2-25	18
4B	0,346	10	0,68	0,368	18	20
		30	0,71	0,392	30	20

07 Wassererosion – Tropftest





08 Abriebtest

in Wasser gelegt, so dass das Wasser leicht schaumig und klebrig wird. Es ist nicht so zähflüssig wie das Gel von Oonjalvalli und wird hauptsächlich als Zusatz in Kalkputzen verwendet. Das Gel gehört zur Familie der Polysaccharide, wie die meisten traditionellen Stabilisatoren auf pflanzlicher Basis. Wie bei Oonjalvalli wird beim Zerdrücken der Früchte ein Gel freigesetzt, das die Haftung am Lehm fördert. Polysaccharide aus pflanzlichen Gelen modifizieren die Konsistenz des Mörtels und verbessern das Auftragen des Putzes [2 p. 14].

Eigenschaftsprüfungen

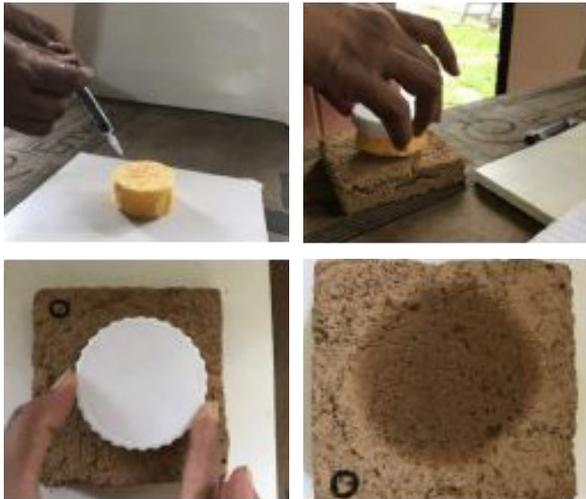
Die Eigenschaftsprüfungen wurden mit einigen der oben genannten Zusätzen durchgeführt, um ein Bild von deren Auswirkungen auf die Wasserbeständigkeit und Abriebfestigkeit der Lehmmischung zu erhalten. Bei der Auswahl der Prüfungen im Rahmen dieser Studie wurde berücksichtigt, inwieweit sich diese Prüfungen auf Baustellen und in provisorischen Labors ohne große Mühen reproduzieren lassen. Im Hinblick auf zukünftige Eigenschaftsprüfungen natürlicher Zuschläge und Zusätze, die in verschiedenen Dörfern in Indien gefunden wurden, wurden einfache Prüfverfahren ausgewählt, die helfen sollen, Eigenschaftsverbesserungen ohne komplizierte Ausrüstung zu untersuchen. Die Lehmproben mit den natürlichen Zusätzen wurden einer Vergleichsprobe mit einem Erde-Sand-Verhältnis von 1:2 gegenübergestellt, um zu verstehen, inwiefern sich ihre Eigenschaften von denen einer Lehmputzgrundmischung unterscheiden. Der Wassergehalt, der hinzugefügt

Tabelle 3 Ergebnisse des Abriebtests

Probe	Trockengewicht vorher kg	Trockengewicht nachher kg
0	0,373	0,363
1B	0,372	0,367
1B/5	0,389	0,379
2B	0,358	0,344
2B/5	0,379	0,366
3B	0,373	0,367
3B/5	0,378	0,368
4B	0,347	0,335
4B/5	0,355	0,346

wurde, um die gewünschte Konsistenz für das Verputzen zu erhalten, wurde bei allen Proben konstant gehalten. Sämtliche Proben wurden mit einer 10 x 10 x 2 cm großen Form hergestellt und in einem Heißluftofen bei niedrigen Temperaturen zwischen 50-100°C getrocknet. Die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit während der Zubereitung der Mischungen betrug im Durchschnitt 28°C und 80% RH.

Die natürlichen Stabilisatoren wurden der Lehmputzgrundmischung mit 5 Gew.-% zugesetzt und mit „B“ gekennzeichnet. Weitere Proben mit 5 Gew.-% Stabilisatoren ruhten für 5 Tage, bevor sie in die Form gefüllt wurden. Diese Proben wurden mit „B/5“ gekennzeichnet.



Kapillaritätskoeffizient

$$W_a = P_i - P_f / 23.75t \quad \text{in g/cm}^2$$

t = Kontaktzeit in Minuten

P_i = Ausgangsgewicht in Gramm

P_f = Endgewicht in Gramm

Schwammoberfläche: 23.75 cm²

09 Schwammtest

Tabelle 4 Ergebnisse des Schwammtests

Probe	Trockengewicht (Schwamm+Gehäuse)	P _i (Ausgangsgewicht)	P _f (Endgewicht)	W _a	Beobachtung
0	0,018	0,025	0,021	0,000168	Ø 7 cm Wasserfleck
1B	0,018	0,025	0,021	0,000168	Ø 6,2 cm Wasserfleck
1B/5	0,018	0,025	0,021	0,000168	Ø 6,5 cm Wasserfleck
2B	0,018	0,025	0,021	0,000168	Ø 5,8 cm
2B/5	0,017	0,025	0,022	0,000126	Ø 6,0 cm
3B	0,018	0,025	0,021	0,000168	Ø 6,5 cm
3B/5	0,018	0,025	0,018	0,000294	Ø 6,4 cm
4B	0,018	0,025	0,019	0,011281	Ø 6,7 cm
4B/5	0,018	0,025	0,019	0,011281	Ø 6,5 cm

Wassererosionstest–Tropftest

Das Prinzip dieses Tests besteht darin, Wassertropfen aus einer Höhe von 145 cm für eine Dauer von 30 Minuten auf die Proben fallen zu lassen. Dieser Test ermöglicht es, das Verhalten jeder Mischung bei anhaltender Wassereinwirkung zu beobachten und daraus auf ihr Verhalten in der Wand und ihre Wasserfestigkeit zu schließen.

Tabelle 2 zeigt das Verhalten der Proben unter kontinuierlicher Wassereinwirkung (1 Tropfen pro Sekunde). Von den fünf Zusätzen waren die leistungsstärksten Mischungen die 3B-Mischungen, d.h. Mischungen, die Panachikaya als Zusatzstoff verwendeten.

Abriebtest–Metallbürstentest

Eine Metallbürste mit einer spezifischen Masse von 3 kg wird zum Reiben auf der Oberfläche der Probe verwendet. Eine einzige Hin- und Herbewegung

der Bürste wird als ein Abriebzyklus betrachtet. Das Bürsten wird 10 Zyklen lang fortgesetzt. Die Messung besteht aus dem Wiegen der Probe vor und nach dem Bürsten. Tabelle 3 zeigt die Abriebfestigkeit der einzelnen Proben.

Schwammtest

Dieser Test ist ein einfaches Mittel zur Messung der Kapillarität der Bodenprobe. Ein Schwamm mit einer festgelegten Größe, der eine abgemessene Wassermenge enthält, wird für eine Zeit von 3 Minuten an die Probe gedrückt. Das Kunststoffgehäuse, in dem der Schwamm steckt, gewährleistet, dass der auf den Schwamm ausgeübte Druck bei jeder Probe gleich ist. Der Schwamm wird vor und nach dem Experiment gewogen, und aus der Differenz seiner Masse kann der Kapillaritätskoeffizient berechnet werden. Idealerweise sollte dieses Experiment mit einer Messgenauigkeit von 0,01 Gramm durchgeführt werden,

aber für dieses Experiment wurde eine Waage mit einer Messgenauigkeit von 0,1 Gramm verwendet. Tabelle 4 gibt daher das Verhalten dieser Mischungen in einem größeren Bereich an.

Weiterführende Forschung

Ein Hauptziel dieser Studie ist es, das Potenzial der untersuchten natürlichen Stabilisatoren für den Einsatz im konventionellen Bauen aufzuzeigen. Dies würde dazu beitragen, die CO₂-Bilanz von Gebäuden zu reduzieren, indem die Abhängigkeit von Zement und anderen Materialien, deren Herstellung sehr energieaufwändig ist, verringert wird. Im Verlauf dieser Studie war es besorgniserregend zu sehen, wie schnell das traditionelle Know-how verloren geht. Im Falle der Lehmhäuser nimmt die Zahl der Menschen ab, die in ihnen wohnen oder danach streben, in ihnen wohnen zu bleiben. Es ist daher dringend notwendig, sich nicht nur auf die Dokumentation dieser Techniken zu konzentrieren, sondern auch ihre Wiederbelebung zu fördern. Die weitere Forschung über traditionelle Stabilisatoren in Lehmputzen lässt sich somit grob in drei Stufen gliedern.

There is, therefore, an urgent need not just to focus on documenting these techniques but also to look into their revival. Future research on traditional stabilisers in earthen plasters can be broadly categorised into three parts:

- weiterführende Untersuchungen und Entwicklung der vorliegenden Ergebnisse,
- weitere Dokumentation traditioneller Rezepte in dieser Region und in anderen Teilen Indiens,
- Wiederbelebung der traditionellen Rezepte für die konventionelle Baupraxis.

Abschließende Betrachtungen

Während der gesamten Studie war es bemerkenswert zu sehen, wie viel tiefgreifendes traditionelles Wissen über natürliche Ressourcen existiert, das zu den verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten geführt hat. Es stellte sich heraus, dass die meisten der in diesem Text diskutierten Inhaltsstoffe nicht nur im Lehmbau, sondern z.B. auch für medizinische Zwecke verwendet werden. Die in traditionellen Putzen verwendeten Zusatzstoffe hängen stark von den am jeweiligen Ort verfügbaren natürlichen Ressourcen ab. Wir sehen zum Beispiel, dass in den landwirtschaftlichen Ebenen Reis und andere Nebenprodukte als Zusatzstoffe verwendet werden, während in den Bergregionen mit Zugang zu wilden Bäumen wie Kulamavu Pflan-

zensaft für den gleichen Zweck genutzt wird. Diese Kernpunkte des Ressourcenmanagements und der Nutzung regional verfügbarer Materialien sind wichtige Faktoren, die bei heutigen Bauprojekten oft außer Acht gelassen werden. Baumaterialien werden aus allen Teilen der Welt importiert, ohne Rücksicht auf die Region oder den Standort des Bauvorhabens, was zu Gebäuden mit einer höheren Energie- und CO₂-Bilanz führt. Es liegt auf der Hand, dass wir mit dem Wissen unserer Vorfahren wichtige Lösungen für unsere zukünftige Entwicklung finden können.

Referenzen

- [1] Jacob Deva Racusin and Ace McArleton, *The Natural Building Companion*. Chelsea Green Publishing Co., 2013.
- [2] Aurelie Vissac, Ann Bourges, David Gandreau, Romain Anger and Laetitia Fontaine, *Argiles & Biopolymères: Les Stabilisants Naturels Pour La Construction En Terre*. Villefontaine: CRAterre Editions, 2017.
- [3] Michael Henry and Tina Therrien. *Essential Natural Plasters: A Guide to Materials, Recipes, and Use* (Sustainable Building Essentials Series). New Society Publishers, 2018.
- [4] Mohammed Ali Bahobail, *The mud additives and their effect on thermal conductivity of adobe bricks*. Journal of Engineering Science – Faculty of Engineering, Assuit University (2012).
- [5] Thirumalini P. et al., *Study on the performance enhancement of lime mortar used in ancient temples and monuments in India*, 1484.
- [6] Leslie Rainer, Angelyn Bass Rivera and David Gandreau. *Terra 2008: Proceedings of the 10th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage*, Los Angeles: Getty Conservation Institute/Getty Publication, 2011.
- [7] Aurélie Vissac, Laetitia Fontaine and Romain Anger, *Recettes traditionnelles & Classification des stabilisants d'origine animale ou végétale*, PaTerre+. Interactions argiles/biopolymères: patrimoine architectural en terre et stabilisants naturels d'origine animale et végétale. 09/2011-09/2013: 35.

Kontaktangaben

E-Mail: rosiepaul87@gmail.com

