

L. Krakow

ClayZero® – Innovationspreis für neuen Lösungsansatz zur Schonung von Ressourcen und Umwelt



Dr. Lutz Krakow (48) hat an der Georg-August-Universität Göttingen Geologie und Paläontologie studiert. Seit 1992 ist er Inhaber des geotechnischen Tonminerallabors Dr. Krakow RC, das auf komplexe Beratungen in den Bereichen Lagerstättenerkundung, Ziegelindustrie und Umwelttechnik spezialisiert ist. Im Jahr 2000 hat Dr. Krakow die ClayServer GmbH gegründet. Schwerpunkt ist Vertrieb und Logistik von Schiefer-tonen. Daneben werden Ziegelwerke mit Filterkuchen aus der Kies- und Sandwäsche beliefert. Von rustikaler Bodenständigkeit des Speditionsgewerbes bis hin zur Erforschung der Tone in thermokonstanten Laborräumen ist damit die gesamte Bandbreite vertreten. Weitere Informationen unter: www.dr-krakow-labor.de

KURZFASSUNG Der weltweite Verbrauch an Energie und Rohstoffen steigt weiter rasant an. Deshalb ist Ressourcenschonung ein Megathema unserer Zeit. So werden in nur 18 Monaten weltweit rund 630 Mio. t Ton verbraucht [1]. Bei der kritischen Bewertung dieser absoluten Zahl ist jedoch entscheidend, dass der Verbrauch an Ton die natürliche Regeneration erheblich überschreitet. Ziel einer wirklich nachhaltigen Baustoffproduktion muss es deshalb sein, die Inanspruchnahme von Umwelt und geologischen Ressourcen soweit wie möglich zu reduzieren [2]. In diesem Interesse ist es dem Labor Dr. Krakow RC, Göttingen, erstmals gelungen eine Basisrezeptur für die Herstellung absolut georessourcenfreier Mauerziegel zu entwickeln. Als Substitut für natürlichen Ziegelton kommen feinteilige Rückstände aus der Kies- und Sandwäsche zum Einsatz, die derzeit überwiegend noch in unproduktiven Schlammteichen deponiert werden. Bei aller Innovation kommt der Gewinnung natürlicher Tonressourcen nach wie vor primäre Bedeutung zu. Nicht ein radikaler Bruch in der Rohstoffversorgung der Ziegelwerke sondern ein behutsames Prüfen und ein sinnvolles Miteinander beider Möglichkeiten sind angezeigt. Entsprechend verliert die langfristige Sicherung natürlicher Tonressourcen keineswegs an Aktualität.

ABSTRACT ClayZero® – Innovation Award for a Novel Approach to Ecological and Resource Saving Solutions

Energy and raw materials consumption continue to increase dramatically on a worldwide scale. Saving resources has therefore become one of the key topics of our time. Worldwide clay consumption, for example, reaches a total of 630 million tonnes within a period of just 18 months [1]. The fact that this figure significantly exceeds the natural regeneration capacity of clay must be made a decisive element in any critical, realistic evaluation of this figure. To be truly sustainable, building materials production must aim to reduce the use of geological resources as far as possible [2]. Bearing this in mind, the laboratory Dr. Krakow RC, Göttingen, has now succeeded in developing the first ever brick composition that contains absolutely no georesources whatsoever. As a substitute for natural brick clay the recipe uses fine residues from gravel and sand washing processes, which are still largely being dumped in non-productive sludge ponds. Despite the innovation, the production of natural clay resources still assumes primary importance. Rather than a radical break with traditional raw materials, a careful appraisal and well-balanced co-existence of the two options appear to be advisable for the brick industry. Securing clay resources for the long term thus loses none of its topicality.

STICHWÖRTER Ressourcenschonung, Verwertungspotential, Kreislaufwirtschaft, Nachhaltigkeit, Baustoff Ziegel, Kieswaschschlamm, Filterkuchen, Sekundärrohstoff, Ressourceneffizienz

Keram. Z. 60 (2008) [4]

1 Verbrauch und Regeneration von Ton

Seit Jahrtausenden werden Ziegel aus Lehm und Ton hergestellt. Deutlich untergeordnet kommen Abmagerungsstoffe wie z. B. Natursande zum Einsatz. Bei der ausschließlich oberflächennahen Gewinnung der Rohstoffe sind Eingriffe in Landschaft und Ökosysteme von je her unvermeidbar. Obwohl der weltweite Verbrauch an Ton im Vergleich zu einigen anderen Rohstoffen eher als gering einzustufen ist, ergeben sich bei absoluter Betrachtung beachtliche Größenordnungen: So werden in 18 Monaten weltweit ca. 630 Mio. t an keramischen Tonen benötigt. Bei einer

mittleren Distanz von 384.403 km entspricht dies immerhin der Länge einer LKW-Kolonne von der Erde bis zum Mond (Bild 1).

Tonminerale entstehen in geologischen Zeiträumen durch chemische Verwitterung feldspatreicher Ausgangsgesteine in tropischen und subtropischen Klimazonen. Die Verwitterungskrusten der Ausgangsgesteine werden durch Wasser, Wind oder Eis abgetragen. Durch Transport und nachfolgende Ablagerung werden die neu gebildeten Tonminerale dann zusammen mit resistenten Verwitterungsresten, wie Quarz, Feldspäten oder Glimmerschuppen in geomorphologischen Senken zu Tonlagerstätten angereichert. Die Sedimentation kann in ganz unterschiedlichen Bereichen, wie auf dem Land in Überflutungsgebieten von Flüssen, in Binnenseen und Flussdeltas oder auf dem Schelf und im offenen Meer erfolgen. Die Sedimentationsraten unterliegen entsprechend großen Schwankungen von 0 bis über 500 mm in 1000 Jahren. Modellhaft kann im Mittel von nur 30 mm Sediment in 1000 Jahren ausgegangen werden [3]. Damit gehören Tone faktisch zur Gruppe der fossilen und nicht-erneuerbaren Rohstoffe. Einen Versuch der Veranschaulichung zeigt Bild 2.

2 Tradition – Ziegelherstellung aus Naturton

Der Ziegel gehört zu den ältesten und gleichzeitig modernsten Erzeugnissen der Menschheit. Es ist die Summe seiner exzellenten bauphysikalischen Eigenschaften die den Ziegel seit über 4000 Jahren zum absoluten Klassiker unter den Baustoffen macht.



Bild 1 • Visualisierung des weltweiten Tonverbrauchs in 18 Monaten



Bild 2 • Tonschichten entstanden in 9000 Jahren Erdgeschichte

Herausragende Merkmale sind vor allem die hohe Langzeit- und Wertbeständigkeit sowie der optimale Witterungs- und Wärmeschutz. Aber auch in Bezug auf Schallschutz, Dampfdiffusionsfähigkeit, Feuerwiderstand, Ästhetik, optische Gestaltungsvielfalt und Recyclingfähigkeit setzt der Ziegel Maßstäbe [4].

2.1 Begrenzungen der natürlichen Rohstoffbasis

Wichtigste Rohstoffe der Ziegelindustrie sind Lehme, Tone und Schiefertone. Von ihrer geologischen Entstehung sind sie ausgewählten Schichtfolgen des Oberen Paläozoikums bis Känozoikums, entsprechend eines geologischen Alters von bis zu 350 Millionen Jahren zuzuordnen [5]. Bei der bereits erwähnten Sedimentation der Tonpartikel kann es immer wieder zur Vermischung mit anderen Substanzen kommen, wodurch die Qualität der Tone empfindlich herabgesetzt wird. Hierzu zählt z. B. die Bildung von Kalkschichten durch sporadische Fällung von Calcit und Dolomit aus dem Meerwasser. Auch Skelette von Meeresorganismen können zu einem nennenswerten Kalkgehalt im Ton führen, der z. T. in grobkristalliner und damit sprengfähiger Form vorliegt. Ein weiteres Beispiel ist der Eintrag organischer Substanz, die überwiegend vom Phytoplankton, z. T. aber auch durch eingeschwemmte Pflanzen- und Holzreste geliefert wird. Nach der Sedimentation ist die Bildung der Tone jedoch noch nicht abgeschlossen. Die im Sediment enthaltenen Porenwässer wirken in vielfältiger Weise auf die frisch abgelagerten Tonpartikel ein, sodass es zu sekundären Mineral-

bildungen kommen kann. Als nachteilig ist dabei z. B. die Bildung von Eisenkarbonaten in Form von Geoden und anderen festen Einschlüssen anzusehen (Bild 3). Massiv störend ist die Bildung der Eisensulfide Pyrit und Markasit, die unter Luftabschluss in schwefelwasserstoffreichen Milieus erfolgt. Bei späterem Luftzutritt werden diese Verbindungen zu Sulfaten aufoxydiert und erhöhen damit den Anteil an ausblühfähigen Salzen. Die beschriebenen Verunreinigungen gemeiner Tone wirken sich nachteilig auf den Produktionsprozess aus und müssen deshalb durch selektiven Abbau minimiert werden. Darüber hinaus ist in der Regel der Einsatz extern zugekaufter Korrekturtone erforderlich, um die gewünschten Produkteigenschaften sicher gewährleisten zu können.

2.2 Verfahrensschritte der Ziegelherstellung

Die Ziegelherstellung beginnt mit der Aufbereitung der Rohstoffe. Bei der allgemein üblichen, halbnass-plastischen Aufbereitung werden die einzelnen Rohstoffe zunächst über Kastenbeschicker dosiert und anschließend im Kollergang unter Wasserzugabe zerkleinert. In nachgeschalteten Grob- und Feinwalzwerken erfolgt die Feinzerkleinerung bis auf Korngrößen von 0,5 bis 0,8 mm. Zur gleichmäßigen Durchfeuchtung und zur Einstellung des Anmachwassergehaltes wird das Material im Sumpfhaus oder Maukturm nass zwischengelagert. Unmittelbar vor der Formgebung wird die Rohstoffmischung im Doppelwellenmischer zu einer homogenplastischen Masse verknetet. Bei der Herstellung von Strangpressware wird die plastische Masse durch eine Schneckenpresse extrudiert. Pressdachziegel haben nach der Extrusion noch nicht ihre endgültige Form. Sie erhalten ihre endgültige Gestalt erst durch eine Stempelpresse. Durch Einpressen der Masse in spezielle Formkästen entstehen Handstrich und Wasserstrichziegel. Vor dem Ziegelbrand muss das Anmachwasser aus den Rohlingen entfernt werden. Hierzu dienen Konvektionstrockner, in denen die Rohlinge



Bild 3 • Typische Geodenlage in Lias-Schiefertonen

mit Warmluft beaufschlagt werden. Durch Verdunstung des Porenwassers verringern die Rohlinge ihr Volumen. Da die Schwindung der Rohlinge an der Oberfläche beginnt und im Rohlingsinneren erst später erfolgt, stellen sich innerhalb der Rohlinge Schwinddifferenzen ein, die bei zu schneller Trocknung zu Verkrümmungen und Entlastungsrissen führen können. Nach der Trocknung werden die Rohlinge im Tunnelofen gebrannt. In der Aufheizzone werden die Rohlinge bis auf ihre Garbrandtemperatur erhitzt. Diese variiert von ca. 900 °C (Hintermauerziegel) über ca. 1050 °C (Dachziegel) bis hin zu max. 1250 °C (Vormauerziegel, Klinker). In der Garbrandzone wird diese Temperatur so lange gehalten, bis auch das Innere des Wagenbesatzes diese Temperatur erreicht hat. In der Kühlzone werden die Ziegel so schnell wie möglich abgekühlt. Die Sinterung vom Rohling zum festen keramischen Scherben vollzieht sich durch komplexe physikalische und chemisch-mineralogische Vorgänge. Dabei erfolgen diverse Entgasungen, Festkörperreaktionen, partielle Schmelzvorgänge und Neukristallisationen.

3 Innovation – Ziegelherstellung aus Sekundärrohstoffen

Im Interesse der Schonung und Streckung natürlicher Tonressourcen ist eine völlig neue Basisrezeptur für die Herstellung von Vormauerziegeln unter absolutem Verzicht auf gewachsene Tonrohstoffe entwickelt worden. Als Hauptkomponente und Substitut für natürlichen Ziegelton kommen feinteilige Rückstände der Wasseraufbereitung zum Einsatz, die bei der Kies- und Sandwäsche in großen Mengen in Schlammsuspension anfallen. Grundvoraussetzung für den Einsatz von Schlämmen aus der Kies- und Sandwäsche ist jedoch, dass die Schlämme bis auf homogene Restfeuchten von maximal 20 besser 15 Masse-% entwässert sind. Das dominante Verfahren zur effektiven und schnellen Schlammentwässerung ist die Extraktion der Mineralfracht über Kammer- bzw. Membranfilterpressen. Aus nicht verwertbaren Schlämmen werden so wertvolle Sekundärrohstoffe. Als Nebeneffekt werden große Mengen an schlammgebundenem Wasser zu Frischwasser recycelt.

3.1 Vorbehandlung der Tonersatzstoffe

Kurzbeschreibung des Verfahrens: Die Feinbestandteile natürlicher Kies- und Sand-

Bild 4 •
Fließschema
der Filter-
kuchen-
herstellung
(Technoidea)

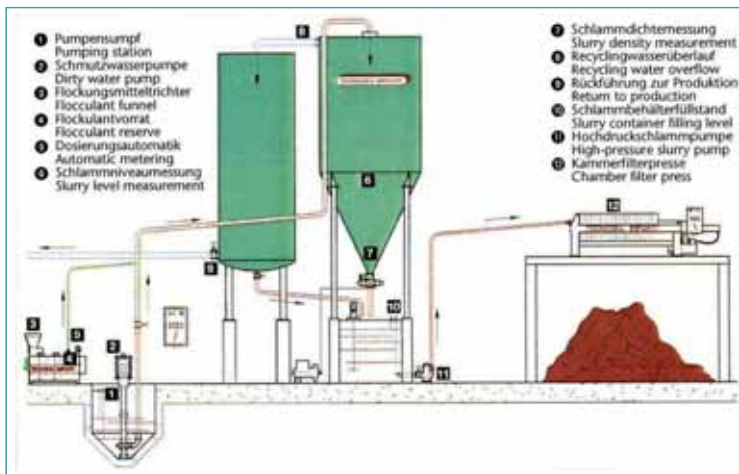


Bild 5 • Druckfiltration zur Fest-Flüssig-Trennung
in einer Kammerfilterpresse

lagerstätten werden in Schwertwäschen mit nachgeschalteten Siebmaschinen und Hydrozyklonen abfraktioniert und liegen dann in einer Mineral-Wasser-Suspension vor. Der erste Schritt zur Gewinnung der Mineralbestandteile ist die semiquantitative Trennung der festen von der flüssigen Phase im Klärturm. Bild 4 zeigt schematisch, wie die im Pumpensumpf gesammelte Suspension in den Klärturm gelangt, wo sauberes, feststoff-freies Wasser von dem sog. Dickschlamm gravitativ getrennt wird. In der Regel wird der Sedimentationsprozess über die Zugabe von geeigneten Flockungsmitteln beschleunigt, wobei moderne Flockungsmittel un-toxisch und voll biologisch abbaubar sind. Sie werden der Wassergefährdungsklasse 1 zugeordnet und gelten somit auch für das Trinkwasser als unschädlich [6]. Das geklärte Wasser wird über einen Zwischenpufferbehälter in den Waschprozess zurückgeführt.

Der im Klärturmkonus angesammelte Dickschlamm wird zunächst in den Schlammbehälter abgelassen. Dieser dient als Puffer für die Kammerfilterpresse, die je nach Bedarf die für die Pressung benötigte Menge vom Schlammbehälter abzieht. Hier erfolgt die Filtration der dickflüssigen Mineral-Wasser-Suspension. Bild 5 zeigt schematisch, wie Feststoffe an dem nur für Flüssig-

keiten durchlässigen Textilgewebe zurückgehalten werden und wie sich mit fortlaufender Zeit ein Filterkuchen auf dem Filtertuch ausbildet. Nachdem sich im Inneren der Presse ein kompakter Filterkuchen gebildet hat, wird dieser nach dem Öffnen ausgetragen. Die Filterkuchen sind überwiegend von plastischer Konsistenz und leicht brechbar. Ein Presszyklus dauert je nach Pressfähigkeit des Schlammes etwa 45 Minuten, in Ausnahmefällen auch weit über eine Stunde. Im Ergebnis dieses Prozesses resultieren hochwertige Sekundärrohstoffe, die zutreffend als tonmineralische Filterkuchen bezeichnet werden. Es handelt sich letztendlich um absolut steinfreie Nebenprodukte, die durch Nassaufbereitung, Druckentwässerung und eine maximale Korngröße $<0,4$ mm charakterisiert sind.



Bild 6 • Filterkuchen sind absolut frei von Schadstoffen

3.2 Eigenschaften der Tonersatzstoffe

Die stoffliche Zusammensetzung und die keramischen Eigenschaften der Tonersatzstoffe werden grundlegend von den geologischen Verhältnissen an der Abbaustelle bestimmt. Von daher sind die Variationsbreiten und die Einsatzmöglichkeiten vergleichbar mit denen natürlicher Tone. Daneben wird aber die stoffliche Zusammensetzung der Filterkuchen maßgeblich durch den Aufberei-

tungsprozess bestimmt und zwar durchweg in positive Richtung. Alle störenden Grobbestandteile werden durch die Nassaufbereitung und Fraktionierung quantitativ aus dem Rohmaterial entfernt (Bild 6). Dies gilt an-satzweise auch für wasserlösliche Salze und fein verteilte organische Substanz. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber konventionellen Ziegelrohstoffen, wo störende Grobanteile, wie Pyritgeoden zwar durch Aufbereitungsmaschinen zerkleinert werden, aber letztendlich doch im Rohstoff verbleiben.

Hinsichtlich des Kornaufbaus sind tonmineralische Filterkuchen vor allem durch das Fehlen von Kornanteilen mit Korngrößen $>0,4$ mm charakterisiert. Im Unterschied zu den meisten Ziegeltonen ist das Korngefüge absolut homogen. Visuell erkennbare Korngrößenunterschiede, wie Gradierungen, Bänderstrukturen oder Wechsellagerungen fehlen gänzlich. Tabelle 1 zeigt, dass die Siebrückstände typischer Filterkuchen gering sind und bei den hier vorgestellten Filterkuchen in Grenzen von 3–21 Masse-% variieren. Die mittleren Korndurchmesser weisen Schwankungsbreiten im Bereich von 3–7 μm auf. Der Kornanteil <2 μm ist in der Regel auf Werte unter 50 Masse-% begrenzt, weil sich noch zwangsläufig Einschränkungen hinsichtlich der Bildsamkeit und der plastischen Eigenschaften. Die Bandbreiten in der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung typischer Filterkuchen sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt. Die Unterschiede in der stofflichen Zusammensetzung spiegeln sich deutlich in den keramischen Eigenschaften und Basiskennwerten der Tabelle 4 wieder.

Die Feinkaoiline sind durch Dominanz von innerkristallin nicht quellfähigen Zweischichtsilikaten der Kaolin-Gruppe sowie von feinkristallinem Quarz gekennzeichnet. Daher lassen sie sich vergleichsweise schnell und gut bis auf Restfeuchten von unter 20 Masse-% entwässern. Untergeordnet treten illitische Glimmer und Goethit sowie Hämatit auf. Die vorgestellten Feinkaoiline sind völlig frei von Karbonaten und Schwefelmineralen. Die Anteile an alkalischen und erdalkalischen Flussmitteln sind gering. Demgegenüber werden die eigenschaftsprägenden Merkmale der Feintone von illitischen Glimmern verursacht, die in Paragenese mit Fireclay und mit innerkristallin quellfähigen Dreischichtsilikaten der Smektit-Gruppe auftreten. Insbesondere bei Suspen-

Tabelle 1 • Korngrößenverteilung typischer Filterkuchen / Masse-%

Typ	Feinkaoalin		Feinton	
	KZ 4003	KZ 4057	KZ 4049	KZ 4050
Fractionen / μm				
<2	35	38	46	35
2–6	12	15	14	20
6–20	15	16	19	27
20–63	17	20	15	15
63–200	16	10	6	2
200–600	5	1	0	1
600–2000	0	0	0	0
>2000	0	0	0	0
Summe	100	100	100	100
<2	35	38	46	35
2–20	27	31	33	47
>20	38	31	21	18
Summe	100	100	100	100
Siebrückstand / μm	21	12	6	3
Medianwert / μm	7	5	3	5
Größtkorn / mm	0,4	0,2	0,2	0,3

Tabelle 2 • Chemismus typischer Filterkuchen / Masse-%

Typ	Feinkaoalin		Feinton	
	KZ 4003	KZ 4057	KZ 4049	KZ 4050
Elemente				
SiO ₂	74,50	74,92	67,10	63,67
Al ₂ O ₃	18,62	20,89	18,66	18,80
Fe ₂ O ₃	2,94	1,98	6,85	8,38
BaO	0,044	0,021	0,058	0,070
Mn ₂ O ₃	0,019	0,017	0,134	0,017
TiO ₂	1,383	1,015	0,989	0,974
P ₂ O ₅	0,096	0,145	0,263	0,368
CaO	0,33	0,11	0,95	0,25
MgO	0,44	0,30	1,22	0,81
K ₂ O	1,37	0,38	2,77	5,75
Na ₂ O	0,09	0,14	0,85	0,22
SO ₃	0,02	<0,01	0,02	0,58
C-organisch	0,12	0,06	0,35	0,38
GV (1050 °C)	6,04	7,14	6,12	7,47
Summe	99,97	99,99	99,86	99,89

Tabelle 3 • Mineralbestand typischer Filterkuchen / Masse-%

Typ	Feinkaoalin		Feinton	
	KZ 4003	KZ 4057	KZ 4049	KZ 4050
Mineralphasen				
Tonminerale:	50	50	54	61
Kaolinit (n)	n.n.	42	n.n.	n.n.
Fireclay (n)	32	n.n.	12	21
Illit / Glimmer (n)	15	8	25	33
Illit-Smektit (q)	3	n.n.	5	7
Smektit (q)	n.n.	n.n.	12	n.n.
Chlorit (n)	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Vermikulit (n)	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tektosilikate:	47	49	42	34
Quarz	45	49	33	29
Albit	1	n.n.	4	n.n.
Kalifeldspat	1	n.n.	5	5
Karbonate:	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Calcit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dolomit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Siderit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxide:	1	1	1	n.n.
Hämatit	n.n.	1	n.n.	n.n.
Anatas	1	n.n.	1	n.n.
Rutil	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Hydroxide:	2	n.n.	3	4
Goethit	2	n.n.	3	4
Limonit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lepidokrokit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfide/Sulfate:	n.n.	n.n.	n.n.	1
Pyrit / Markasit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Gips	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Jarosit	n.n.	n.n.	n.n.	1

q: innerkristallin quellfähig
n: innerkristallin nicht quellfähig
n.n.: nicht nachgewiesen

sionen mit hohen Smektitanteilen kann die Filtration aufwendig und mit längeren Presszeiten verbunden sein. Die erzielbaren Restwassergehalte liegen dann z.T. im Bereich der oberen Akzeptanzgrenze. Als Nebengemengteile treten vor allem Feldspäte und Goethit auf. Während der Anteil an erdalkalischen Flussmitteln gering ist, kann der Gehalt an K₂O beträchtlich sein.

3.3 Optionale Zusatzstoffe

Als optionale Abmagerungsstoffe können diverse Vorabsiebkörnungen zum Einsatz kommen, die bei der Aufbereitung von Natursteinen als unerwünschte Überschussmaterialien anfallen. Gegenüber dem konventionell verwendeten, quarzreichen Natursand ergeben sich hier technologische Vor-

teile, z. B. im Hinblick auf die Erhöhung des Tonerdegehaltes bei gleichzeitiger Minimierung des Quarzsprungs. Durch den höheren Gehalt an alkalischen und/oder erdalkalischen Flussmitteln kann darüber hinaus das Sinterverhalten des Scherbens gezielt beeinflusst und verbessert werden. Ideal sind Vorabsiebungen mit Schichtsilikatbestandteilen. Als optionales Farbadditiv und Substitut für oxidisches Eisen natürlicher Tone kann georessourcenfreies Eisenoxid extern in geringem Prozentsatz zugegeben werden. Die Möglichkeit der exakten Einstellung des gewünschten Eisengehaltes stellt dabei gegenüber Naturtonen einen Vorteil dar. Eisenoxid fällt in großen Mengen bei der Trinkwasseraufbereitung oder auch in der Eisen- und Stahlindustrie an.

4 Schlussbemerkungen

In Optik und bauphysikalischen Eigenschaften sind die ressourcenfreien Ziegel von traditionellen Mauerziegeln nicht zu unterscheiden (Bild 7). Das liegt vor allem am günstigen Kornaufbau und an der Dominanz der kaolinitischen und illitischen Schichtsilikate. Die erforderlichen Festigkeiten werden ebenfalls problemlos erzielt. Die Herstellung der neuen Ziegel kann prinzipiell mit vorhandener Technik ohne nennenswerte Investitionen in Maschinen und Anlagen erfolgen. Die beschriebenen Verfahrensschritte der Ziegelherstellung, wie Aufbereitung, Formgebung, Trocknung und Brennen können grundsätzlich beibehalten werden. Nach ersten Produktionsversuchen kann jedoch

die Formgebung über Strangpressen bei hoher Ausgangsfeuchte der Masse problematisch sein. Von daher wird der bevorzugte Einsatz derzeit noch bei der Herstellung von Hand- und Wasserstrichziegeln gesehen. Die weichplastische Konsistenz und das absolute Fehlen von verfestigten Grobbestandteilen sind dabei als Vorteil zu bewerten. Das Kollern wird vereinfacht, aufwendiges Zerkleinern über Walzwerke kann ganz entfallen. Zusammengefasst ergibt sich folgende Beurteilung im Vergleich zu traditionellen Ziegeltonen:

- **Rohstoffsicherheit:** Ist in üblicher Art und Weise individuell abzuklären. Die grundsätzlich verfügbare Menge an Kieswaschschlamm ist gewaltig und könnte theoretisch den gesamten Verbrauch an Ziegeltonen in Deutschland abdecken. Einige Schlammteiche sind so groß, dass sie genehmigungsrechtlich unter die Talsperrenverordnung fallen. Je Kieswerk und Kammerfilterpresse fallen meist zwischen 10.000 und 50.000 t/a an.
- **Homogenität und Qualitätsmanagement:** Durch die Vorbehandlung und Nassaufbereitung sind Qualitätsschwankungen im Allgemeinen deutlich geringer als bei Naturtonen. In der Regel muss ein Qualitätsmanagement individuell eingerichtet werden. Eine Adaption zwischen Rohstofflieferant und Ziegelwerk ist zwingend erforderlich.
- **Aufbereitung:** Deutlich vereinfacht und damit kostengünstiger, Zerkleinerungsaggregate wie Walzwerke können entfallen. Le-

diglich eine gute Homogenisierung der einzelnen Rohstoffe muss gewährleistet sein.

- **Formgebung:** Strangpresse kann bei hohen Wassergehalten problematisch sein. Dagegen ideale Verarbeitung im Hand- und Wasserstrichverfahren aufgrund der weichplastischen Konsistenz. Bei der Dachziegelherstellung weniger Abrieb an Gipsformen und superglatte Oberflächen.



Bild 7 • ClayZero® – In Optik und Eigenschaften absolut gleichwertig (Handstrichverfahren, Reduktionsbrand im Tunnelofen bei 1120 °C)

- **Trocknung:** Keine nennenswerten Vor- oder Nachteile zu erwarten.
- **Brennen:** Gute Feuerstandsfestigkeit, weniger organischer Kohlenstoff, geringere Blähneigung, bessere Schnellbrandtauglichkeit, höhere Produktivität, bei optionaler Zugabe von Eisenoxid intensive Farbefekte im Reduktionsbrand.

Aus ökologischer Sicht bleibt zu erwähnen, dass zusätzliche Eingriffe in Natur und Landschaft reduziert werden können, dafür aber ein gewaltiges Verwertungspotential feinsten

Minerale aus der Kies- und Sandwäsche erschlossen wird. Große Mengen Schlammwasser werden zu Frischwasser recycelt, der Flächenbedarf für Schlammdeponien wird reduziert. Gleichzeitig kann die Rohstoffeffizienz, in diesem Fall das Verhältnis von Wertgestein zu produktionsbedingten Anfallstoffen deutlich verbessert werden. Ausdrücklich wird jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass die Rohstoffsicherung und Gewinnung natürlicher Tonvorkommen auch weiterhin absolute Priorität besitzen muss. Das hier vorgestellte Projekt kann vorläufig nur als ergänzendes Verfahren zur Anwendung kommen. Trotzdem hat der zukunftsweisende Charakter des Vorhabens bereits überzeugt [7]: Die Entwicklung des ersten geossourcenfreien Ziegels ist im Rahmen des Netzwerkes KVIB mit dem 1. Innovationspreis ausgezeichnet worden. Die Preisverleihung fand am 28.11.2007 anlässlich des 8. Nordthüringer Innovationsmarktes in Nordhausen statt. Wenn das kein Zeichen ist? Win-Win für Umwelt und moderne Ziegelindustrie!

Literatur

- [1] Lüttig, G.: Die (neue) Rohstoffschlange – Instrument für die Verständlichmachung der sozioökonomischen Bedeutung der mineralischen Rohstoffe. World of Mining – Surface & Underground (2007) [1] 50–53
- [2] Umweltbundesamt, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Destatis (2007): Umweltdaten Deutschland – Nachhaltig wirtschaften – Natürliche Ressourcen und Umwelt schonen. Broschüre Ausgabe 2007 Hrsg.: Umweltbundesamt, 120 S., Dessau
- [3] Ritzkowski, S.: Sedimentationsraten von Tonen. Freundliche Mitteilung vom 21.06.2007 (unveröffentlicht)
- [4] Bender, W.: Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker – Geschichte der Ziegelherstellung von den Anfängen bis Heute. Hrsg.: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., (2004) 436 S., Ziegel-Information GmbH, Bonn (ISBN 3-9807595-2-0)
- [5] Krakow, L. & Spang, W.D.: Tonabbau und Naturschutz in der Ziegelindustrie. Hrsg.: Forschungsstelle der Deutschen Ziegelindustrie e.V., (2005) 50 S., Ziegel-Information GmbH, Bonn (ISBN 3-9807595-1-2).
- [6] Pflug, R.: Wohin mit dem Schlamm? Möglichkeiten der wirtschaftlichen Verwertung von Mineralschlamm. – Steinbruch und Sandgrube 94 (2001) [6] 6–7
- [7] Röhrs, M.: Tagungsbericht 3. Nordhäuser Baustofftag: Forum für innovative Baustoffe – mit dem ersten Geossourcenfreien Ziegel. Keram. Z. 59 (2007) [6] 444–445

Eingegangen: 7.7.2008

Tabelle 4 • Keramtechnologische Basiskennwerte

Typ	Feinkaoilin		Feinton	
	KZ 4003	KZ 4057	KZ 4049	KZ 4050
Trockenschwindung / %	5,8	1,8	10,8	7,0
Brennschwindung / %, bei ...				
1000 °C	0,7	-0,2	5,5	3,4
1050 °C	2,7	-0,5	9,2	5,6
1100 °C	4,4	0,3	10,9	5,5
1150 °C	5,1	0,9	9,7	-3,6
Wasseraufnahme / Masse-%, bei...				
1000 °C	18,6	15,7	10,0	18,0
1050 °C	14,0	15,3	3,9	13,8
1100 °C	10,5	14,5	0,7	2,2
1150 °C	8,0	14,3	0,4	3,9
Scherbenrohddichte / g/cm ³ , bei ...				
1000 °C	1,73	1,81	2,00	1,71
1050 °C	1,82	1,82	2,29	1,83
1100 °C	1,94	1,84	2,42	1,75
1150 °C	1,99	1,86	2,31	1,68