



„Ziegelmauerwerk - Mineralogie und Technologie im Spiegel der Schadenskartierung“

Jeannine Meinhardt

Ziegel sind künstliche Baustoffe und in ihrer materiellen Beschaffenheit stets verschiedenartig. Tone als Hauptrohstoff der Ziegelfabrikation sind Verwitterungsprodukte silikatischer Gesteine. Durch die Verwitterung und chemische Umwandlung dieser Ausgangsgesteine, die unterschiedliche Minerale wie Quarz, Feldspäte, Hornblende und Pyroxen enthalten, bilden sich verschiedene Tonminerale, die zunächst durch Oberflächenprozesse abtransportiert werden. Kommt der Transport zum Erliegen, wird ein feines Tonmineralgemisch sedimentiert, das Tonminerale zu verschiedenen Anteilen und andere Substanzen enthält. Daher gleicht kein Tonvorkommen dem anderen. Aus der unterschiedlichen Zusammensetzung dieser Vorkommen resultiert auch deren unterschiedliche Eignung für die Ziegelproduktion. In der historischen Vergangenheit wurden vorrangig regional anstehende Rohstoffe benutzt, so dass Qualitätsschwankungen hingenommen werden mussten. Der Antransport besserer Rohstoffe war erst ab dem 19. Jahrhundert üblich. Bis dahin wurden zu fette Ziegeltonne nur mit Sand als Magerungsmittel versetzt (*Wallasch* 1999).

Jeder zur Herstellung eines Ziegels erforderliche Verfahrensschritt - Rohstoffgewinnung und -aufbereitung, Formgebung, Trocknen und Brennen - kann, wenn auch in unterschiedlichem Maße, den Ausgangspunkt einer späteren Materialschädigung darstellen. Dazu kommen nach der Verbauung der Ziegel die entsprechende statische Beanspruchung und die entsprechenden Umwelteinflüsse, die sich zusammenfassen lassen aus Niederschlägen, Sonnenphasen, Frostereignissen, Windeinwirkungen und Emmisionen aus Industrie, Verkehr und Haushalt.

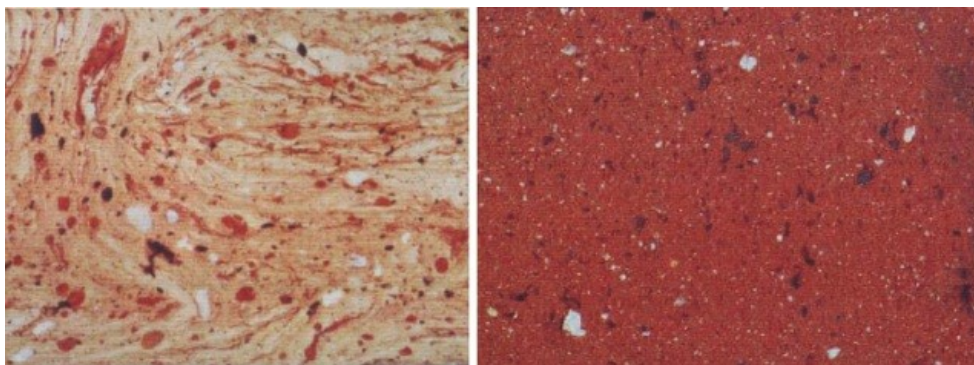


Abbildung 1: Links: normal gebrannter historischer Ziegel mit einer Art Fließstruktur, die durch das Einpressen der plastischen Masse in die Ziegelform entstanden ist. **Rechts:** Moderner Ziegel mit regellosem Gefüge (Gima Girnghuber GmbH). Die Flächen sind gesägt und poliert; untere Kantenlänge beträgt ca. 5 cm. (Photos J. Göske)

Der Kalkgehalt des Tons, der sich auf die Porositätsentwicklung und die Brennfarbe (Wechsel mit steigendem Kalkgehalt von Ziegelrot über Dunkelocker hin zu bräunlichem Weiß) auswirkt, ist eine ebenfalls wichtige Rohstoffeigenschaft. Kalkreiche Rohstoffe liefern Ziegel relativ hoher Porosität und aufgrund der damit verbundenen Frostempfindlichkeit Steine minderer Güte. Ein hoher Kalkgehalt führt aber gleichzeitig zu relativ niedrigen Brenntemperaturen, einem früher positiv bewerteten Umstand, da somit

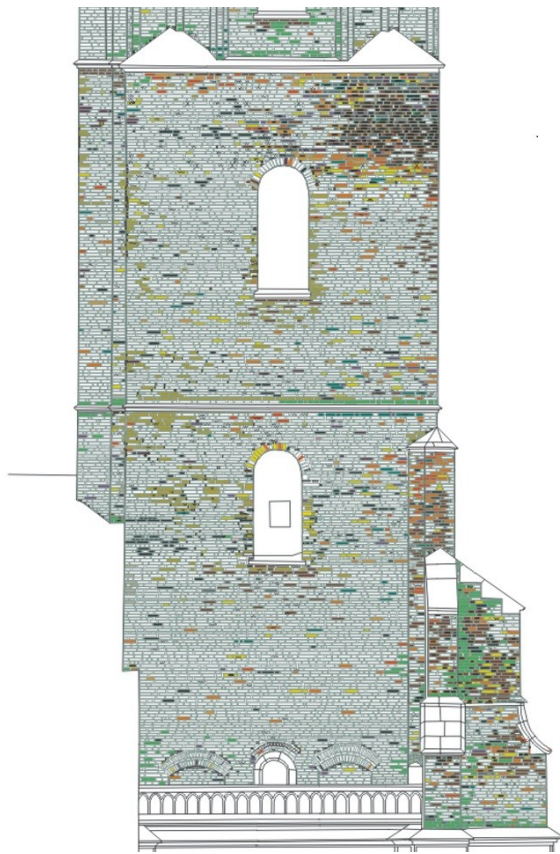


Abbildung 2: Ausschnitt der Schadenskartierung der Ziegel an der Nordseite des Kirchturms der Basilika St. Jakob in Straubing (Niederbayern) (Meinhardt-Degen 2000)

weniger Energie bzw. Brennstoff aufgebracht werden musste (Wallasch 1999). Negativ wirkt sich körniger Kalk auf den Ziegel aus, da aus diesem beim Brennen Branntkalk entsteht, der an der Luft unter starker Volumenzunahme ablöscht und zu Absprengungen führt. Die Güte eines Ziegels hängt also entscheidend von der rohstofflichen Zusammensetzung der Tonlagerstätte als Rohstoffbasis ab. Aber auch die historischen Herstellungsbedingungen nehmen vielfältigen Einfluss auf den Ziegel. Im thermischen Prozess des Ziegelbrandes laufen verschiedene Reaktionen ab, die letztlich die keramtechnologischen Eigenschaften des Materials bestimmen. Die Tonminerale werden dabei stufenweise unter Reaktionen mit den Zuschlägen in feste neue Phasen umgewandelt. Das Einhalten eines gewissen Brennregimes über bestimmte Zeiträume - Anwärmen, Aufheizen, Garbrennen und Abkühlen - ist von großer Bedeutung für die Qualität des Ziegels. Mögliche Schadensfälle im Vorfeld der eigentlichen Nutzung des Ziegels als Baustein liegen auch im Vorgang der Formgebung begründet. Bei der Methode des Handstrichs wird der noch feuchte Ziegelrohling aus der Form gedrückt, um zu trocknen (siehe Abb. 1). Durch diesen Prozess werden die Ecken des Ziegels mechanisch beansprucht und das Material geschwächt. Je nach Verwendung des Bausteins können durch die erosive Wirkung des Regenwassers

oder den Frost-Tau-Wechsel diese ursprünglich angelegten Schwachstellen in ausgeprägten Schadensbildern resultieren. Die sich möglicherweise ergebenden „genetisch“ bedingten Materialschäden stehen denen gegenüber, die erst im Verlauf ihrer Exposition, am Bauwerk entstehen, aber letztlich auch auf herstellungsbedingte Einflüsse zurückzuführen sind. Alle Schadensbilder, die sich an Fassaden oder Skulpturen beobachten lassen, sind die Folge von charakteristischen Expositionsbedingungen und lassen meist eindeutige Aussagen über die Einflussfaktoren zu.

So lässt sich Schalenbildung im Regelfall immer einer Exposition mit schnellen Feucht-Trocken-Wechseln zuordnen, während Absanden dem Dauerfeuchtebereich zugerechnet werden muss (Sneathlage 1997). Diese Prozesse sind wiederum direkt mit der Porosität verhaftet, die im Falle der Ziegel neben den Zuschlägen vornehmlich ein Ergebnis der Intensität des Brennprozesses ist (Meinhardt-Degen 2000).

Schadenskartierung

Die graphische Visualisierung der am Objekt untersuchten Sachverhalte hilft beim Erkennen und Bewerten von Ursachen und Prozessen, die zu Schäden führen und verdeutlicht entsprechende Zusammenhänge. Deshalb gehört die Kartierung gemeinsam mit einer Photodokumentation zu einer sachgerechten Bestandsaufnahme, die die Basis für alle folgenden Untersuchungen, Bewertungen und Maßnahmen bildet. Am Ziegelmauerwerk des Glockenturms der Basilika St. Jakob in Straubing (Niederbayern) wurde beispielsweise eine maßnahmeorientierte Schadenskartierung ausgeführt (siehe Abb. 2).

In dem Ausschnitt der Schadenskartierung in Abbildung 2 kann man zum einen die Vielzahl an zu begutachtenden Mauersteinen ermessen und zum anderen fallen bunte Bereiche auf, die verschiedene Schadensbilder repräsentieren.

Typische Schäden an Ziegelmauerwerk



Abbildung 3: Ziegelschäden: Absanden (Rückwitterung) mit massiven Salzausblühungen (o.l.), Abschuppen und Bildung dünner Schalen (o.r. und u.l.) und Absanden mit massiver Rückwitterung bzw. Verlust des Ziegels (u.r.)

Der Begriff Verwitterung, der die Grundlage einer Schadenskartierung bildet, bezieht sich auf Mechanismen, die eine Veränderung der Gesteinsoberfläche hervorrufen. Ähnlich dem Naturstein gibt es auch an Ziegeln die Schadensbilder des Absandens, Abschuppens und der Bildung dünner Schalen (siehe Abb. 3).

Wie statistisch an dem Kirchturm der Basilika St. Jakob nachvollzogen werden konnte, zeigen diese Schäden eine direkte Abhängigkeit vom Brenngrad der Ziegel. Sie treten nahezu ausschließlich an niedrig gebrannten Ziegeln auf (Meinhardt-Degen 2000). Diese Schäden können je nach Ausprägung auch in eine Reliefbildung oder sogar einen Totalverlust münden (siehe Abb. 3).

Verformungen der Ziegel werden insbesondere an zu hoch gebrannten Steinen beobachtet.

Dieser Prozess kann auch mit einer Rissbildung einher gehen. Risse und damit verbundene Ausbrüche sind ebenso auch in Folge statisch-konstruktiver Belastungen denkbar.

Weiterhin können Schäden ihre Ursache in Bestandteilen des Ziegelmaterials haben. Nachträglich abgelöschte Kalkbestandteile unter der Glasur führen gegebenenfalls zu Rissen und somit zu einer heterogenen Feuchteverteilung im Ziegelstein. Auch Pyritbestandteile sind prädestiniert, durch Volumenzunahme Ausbrüche bzw. Abbröckeln des Ziegelmaterials zu provozieren. Lösliche Bestandteile können sowohl primär im Ton enthalten sein oder sekundär in die Ziegelsteine eingetragen werden. Beide Situationen führen früher oder später zu Salzausblühungen und weitergehend durch den Wechsel von Kristallisations- und Lösungsprozessen in Abhängigkeit der angebotenen (Luft-)Feuchte zur Schädigung des Ziegels. Aus den Salzbelastungen im Ziegel (z.B. Gips), durch dauerhafte Schmutzanlagerungen oder auch durch eine längerfristige Umwandlung kalkiger Bestandteile im Ziegel kann es auch zu Krustenbildungen kommen. Diese Krusten behindern das Abtrocknen der Bausteine, wodurch im Zusammenhang mit Spannungen an der Grenzfläche Ziegel/Kruste Gefügearlockerung erfolgen. Biogener Bewuchs siedelt sich eher auf schwächer gebrannten Ziegeln an, da diese mehr Feuchtigkeit speichern können, ein Prozess, der durch die biogene Auflage noch verstärkt wird. Ebenso kann es dadurch auch zum Nitratreintrag in das Material oder auch zu physikalischer Verwitterung (Gefügearlockerung durch Wurzeln) kommen.

Vom Kirchturm der Basilika St. Jakob wurden messtechnische verschieden stark gebrannte Ziegel miteinander verglichen (*Firma Colfirmat Rajasil*). Demnach variieren die ermittelten Rohdichten zwischen schwach gebrannten Ziegeln und stark gebrannten Ziegeln zwischen 1,60 und 1,81 g/cm³. Die niedrigeren Werte des ungenügend gebrannten Materials gehen offensichtlich auch mit einer höheren Verwitterungsbereitschaft einher. Die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung, die aus der

maximalen, zum Bruch führenden Belastung resultieren, schwanken relativ stark zwischen 14,6 und 43,3 N/mm². Die niedrigen Werte zeigen eine unzureichende Resistenz der betroffenen schwach gebrannten Ziegel gegen diverse Druckbelastungen an. Als weiterer Kennwert wurde der kapillare Wasseraufnahmekoeffizient bestimmt. Er zeigt die Zeitabhängigkeit der kapillaren Wasseraufnahme des Ziegels bezogen auf eine definierte Saugfläche. Die Ergebnisse schwanken zwischen 1,7 und 7,0 kg/m²√h stark. Die gering gebrannten Ziegel zeigen die höchste kapillare Wasseraufnahme, gefolgt von den normal gebrannten und den stark gebrannten Ziegeln, die nur sehr geringe Mengen an Wasser aufgenommen hatten. Begründet liegen diese Schwankungen in der unterschiedlichen Porosität der Materialien.

Die ermittelten messtechnischen Kennwerte bestätigen den Eindruck, dass schwächer gebrannte Ziegel aufgrund des sich daraus ergebenden lockeren Materialgefüges und der Porosität prädestiniert sind, feuchtigkeitsinduzierte Schadensbilder aufzuweisen.

Kontakt:		Schlauer Fuchs
	<p>Dr. Jeannine Meinhardt Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. Domplatz 3 06108 Halle/Saale Tel.: +49 (0)345 472257-22 Fax: +49 (0)345 472257-29 E-Mail: meinhardt@idk-info.de</p>	<p>Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete:</p> <p>Wovon hängt die Güte eines Ziegels entscheidend ab? Nennen Sie zwei Gründe.</p>
	<p>http://www.idk-info.de/</p>	
Literatur:		
<p>[1] <i>Meinhardt-Degen, J.</i> (2000): Schadenskartierung am Glockenturm der Basilika St. Jakob in Straubing/ Niederbayern, Diplomarbeit Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.</p>		
<p>[2] <i>Sneathlage, R.</i> (1997): Leitfaden der Steinkonservierung, Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Naturstein, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart.</p>		
<p>[3] <i>Wallasch, S.</i> (1999): Instandsetzung von Ziegelmauerwerk; Reihe Altbaumodernisierung, Bd. 1, Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 160 S.</p>		