GEOLOGICA SAXONICA
Journal of Central European Geology

63: 85–101
14.6.2018

© Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, 2018.

SENCKENBERG

Zwickauer Kohlesandstein als Baugestein: Eigenschaften und historische Verwendung

Zwickau Carboniferous sandstone as building stone: properties and historical use

Heiner Siedel [1] & Dieter Kutschke [1, 2]

[1] TU Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Institut für Geotechnik, Professur für Angewandte Geologie, 01062 Dresden; Heiner.Siedel@tu-dresden.de — [2] Pratzschwitzer Str. 2, 01796 Pirna; Kutschke_dieter@web.de

Revision accepted December 1, 2017.
Published online at www.senckenberg.de/geologica-saxonica on June 1, 2018.

Kurzfassung

Molassesandsteine aus den Nebengesteinen der Steinkohleflöze in den oberkarbonen Schichten des Westfal D sind südlich der Stadt Zwickau bis ins 19. Jahrhundert als Bausandsteine abgebaut worden. Die grauen oder bunten, meist mittel- bis grobkörnigen Sandsteine enthalten neben Quarz vor allem Gesteinsbruchstücke, Muskovit sowie Kaolinit. Weiter können Kohlelagen im Sandstein enthalten sein, die sein Verwitterungsverhalten ungünstig beeinflussen. Untersuchungen der technischen Eigenschaften vor allem an grauen Varietäten belegen, dass der Sandstein mit geringen Festigkeiten und hoher, teils extremer hydrischer Dilatation für Bauzwecke nur mäßig geeignet war. Seine eingeschränkte Verwitterungsbeständigkeit wurde bereits in historischen Quellen beschrieben und kann an verschiedenen Baudenkmalen nachgewiesen werden. Trotzdem ist er zwischen dem 12. und 19. Jahrhundert ein wichtiges Baumaterial für profane und sakrale Gebäude und deren Innausstattung in Zwickau und der benachbarten Region gewesen, wie zahlreiche noch erhaltene Objektbeispiele belegen.

Abstract

Molasse sandstones associated with hard coal seams in the Upper Carboniferous strata of Westfal D south of the city of Zwickau have been quarried as building stones until the 19th century. Beside quartz, the grey or coloured, mainly medium- to coarse-grained sandstones contain rock fragments, muscovite and kaolinite as the main components. Furthermore, the sandstone may contain coal layers which reduce its weathering resistance. Investigations into the technical properties especially of the grey varieties show low mechanical strengths and high, in parts extreme hydric dilatation, thus proving its rather poor suitability for building purposes. The limited weathering resistance was already described in historical sources and can be shown on different monuments. Nevertheless, according to numerous preserved objects the sandstone has been an important construction material for buildings and their interior decors in Zwickau and the neighbouring region between the 12th and the 19th century.

1. Einführung

Obwohl der kretazische Elbsandstein hinsichtlich Abbaumenge und Verbreitung als das bedeutendste sächsische Baugestein angesehen werden kann, sind lokal oder regional gelegentlich auch andere sächsische Sandsteine für Bauzwecke verwendet worden (Siedel et al. 2011). Zu ihnen gehört der oberkarbone Zwickauer Kohlesandstein, der auch unter der Bezeichnung „Bockwaer“, „Planitzer“ oder „Kainsdorfer Sandstein“ (Dalmer 1885, Leonhardi 1804, Herzog 1839) über einige Jahrhunderte eine wichtige Rolle als Baustein für die Stadt Zwickau und ebenso für die umgebende Region gespielt hat. Weil die Vorkommen bereits im späten 19. Jahrhundert keinen Sandstein mehr lieferten, als die moderne Materialprüfung begann Natursteine systematisch zu untersuchen, lagen lange

ISBN 978-3-91000656-1 | ISSN 1617-8467

open access

Zeit keine technischen Kennwerte für das Material vor. Das stellte sich als grundsätzliches Problem heraus, als nach 1990 verschiedene Restaurierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen an Gebäuden mit diesem Baustoff in Angriff genommen werden sollten. Im Rahmen des vom Bundesforschungsministerium geförderten Verbundprojekts „Steinzerfall – Steinkonservierung“ wurden daraufhin in den 1990er Jahren umfangreiche Materialprüfungen und Gesteinsuntersuchungen an Ausbaumaterial von der Marienkirche in Zwickau durchgeführt. In jüngster Zeit konnten diese durch weitere Messungen, vor allem hydrischer Kennwerte, ergänzt werden. Abgesehen von der kurzen, „steckbriefartigen“ Beschreibung des Kohlesandsteins mit ausgewählten Gesteinskennwerten im Rahmen der Publikation „Bausandsteine in Deutschland“ (Band 2, Siedel et al. 2011) liegen die Ergebnisse nur in schwer zugänglicher Form von Berichten und Instituts- oder Tagungspublikationen vor (Kutschke et al. 1994, Siedel 2014), so dass eine erweiterte Darstellung sinnvoll erschien, die auch stärker die Geschichte des Abbaus und der Verwendung berücksichtigt sowie die beobachteten Schäden am Bauwerk und ihre Ursachen in die Diskussion der Eigenschaften des Kohlesandsteins mit einbezieht.

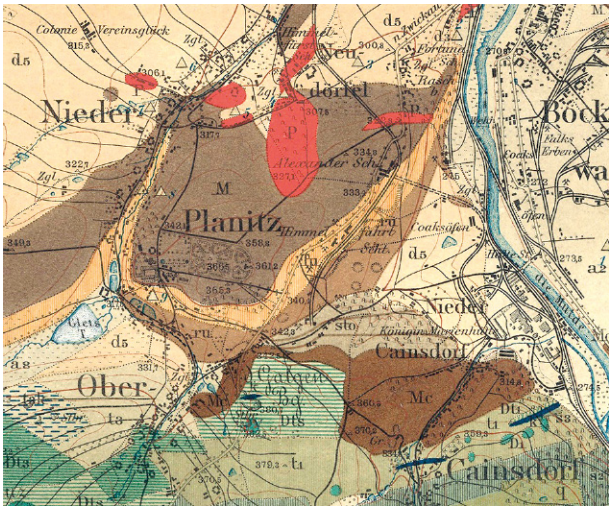

Abb. 1. Ausschnitt aus der Geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen, Section Planitz-Ebersbrunn (aufgenommen 1884 von K. Dalmer) mit dem oberflächig anstehenden Oberkarbon zwischen Planitz und Cainsdorf (Signatur „sto = Steinkohlenformation mit Flötzausstrich“).

Fig. 1. Part of the geological map of the Kingdom of Saxony, section Planitz-Ebersbrunn (survey 1884 by K. Dalmer) with outcropping Upper Carboniferous between Planitz and Cainsdorf (signature “sto” means “coal formation with outcropping coal seams”).

2. Geologie und Petrographie

2.1. Geologische Situation

Schichten des Oberkarbons treten im Zwickauer Raum in der Vorerzgebirgssenke (früher „Erzgebirgisches Becken“) auf. Sie besitzt eine Ausdehnung von ca. 70 × 30 km und umfasst kontinentale Ablagerungen, „ … die als Molassen den verfestigten Abtragungsschutt des variszischen Orogens darstellen.“ (Wolf et al. 2008). Von mehreren Teilsenken der Vorerzgebirgssenke (Flöha, Zwickau, Ölsnitz) soll hier nur die Zwickauer Teilsenke näher betrachtet werden, in der große Teile der Gesteine des Oberkarbons von jüngeren Sedimentschichten des Rotliegend mit eingeschalteten Vulkanitserien bedeckt sind. Sie zeugen von einer anhaltenden Reliefeinebnung des variszischen Gebirges in dieser Zeit. An der Erdoberfläche treten oberkarbone Gesteine nur im Raum südlich Zwickau in einem schmalen Ausstrich zutage und werden dort auch von der Mulde angeschnitten, so vor allem zwischen den (heute nach Zwickau eingemeindeten) Ortslagen Planitz, Cainsdorf und Bockwa auf ca. 1 km Länge und max. 250 m Breite (Abb. 1). In diesem Gebiet waren die historischen Steinbrüche zur Gewinnung des Kohlesandsteins angelegt. Eine Gewinnung von Steinkohle aus Oberkarbon-Lagerstätten bei Zwickau ist bereits im 14. Jahrhundert aktenkundig und datiert sehr wahrscheinlich noch weiter zurück (Herzog 1852). 1978 wurde der Steinkohleabbau eingestellt. Die intensive wissenschaftliche Untersuchung der geologischen Verhältnisse des Oberkarbons von Zwickau ab dem ersten Drittel des 19. Jahrhunderts ist auch durch die Intensivierung des Abbaus im Industriezeitalter befördert worden (Wolf et al. 2008).

Stratigraphisch gehören die Kohlesandsteinvorkommen in die Stufe Westfal D des Oberkarbons (Zwickau-Formation, Marienthal-Pöhlau-Subformation). Die Abfolge ist gekennzeichnet durch Wechsel von Sand-, Schluff- und Tonsteinen, sporadisch eingeschaltete Karbonat-Lagen und 6 Steinkohleflöze bzw. Flözkomplexe (Hoth et al. 2009). Nach Schätzungen von Hoth et al. (2009) nehmen Sandsteine (davon zwei Drittel Feinsandsteine) etwa 20–40 % und die Steinkohleflöze 5–12 % der lithologischen Zusammensetzung des Schichtverbandes der Marienthal-Pöhlau-Subformation ein. Die Autoren interpretieren diese Abfolge mit zahlreichen Flözen als Folge nachlassender Reliefenergie bei der Abtragung des variszischen Gebirges in einem subtropisch-kontinentalen Milieu: An die Stelle von Konglomeraten – Gesteinen aus gröberen Geröllen eines Schuttfächers – in den älteren, tiefer liegenden Schichten treten nun mächtige fluviatile Sandsteinhorizonte, Ablagerungen der feiner körnigen Sedimentfracht von Flüssen. Dies ist verbunden mit einer oft ausgedehnten Vermoorung im Ablagerungsgebiet, die Voraussetzung für die Steinkohlebildung ist („Hauptflözkomplex“, Hoth et al. 2009). In der im Hangenden anschließenden Oberhohndorf-Subformation steigt der Konglomeratanteil wieder an. Die Kohlesandsteine repräsentieren somit einen ruhigeren Abschnitt im Zyklus stark wechselnder Reliefdynamik. Sie sind nicht metamorph überprägt worden. Hoth et al. (2009) ordnen sie noch dem Diagenesestadium (< 200 °C, keine Schieferung) zu.

Eine genauere, feinstratigraphische Zuordnung der an Bauwerken vorgefundenen Zwickauer Kohlesandstei-

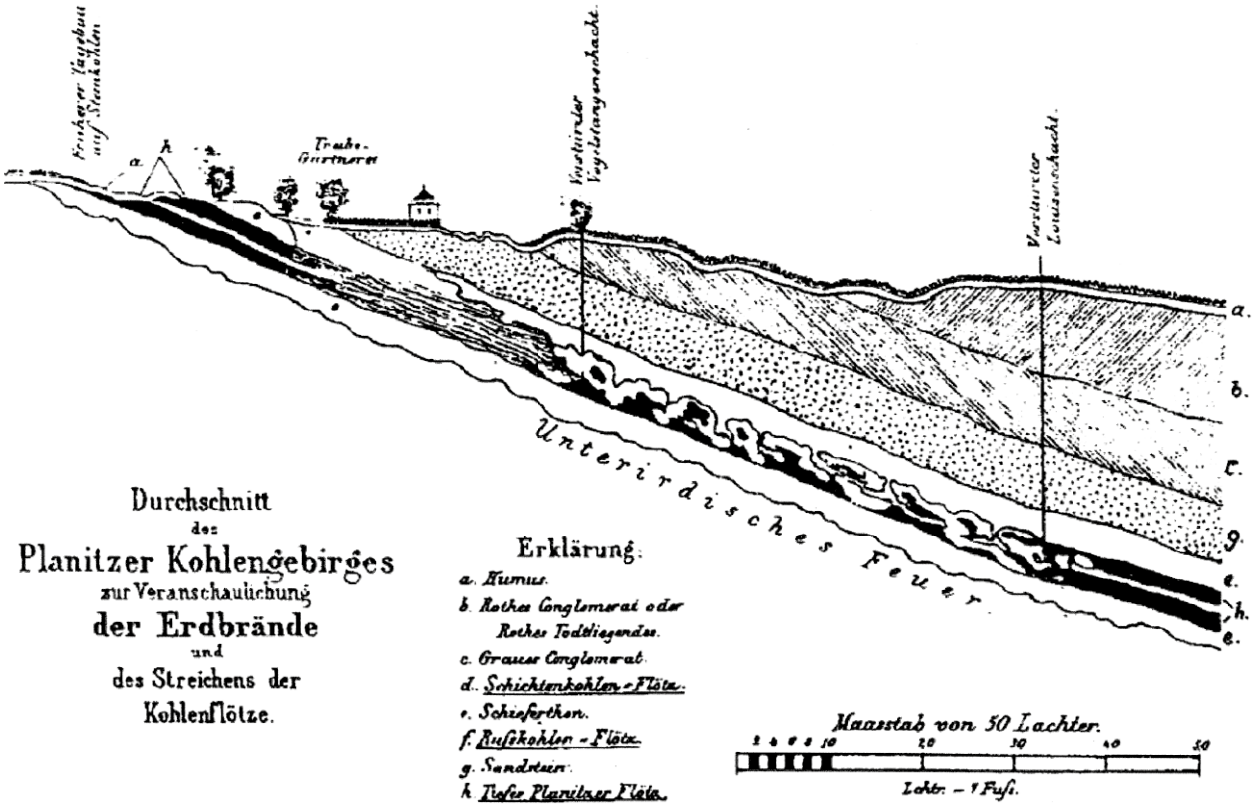

Abb. 2. Schematisches geologisches Profil aus Herzog (1852) zur Veranschaulichung der Verhältnisse im Steinbruchgebiet südlich Zwickau mit nordwärts unter das Rotliegend (b) einfallenden Oberkarbon-Sandsteinschichten (g).

Fig. 2. Schematic geological profile (from Herzog 1852) showing the situation in the sandstone quarry region south of Zwickau with Upper Carboniferous sandstone strata (g) dipping northward below the Rotliegend strata (b).

ne ist praktisch nicht möglich. Zwar sind die Profile des Westfal D von Zwickau im Zuge des früheren Steinkohlebergbaus recht gut untersucht worden. Entstehungsbedingt treten im Sandstein aber starke Schwankungen in Farbe, Korngröße und Eigenschaften auf, so dass charakteristische lithologische Merkmale schwer zu finden und mit den Literaturangaben zu korrelieren sind. Die heute extrem ungünstige Aufschlusssituation lässt darüber hinaus eine direkte Überprüfung der älteren Literaturangaben im Vergleich mit verbautem Material nicht mehr zu. Zudem werden in der Literatur teilweise widersprüchliche Angaben zur stratigraphischen Position der abgebauten Bausandsteine gemacht.

In jüngeren Publikationen (Eckardt & May 1936, Hoth et al. 2009) werden die als Bausandstein gewonnenen Kohlesandsteine im Hangenden des Tiefen Planitzer Flözes lokalisiert. Auch Naumann (1838, S. 408) nennt übereinstimmend Steinbrüche, „… welche innerhalb des mächtigen Sandsteinmittels zwischen dem Rußkohlenflötze und dem tiefen Planitzer Flötze betrieben werden.“ Die Schichtmächtigkeiten dieses Abschnitts (Korrelationseinheit 13d im Standardprofil des Zwickauer Oberkarbons) betragen 3 – 15 m und bestehen aus „Feinsandstein, z. T. bis Konglomerat und Schieferschluff, selten Schieferton, z. T. mit Kohlen- oder Dolomitlagen“ (Hoth et al. 2009, Beilage 3-1). Dalmer (1885) erwähnt allerdings einen Steinbruchbetrieb „… zur Gewinnung der im Hangenden des Russkohlenflözes auftretenden festen Sandsteine.“ Zwischen den Rußkohleflözen („Rußsandstein“) und unmittelbar darüber werden im Standardprofil des Zwickauer Oberkarbons ebenfalls Sandsteine ausgewiesen, im Hangenden des Rußkohleflözes folgen 5 – 20 m „Fein- bis Mittelsandstein, nach E Schieferschluff (Schichtensandstein)“ (Hoth et al. 2009, Beilage 3-1). Auf Blatt Kirchberg der geologischen Karte Sachsens treten östlich der Ortslage Bockwa Kohle führende Schichten des Oberkarbons im Schmelzbachtal in schmalen Ausstrichen an die Oberfläche, die nach Siegert (in Dalmer 1901) dem Horizontniveau des Rußkohleflözes zuzuordnen sind und „… früher noch weiter südlich hiervon durch kleine Schächte und Tagebaue erschlossen“ worden sind. Für eine Sandsteingewinnung mit der Kohleförderung in diesem Revier gibt es allerdings keine Belege. Diese konzentrierte sich nach den schriftlichen Überlieferungen (vgl. 4.1) offensichtlich auf den „Kohlberg“ im Bockwaer Communwald, für den Sandstein fördernde Steinbrüche und Schächte immer wieder erwähnt werden. Dass der an der Basis der Marienthal-Pöhlau-Subformation liegende Amandus-Sandstein für Bauzwecke genutzt worden ist, kann nicht belegt werden und ist eher unwahrscheinlich, weil er über Tage nicht zugänglich war und tief angelegte Schächte im Abbaugebiet Probleme mit der Wasserhaltung verursachten (vgl. 4.1).

Abb. 3. Mauerwerk an der Südseite der Kirche St. Marien in Zwickau mit grauen und gelblichen Kohlesandsteinquadern.

Fig. 3. Stonework of the southern wall of the church of St Mary in Zwickau with grey and yellowish ashlars of Upper carboniferous sandstone.

In einer schematischen Schnittdarstellung aus Herzog (1852) zur Illustration der in der Literatur vielfach erwähnten Erdbrandsituation, die sich bereits 1641 durch die bergbaulich bedingt zahlreichen, Sauerstoff zuführenden Tagesöffnungen einstellte und dann über mehr als 200 Jahre andauerte – über dem Ausstrich des Erdbrandgebietes wurde 1837 die „Geithnersche Treibegärtnerei“ eingerichtet, die die Abwärme nutzte (!) – ist die geologische Situation bei Planitz mit Kohleflözen und Sandstein im Hangenden prinzipiell gut nachvollziehbar (Abb. 2). Der Ausstrich der Marienthal-Pöhlau-Subformation an der Erdoberfläche ermöglichte zunächst einen übertägigen Abbau sowohl der Steinkohle als auch des Sandsteins.

2.2. Petrographie

Genetisch bedingt streuen die petrographischen Merkmale der unter dem Begriff „Zwickauer Kohlesandstein“ zusammengefassten Sandsteine relativ breit. Umfangreichere petrographische Untersuchungen sind an der grauen Varietät vorgenommen worden, die vor allem im Bereich des Traufgesimses an der Südseite der Zwickauer Marienkirche wegen oberflächiger Verwitterungsschäden in den frühen 1990er Jahren ausgebaut und durch Neuteile aus Möltener Sandstein (Südtirol) ersetzt worden sind (Kutschke 1993, Kutschke et al. 1994, Neumann 1994, Siedel et al. 2011). Augenscheinlich existieren jedoch weitere farblich und vom Korngrößenspektrum sowie dem Gehalt an organischer Substanz her abweichende Varietäten (Abb. 3 und 4). Vor diesem Hintergrund müssen die an wenigen Proben ermittelten petrographischen wie auch technischen Kennwerte (vgl. 3.1) mit der gebotenen Vorsicht bewertet werden. Dennoch werden einige charakteristische Merkmale des Materials deutlich, die auch Hinweise hinsichtlich seiner Eignung und Qualität als Baustoff geben.

Abb. 4. Rote und gelbliche Kohlesandsteine am südlichen Schiff der Katharinenkirche in Zwickau.

Fig. 4. Red and yellowish ashlars of Upper Carboniferous sandstone on the southern aisle of the church of St Catherine in Zwickau.

Makroskopisch betrachtet können die an Bauwerken auftretenden Kohlesandsteine als unterschiedlich (grau, rot oder gelblich) gefärbte, mittel- bis grobkörnige, seltener auch feinkörnige Sandsteine mit meist deutlich erkennbarer Schichtung (neben Parallel- auch Kreuz- und Schrägschichtung) beschrieben werden. Auffällig sind schichtparallele schwarze, kohlige Lagen (Pflanzenhäcksel) mit Mächtigkeiten bis in den Zentimeterbereich und mm-starke Kohleschmitzen. Bereits mit bloßem Auge deutlich sichtbar ist oft ein Gehalt an Hellglimmer, der beim Zerschlagen einzelner Stücke häufig auch auf den entstehenden Trennflächen (± schichtparallel) angereichert ist. An den Sandsteinquadern verschiedener Zwickauer Bauwerke ist die große Variabilität von Farbe, Korngröße und Textur der Molassesandsteine gut zu studieren. So finden sich beispielsweise an der Katharinenkirche auch rötliche und gelbliche Sandsteine, die (wohl diagenetisch bedingte) Imprägnierungen mit einer harten, ferritischen Substanz zeigen, die deutlich verwitterungsbeständiger ist als ihre Umgebung.

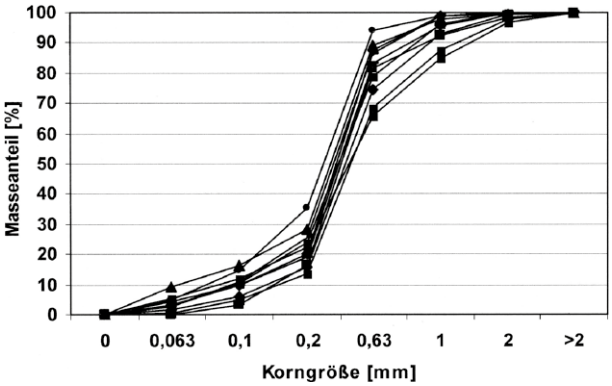

Abb. 5. Korngrößenverteilung von schonend zerkleinerten Kohlesandsteinen der grauen Varietät von der Marienkirche in Zwickau.

Fig. 5. Grain size distribution of gently crushed Carboniferous sandstones of the grey variety from the church of St Mary in Zwickau.

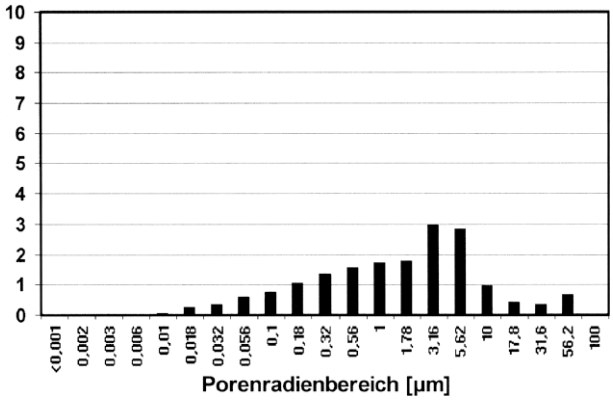

Abb. 7. Porenradienverteilung von grauem Kohlesandstein von der Marienkirche in Zwickau.

Fig. 7. Pore size distribution of grey Carboniferous sandstone from the church of St Mary in Zwickau.

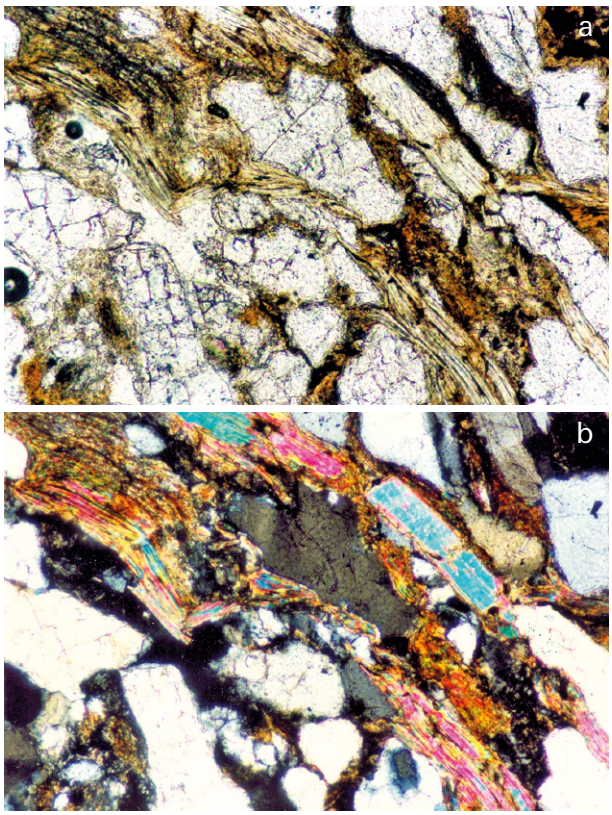

Abb. 6. Dünnschliff von Kohlesandstein von der Marienkirche in Zwickau mit diagonal verlaufender Schichtung , (a) Nicols II, (b) Nicols +, rechter Bildrand entspricht 1,3 mm.

Fig. 6. Microscopic thin section of Carboniferous sandstone from the church of St Mary in Zwickau with diagonal bedding, (a) Nicols II, (b) Nicols +, right figure margin 1.3 mm.

Die Untersuchung von Dünnschliffen und Siebanalysen aus schonend zerkleinerten Kohlesandsteinen des grauen Ausbaumaterials von der Marienkirche (Kutschke et al. 1994) ergaben dominierende Korngrößenanteile zwischen 0,1 und 1 mm (Abb. 5). Die Sortierung nach Trask lag im Durchschnitt bei 1,49 (das entspricht einer „mittleren“ Sortierung nach Füchtbauer) und schwankte zwischen 1,43 und 1,63 (Kutschke et al. 1994). Die Kornrundung kann vorwiegend als eckig bis schwach eckig bezeichnet werden.

Der Mineralbestand der untersuchten Kohlesandsteine (Siedel et al. 2011, Abb. 6) besteht überwiegend aus Quarz, der sehr häufig die typisch undulöse Auslöschung metamorpher Quarze zeigt. Authigene Aufwachsungen sind oft zu beobachten. Einschließlich polykristalliner Quarze (Gesteinsbruchstücke aus Quarzkörnern) nimmt das Mineral Anteile zwischen 55 und 80 % im Sandstein ein. Weitere Gesteinsfragmente sind metamorphe Gesteinsbruchstücke wie Phyllite und Quarzphyllite (2 – 9 %). Der Anteil an hellem Glimmer (Muskovit) ist deutlich und schwankt zwischen 5 und 15 %, im Dünnschliff sind die detritischen Muskovite teilweise geknickt (vgl. Abb. 6). Feldspäte sind nur in geringen Anteilen (max. 1 %) nachweisbar, im Dünnschliff sind sie meist stark zersetzt. Auffällig sind weiterhin hohe Tonmineralgehalte (überwiegend Kaolinit, 10 – 15 %). An Akzessorien wiesen Kutschke et al. (1994) die Schwerminerale Zirkon, Rutil, Turmalin und Ilmenit nach, in einigen Proben treten auch facettierte Granatkörner auf. Neumann (1994) fand in einzelnen Proben bis zu 3 % Ankerit und z. T. deutliche Gehalte an Eisenoxiden und -hydroxiden. Der – abgesehen von den makroskopisch sichtbaren Kohlelagen – im Dünnschliff nachweisbare Anteil kohliger (bituminöser) Substanz im Porenraum ist gering (meist unter 1 %).

Eine direkte Kornbindung durch authigene Anwachssäume der Quarzkörner ist nur untergeordnet gegeben, meist zeigen die Quarze Punkt- oder seltener Flächenkontakte. Tonminerale im Porenraum tragen nur bedingt zur Bindung bei. Die mittlere Porengröße beträgt im Dünnschliff zwischen 0,05 und 0,2 mm, im Maximum wurden 1,2 mm gemessen. Die mittlere Porengröße der Feinporenanteile, die mittels Quecksilberdruckporosimetrie bestimmt werden können, lag bei 1,2 µm (n = 26; Kutschke et al. 1994). Eine typische Porenradienverteilung nach Quecksilberdruckporosimetrie zeigt Abb. 7. Die über Messungen mit dem Heliumpyknometer ermittelten Gesamtporositäten an 9 Proben lagen zwischen 16,1 und 25,2 %.

Tabelle 1. Chemische Analysen von zwei Kohlesandsteinproben (Ausbaumaterial der Marienkirche in Zwickau; Kutschke et al. 1994).

Table 1. Bulk chemical analyses for two samples of Carboniferous sandstone taken from the church St Mary in Zwickau, Kutschke et al. (1994).

Varietät	hellgrau [M.-%]	bräunlich grau [M.-%]	Arithmet. Mittel [M.-%]
SiO_2	78,6	82,1	80,35
TiO_2	0,50	0,49	0,50
Al_2O_3	9,6	7,6	8,6
Fe_2O_3	3,4	2,7	3,1
FeO	0,25	0,20	0,23
MnO	0,27	0,11	0,19
MgO	0,75	0,50	0,62
CaO	0,39	0,21	0,30
Na_2O	0,57	0,55	0,56
K_2O	1,5	1,2	1,4
$C_{org.}$	0,28	< 0,1	< 0,2
GV	3,9	3,2	3,6
Summe	100,01	98,86	99,45

Zwei chemische Analysen von grauen Kohlesandsteinen (Tab. 1) zeigen relativ hohe Al_2O_3-Anteile, die Tonmineralen und Glimmern zugeordnet werden müssen. Bemerkenswert ist auch der geringe Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}), der dem nur vereinzelten Auftreten organischer Substanz im Schliffbild der untersuchten Sandsteine entspricht. Der deutliche Glühverlust (GV) muss überwiegend der Entwässerung von Schichtsilikatanteilen zugeordnet werden. Höhere Gehalte an Magnesium und dreiwertigem Eisen können aus geringen Karbonatgehalten bzw. tonig-ferritischer Substanz hergeleitet werden.

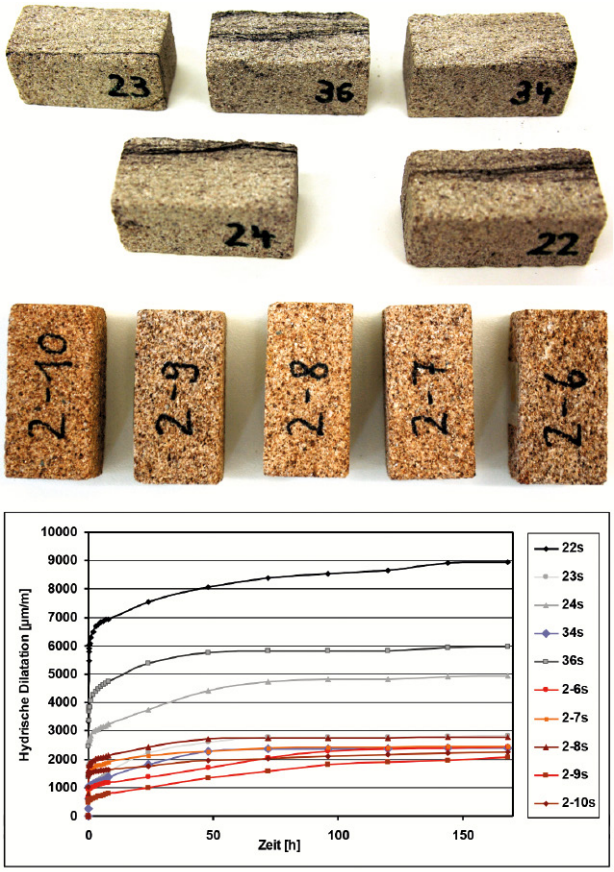

Abb. 8. Hydrische Dilatation senkrecht zur Schichtung von grauen und roten Varietäten des Kohlesandsteins bei Wasserlagerung bis zu 7 Tagen.

Fig. 8. Hydric dilatation normal to bedding of grey and red varieties of Carboniferous sandstone during water storage up to 7 days.

3. Technische Eigenschaften und Verwitterungsverhalten

3.1. Gesteinstechnische Kennwerte

In Kutschke (1993) und Kutschke et al. (1994) werden Ergebnisse materialtechnischer Untersuchungen an Zwickauer Kohlesandstein von der Marienkirche Zwickau zusammengestellt. Die wichtigsten technischen Kennwerte aus diesen Quellen sind in Tab. 2 und 3 zusammengefasst.

Die Prüfungen mechanischer Kennwerte (Tab. 2) erfolgten an luftgetrockneten, unter Laborbedingungen (20 °C / 65 % r. F.) bis zur Ausgleichfeuchte gelagerten Proben. Weitere Messungen wurden zum Vergleich an wassergesättigten Proben durchgeführt. Als Prüfkörper wurden Prismen 40 × 40 × 160 mm (statischer und dynamischer E-Modul, Biegezugfestigkeit nach DIN 52112, Verfahren A – Mittelpunktbelastung) und Würfel (Kantenlänge 100 mm, Druckfestigkeit, DIN 52105) verwendet.

Die untersuchten Kohlesandsteine liegen mit ihrer relativ geringen Druck- und Biegezugfestigkeitfestigkeit im unteren Bereich der für Sandsteine üblichen Werte, erwartungsgemäß mit tendenziell höheren Festigkeiten bei Prüfung der Druckfestigkeit senkrecht zur Schichtung. Festigkeitsmindernd dürften sich die vergleichsweise hohen Tonmineral- und Glimmergehalte sowie ggf. Kohleeinlagerungen auswirken (vgl. 2.2). Bei Wassersättigung, verbunden mit Quelleffekten der Schichtsilikate und Kohleeinlagerungen (s. u.), wird deren Wirkung in Form einer deutlichen „Erweichung“ des Sandsteins noch verstärkt. Etwas überraschend ist die tendenziell höhere Biegezugfestigkeit bei Belastung (Durchbiegung) parallel zur Schichtung gemessen. Möglicherweise hat hier bei relativ geringer Prüfkörperzahl die starke Inhomogenität der beprobten Blöcke Einfluss auf die Mittelwertbildung gehabt. Für die zentrische Zugfestigkeit zeigt der Sandstein wiederum erwartungsgemäß niedrigere Werte bei Zugbeanspruchung senkrecht zur Schichtung, wohl weil Schichtflächen mit Glimmern oder Kohlelagen als „Sollbruchstellen“ fungieren können. Der Elastizitätsmodul kann als niedrig eingeschätzt werden, dabei tritt eine deutliche Anisotropie auf (die senkrecht zur Schichtung gemessenen Werte sind signifikant niedriger als die parallel zur Schichtung bestimmten).

Tabelle 2. Gesteinsmechanische Kennwerte von Zwickauer Kohlesandstein (Ausbaumaterial der Marienkirche in Zwickau; Kutschke et al. 1994, Kutschke 1993), Prüfwerte senkrecht zur Schichtung (in Klammer parallel zur Schichtung). Die Standardabweichung wird bei Prüfkörperzahlen > 5 angegeben.

Table 2. Mechanical properties of Carboniferous Zwickau sandstone measured normal to bedding (in brackets: values measured parallel to bedding; material taken from the church St Mary in Zwickau; Kutschke et al. 1994, Kutschke 1993). Standard deviation is given for average values from more than 5 samples only.

	Anzahl Prüfungen	Mittelwert	Maximum	Minimum	Standard-abweichung
Druckfestigkeit [N/mm²], trocken	4 (4)	18,9 (16,6)	22,5 (21,4)	12,0 (13,6)	
Druckfestigkeit [N/mm²], wassergesättigt	4 (4)	15,9 (12,0)	16,2 (13,8)	15,7 (8,7)	
Biegezugfestigkeit [N/mm²], trocken	5 (5)	1,9 (3,8)	2,7 (4,5)	1,4 (3,1)	0,5 (0,7)
Biegezugfestigkeit [N/mm²], wassergesättigt	3 (5)	0,8 (2,0)	1,0 (3,2)	0,6 (1,4)	(0,7)
Zentrische Zugfestigkeit [N/mm²], trocken	8 (19)	0,4 (1,1)	0,6 (1,4)	0,3 (0,4)	0,2 (0,3)
Zentrische Zugfestigkeit [N/mm²], wassergesättigt	5 (14)	0,3 (0,6)	0,4 (1,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,3)
Dynam. E-Modul [kN/mm²]	2 (4)	9,4 (16,5)	10,0 (22,0)	8,4 (13,0)	
Statischer E-Modul [kN/mm²)	10 (9)	3,9 (7,1)	5,3 (9,8)	2,6 (4,1)	0,9 (2,2)

Tabelle 3. Porenraum-, hygrische und thermische Kennwerte von Zwickauer Kohlesandstein (Ausbaumaterial der Marienkirche in Zwickau; Kutschke et al. 1994, Kutschke 1993), Prüfwerte senkrecht zur Schichtung (in Klammer parallel zur Schichtung). Die Standardabweichung wird bei Prüfkörperzahlen > 5 angegeben. * nach 7 Tagen Wasserlagerung.

Table 3. Pore volume, hygric and thermal properties of Carboniferous Zwickau sandstone measured normal to bedding (in brackets: values measured parallel to bedding; material taken from the church St Mary in Zwickau; Kutschke et al. 1994, Kutschke 1993). Standard deviation is given for average values from more than 5 samples only. *after 7 days of storage in water.

	Anzahl Prüfungen	Mittelwert	Maximum	Minimum	Standard-abweichung
Reindichte [g/cm³]	10	2,72	2,74	2,69	
Rohdichte [g/cm³]	12	2,17	2,23	2,10	
Porosität [Vol.-%]	9	19,9	25,2	16,1	2,7
Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck [M.-%]	6	6,1	6,7	5,5	0,5
Kapillare Wasseraufnahme [kg/m² √h)	2 (4)	2,0 (2,9)	2,1 (3,5)	1,9 (2,5)	
Hydrische Dilatation [mm/m]*	3 (3)	0,734 (0,318)	0,793 (0,466)	0,672 (0,158)	
Wärmedehnungskoeffizient (-20 °C … +20 °C) [10^{-6}/K]	3 (6)	10,50 (11,05)	12,50 (13,30)	8,35 (8,45)	(1,7)
Wärmedehnungskoeffizient (+20 °C … +60 °C) [10^{-6}/K]	3 (6)	15,21 (6,83)	34,06 (12,38)	7,20 (4,33)	(2,9)

Bei einer für Sandsteine normalen Gesamtporosität ist die Gesamtwasseraufnahme relativ gering (Tab. 3). Neuere Werte der Wasseraufnahme für eine rötlich-braune Varietät (Abb. 8, 9) sind etwas höher als die in Tab. 2 dargestellten. Messungen zur Wasserdampfdiffusion wurden bei den eigenen Untersuchungen nicht durchgeführt. Jedoch liegen neuere Messungen an grauen Varietäten von Schaper et al. (2014) vor, die im Wet-Cup-Verfahren (50/100 % r. F.) an Bohrkernscheiben (d = 50 mm) durchschnittliche μ-Werte von 25,8 (±2,2) senkrecht und 25,5 (±4,6) parallel zur Schichtung ergaben und deren Ergebnisse damit im für Sandsteine üblichen Wertebereich liegen. Die kapillare Wasseraufnahme (Tab. 3) zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Schichtungsrichtung (Anisotropie): Schichtparallel eingelagerte Glimmer- und Tonlagen sowie kohlige Einlagerungen hemmen offensichtlich das Eindringen des Wassers. Die hydrische Dilatation liegt – bei ebenfalls starker Anisotropie – senkrecht zur Schichtung gemessen im oberen bis mittleren Bereich der für Sandstein üblichen Werte, was sicherlich vor allem auf die Wirkung schichtparallel eingelagerter Schichtsilikate (Glimmer) und den insgesamt relativ hohen Tonmineralgehalt zurückzuführen ist.

Jüngst im Labor des Instituts für Geotechnik der TU Dresden für die Untersuchung von Schaper et al. (2014) durchgeführte Messungen an kleinen Prismen weiterer Kohlesandsteinproben aus historischen Bauwerken erbrachte sogar Einzelwerte von >> 2 mm/m (senkrecht zur Schichtung) innerhalb von 24 Stunden (Tab. 4). Betrachtet man die vermessenen Proben genauer, zeigt es sich, dass insbesondere solche mit deutlich sichtbaren „Kohleadern“ im Gefüge ausgeprägt starke Quelldehnungen zeigen (Abb. 8). Die visuell festzustellende Dicke und Häufigkeit der Kohlelagen einzelner Proben korreliert mit deren hydrischer Dilatation: Die Einzelproben 22s, 24s und 36s der grauen Varietät bilden „Ausreißer“ mit extremen hydrischen Dehnungen (5 – 9 mm/m nach 7 d Wasserlagerung), während die grauen Proben ohne deutliche Anreicherung von Kohlelagen (23s, 34s) Dehnungswerte zeigen, die mit den rotbraunen Varietäten ohne sichtbare Kohleeinlagerungen vergleichbar sind (zwischen 2 und 3 mm/m nach 7 d). Offensichtlich bewirkt die Anreicherung von ± schichtparallelen Kohleeinlagerungen im Gefüge auch eine höhere Wasseraufnahme in den entsprechenden Bereichen, denn die betreffenden Proben innerhalb der grauen Varietät zeigten

Tabelle 4. Ergebnisse (Mittelwerte) der Messung der hydrischen Dehnung nach Wasserlagerung (24 Stunden und 7 Tage) an Kohlesandstein-Prismen 20 × 20 × 40 mm verschiedener Varietäten (Institut für Geotechnik der TU Dresden); Werte senkrecht zur Schichtung gemessen (in Klammer parallel zur Schichtung).

Table 4. Average values of measurements of the hydric dilatation on prisms 20 × 20 × 40 mm from Carboniferous sandstone of different varieties after 24 hours and 7 days water storage (Institute of Geotechnical Engineering, TU Dresden); measurements normal to bedding (in brackets: parallel to bedding).

Varietät / Anzahl der Messungen	Hydrische Dilatation [mm/m], 24 h	Standard-abweichung	Hydrische Dilatation [mm/m], 7 d	Standard-abweichung
Braunrot, mittelkörnig / n = 5 (5)	1,744 (0,832)	0,573 (0,275)	2,397 (1,127)	0,257 (0,241)
Grau, mittelkörnig, ± Kohlelagen / n = 5	3,049	2,208	5,020	2,653

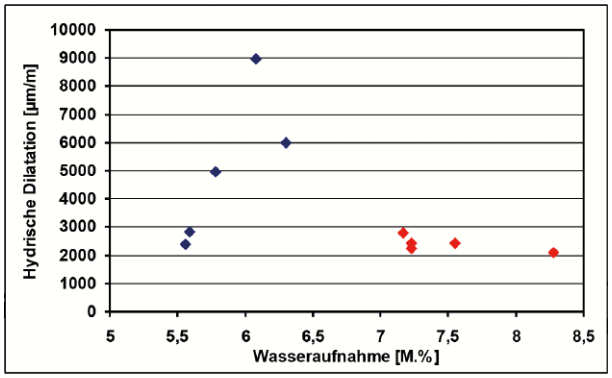

Abb. 9. Beziehung zwischen der Gesamtwasseraufnahme und der hydrischen Dilatation nach 7 Tagen Wasserlagerung für die grauen und roten Sandsteinproben aus Abb. 8 (blaue Symbole = grauer Sandstein, rote Symbole = roter Sandstein).

Fig. 9. Relation between total water uptake and hydric dilatation after 7 days water storage measured on the grey and red sandstone samples displayed in fig. 8 (blue symbols= grey sandstone, red symbols = red sandstone).

neben signifikant höherer hydrischer Dehnung tendenziell auch höhere Gesamtwasseraufnahmen als die ohne Kohleeinlagerungen (Abb. 9). Die Gruppe der rotbraunen Kohlesandsteine ohne sichtbare Kohleeinlagerungen hat trotz insgesamt höherer Gesamtwasseraufnahme keine signifikant höhere hydrische Dilatation. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass bei Durchfeuchtung eine hohe Wassersättigung der Kohlelagen eintritt, die einen besonders starken Quelleffekt im Gefüge auslöst. Dies dürfte auch im Frostfall einen kritischen Punkt hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der betreffenden weicheren Bereiche im Gefüge darstellen.

Auffällig ist weiterhin eine signifikant höhere thermische Dilatation senkrecht zur Schichtung bei höheren Temperaturen (+20 bis +60 °C, Tab. 3). Insgesamt muss bei dem untersuchten Material von für Bauzwecke nur mäßig geeigneten technischen Eigenschaften ausgegangen werden.

3.2. Verwitterungsverhalten

Die aufgrund der oben dargestellten gesteinstechnischen Kennwerte und der petrographischen Eigenschaften eingeschränkte Verwitterungsbeständigkeit vieler Varietäten des Kohlesandsteins im Außenraum war wohl schon zur Zeit seiner intensivsten Nutzung als Baumaterial bekannt. So schreibt bereits Agricola (1546, S. 252 f.), der den Zwickauer Sandstein neben dem „Pirnaer“, also dem Elbsandstein erwähnt, von einem weichen Material, welches „nicht Regen und Winterkälte“ verträgt. Ähnliches vermerkt Albinus (1590, S. 166), der den Zwickauer Sandstein mit dem Elbsandstein vergleicht und dabei zwischen verschiedenen Materialqualitäten innerhalb des Zwickauers differenziert: „Der Pirnische ist gar viel fester als der Zwickische / welches denn aus dem erscheinet das dieser vom Wetter gehoben wird / aber jener besser an dem Wetter stehet: Denn der Zwickische offtmals … / letzlich zu Sand wird. Wiewol die Schneberger für etlich und 70. Jaren einen eigenen Steinbruch zu Zwickaw gehabt / darinnen gantz feste Werckstück den Pirnischen nicht ungleich gebrochen / wie noch an dem Kirchen Gebewde zusehen / die meisten theils am Wetter wol stehen.“ Interessant ist in diesem Zusammenhang auch ein Rechtsstreit des Zwickauer Rates im September 1685 um Bauangelegenheiten am Rathaus. Der Rat rechtfertigt sich, dass er „Marmor“ (polierfähigen Kalkstein) aus einem Steinbruch in Schönau für die Treppenkonstruktion verwendet, worauf der Marmorinspektor intervenierte, weil die besten und größten Stücken der Landesregierung vorbehalten seien. Der Zwickauer Rat argumentiert dabei u. a. wie folgt: „Es kömbt die Treppe nicht unter Tach, sondern unter freyen Himmel ins Wetter, worzu unser Sandstein aus den Brüchen zu Bockau (Bockwa, Anm. d. Verf.), weil er zu weich und in Wetter gar nicht tauert, sich nicht schicket. Derowegen wir umb der tauerhafftigkeit und Witterung willen aus Noth Marmor nehmen müßen. Denn andere gelegenheit zu Steinen zu kommen uns dieses orths gänzlich ermangelt“; (zitiert nach Beierlein 1963, S. 191). In dieser klaren Bewertung wird die wohl auf wiederholten Erfahrungen basierende zeitgenössische Erkenntnis der eingeschränkten Eignung des einheimischen Materials sehr deutlich, die mittelfristig gesehen neben schwierigen Abbauverhältnissen sicher auch mit zum Niedergang der Steinbrüche beigetragen hat.

Eigene Beobachtungen an verschiedenen Bauwerken, an denen Kohlesandstein im Außenraum über Jahrhunderte bewittert wurde, bestätigen im Allgemeinen die bereits früher geäußerte Skepsis (vgl. Beeger 1988), zeigen jedoch auch, dass sie nicht für alle Varietäten gleichermaßen angebracht ist. Die bei Molassesandsteinen ausgeprägte Inhomogenität selbst innerhalb eng begrenzter stratigraphischer Einheiten mit Gesteinsbruchstücken,

Abb. 10. Auswittern von Kohlelagen im Sandstein, Schloss Planitz (Fassade im Innenhof).

Fig. 10. Deep weathering of coal layers in Carboniferous sandstone, Planitz Castle (façade in the inner courtyard).

Abb. 11. Schuppen- und Schalenbildung an einem nicht lagergerecht eingebauten Werksteinblock, Katharinenkirche Zwickau.

Fig. 11. Flaking and scaling on an ashlar mounted with its surface parallel to bedding, church of St. Catherine in Zwickau.

Abb. 12. Steinschäden und Salzausblühungen an der Marienkirche in Zwickau.

Fig. 12. Stone damage and salt efflorescence on the church of St Mary in Zwickau.

Abb. 13. Gipskrusten auf der Sandsteinoberfläche verursachen dahinter liegende Mürbzonen und Materialverluste.

Fig. 13. Gypsum crusts on the sandstone surface cause brittle zones behind and loss of material.

wechselndem Tongehalt, lagenweisen Anreicherungen von Glimmer und organischer Substanz sowie wechselnden Korngrößen stellt zweifellos grundsätzlich einen Nachteil für die Nutzung als Baugestein dar. So sind beispielsweise rötlich gebänderte Kohlesandsteine an der Katharinenkirche recht gut erhalten, während graue, gelbliche und auch rote Varietäten deutlich stärker verwittert sind.

Zu beobachten ist oft ein tiefes Auswittern der Kohlelagen im Gefüge (Abb. 10), die bei großer Häufigkeit und engen Abständen solcher Einlagerungen zur massiven schichtparallelen Rückwitterung des gesamten Blocks führt. Ursachen dürften in der hohen Wasseraufnahme und Quellfähigkeit der betroffenen Abschnitte bei Durchfeuchtung sowie starkem Schwinden bei Austrocknung liegen (vgl. 3.1); daneben sind die weicheren Kohlelagen mechanisch weniger widerstandsfähig und wegen der starken Wassersättigung sicher auch besonders frostanfällig.

Negativ machen sich besonders nicht lagergerecht („auf Spalt“) eingebaute Werkstücke durch schuppige oder schalige Absonderung parallel zur Schichtung bemerkbar (Abb. 11). Als Ursache für dieses Phänomen kann die senkrecht zur Schichtung besonders stark ausgeprägte, zyklische termisch-hygrisch bedingte Verformung bei Durchfeuchtung/Trocknung bzw. Erwärmung/Abkühlung angesehen werden. Im Grenzbereich der von tages- oder jahreszeitlichen Feuchte- und Temperaturänderungen erreichten Oberflächenzone des Werksteins zum tieferen, kaum betroffenen Steinbereich stellen sich mechanische Spannungen ein, die bevorzugt entlang von schichtparallelen Schwächezonen wie Glimmer- oder Kohlelagen zu flächigen Ablösungen führen.

Starke Schäden werden weiterhin durch die Einlagerung bauschädlicher Salze im Porenraum verursacht (Absanden). Oft sind solche Verwitterungen von den Mörtelfugen ausgegangen, wie durch starke Rückwitterung der Blockkanten und Salzausblühungen in diesem Bereich z.B. an der Marienkirche in Zwickau nahe gelegt wird (Abb. 12, vgl. auch Abb. 3). Dort wurden als Verursacher vielfach Magnesiumsulfate mit Gips nachgewiesen, die durch umweltbedingte Verwitterung

Abb. 14. Ablösende Farbschichten auf Sandstein-Oberflächen, Priesterhäuser in Zwickau.

Fig. 14. Detaching paint layers on surfaces of sandstone elements, houses of the priests in Zwickau.

historischer dolomitischer Kalkmörtel entstanden sind (Siedel 2013). Die Bildung von Gipskrusten auf den Sandsteinoberflächen hat zur Ausbildung von Mürbzonen unter den Krusten geführt, die Originaloberflächen durch Absanden und Abschuppen vielfach zerstört haben (Abb. 13). Die umfangreichen Austausch- und Ergänzungsarbeiten an der Zwickauer Marienkirche unter Mothes 1885–91 (Dehio 1998) beweisen, dass der Zustand der Sandsteinoberflächen bereits damals alles andere als zufrieden stellend gewesen sein muss. Allerdings haben sich die seinerzeit angebrachten, z. T. vollflächigen Zementergänzungen im Verbund mit dem Kohlesandstein (im Gegensatz zur Einschätzung durch Beeger 1988) als kontraproduktiv erwiesen. Der stark unterschiedliche E-Modul der Ergänzungen und des Sandsteins führte zu starken Steinschäden an den randlichen Verbünden und zur weitgehenden flächigen Ablösung (Hohlstellen!) der Ergänzungsmörtel. Auch für Farbanstriche muss der Kohlesandstein als eher ungünstiger Untergrund angesehen werden, wie die Ablösung jüngst aufgetragener Anstriche an vielen Sandsteinelementen in Zwickau beweist (Abb. 14).

Strategien zur nachhaltigen Konservierung verwitterter Oberflächen aus Kohlesandstein sind für die Erhaltung zahlreicher, teils kulturhistorisch bedeutender Denkmalobjekte in der Zwickauer Region von großer Wichtigkeit. In den letzten Jahren sind gezielte Untersuchungen zur Konservierung durch Entsalzung, Festigung mit Kieselsäureester und Antragung von Steinergänzungsmörteln durchgeführt wurden (Zötzl 2014, Zötzl & Gühne 2014).

4. Historische Gewinnung und Verwendung von Kohlesandstein an Bauwerken

4.1. Gewinnung

Wann der Abbau von Kohlesandstein zu Bauzwecken begonnen hat, ist nicht genau zu ermitteln. Wahrscheinlich stand er schon zu Beginn in relativ engem Zusammenhang zur Gewinnung von Steinkohle, die ins 14. Jahrhundert zurückgehen soll, vielleicht aber noch älter ist (Herzog 1852). Der oberflächige Ausstrich Kohle und Sandstein führender Schichten des Oberkarbons im Raum Bockwa - Cainsdorf - Planitz ermöglichte jedenfalls ein einfaches Auffinden dieser praktisch nutzbaren Rohstoffe. Sandstein ist bereits in den Resten des vor 1200 datierten romanischen Vorgängerbaus der Marienkirche („vermutlich ein Sandsteinquaderbau“, Dehio 1998) nachweisbar, die bei bauarchäologischen Untersuchungen 1991 gefunden wurden (Oelsner 1998). Die dort freigelegten Quader bestanden nach einer freundlichen persönlichen Mitteilung von Norbert Oelsner (Landesamt für Denkmalpflege Sachsen) aus Kohlesandstein. In der Zwickauer Katharinenkirche sind noch Kämpfer der Triumphbogenvorlagen des romanischen Vorgängerbaus (um 1200) erhalten, einer davon mit Schachbrettmuster (Dehio 1998), die ebenfalls aus Kohlesandstein bestehen (Abb. 15). Wenn auch schriftliche Zeugnisse für den frühen Sandsteinabbau fehlen, so kann doch seine Verwendung an datierten Gebäudeteilen Aufschluss über eine bereits im 12. und 13. Jahrhundert existierende Gewinnung geben.

Ein „Lageplan des ältesten Zwickauer Bergbaues“ aus dem Rissarchiv des Erzgebirgischen Steinkohlen-Aktienvereins mit dem handschriftlichen Titel „Geometrischer Grundriß über die Gegend und Lage derer Steinkohlenberge zu Planitz, Buckwe, Ober-Hohendorf und Reinsdorf“ und dem Vermerk „Herstellungsjahr unbekannt“, den Tippmann (1992) abbildet und „etwa um 1520“ datiert, zeigt neben Kohleschächten im „Buckwer Gemeinde Holz“ am südlichen Abhang des Kohlberges auch eine Steinbruchsignatur mit der Bezeichnung „k.) Die Stein-Grube“ (Abb. 16). Sie liegt im Gebiet des Ausstrichs der oberkarbonischen Sandsteinschichten (vgl. Abb. 1). Die Datierung auf das 16. Jahrhundert kann allerdings nicht richtig sein, denn in der handschriftlichen Legende werden der 30jährige Krieg und der Erdbrand „bis 1860“ erwähnt. Wahrscheinlich stammt der Riss aus dem 19. Jahrhundert.

Beeger (1988) zitiert, ohne genauere Quellen anzugeben, Kirchenrechnungen von 1476 über Material aus einem „weichen steynbruch“ und einem „hertten

Abb. 15. Kämpfer mit Schachbrettmuster aus Kohlesandstein aus dem romanischen Vorgängerbau der Katharinenkirche in Zwickau (um 1200).

Fig. 15. Springing stone with chessboard-like ornaments made of Carboniferous sandstone in Romanesque parts of the church of St Catherine in Zwickau (dated around 1200).

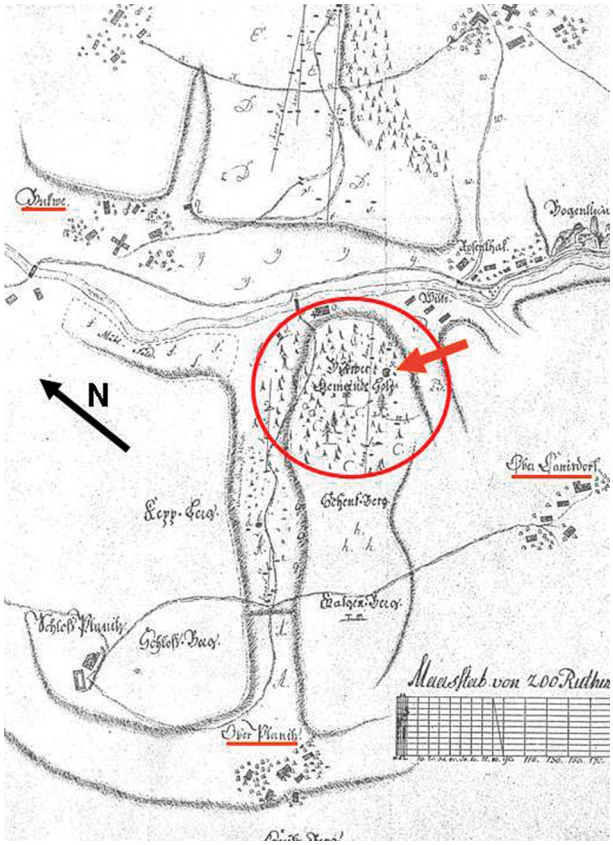

Abb. 16. Alte Kartendarstellung (wahrscheinlich 19. Jahrhundert) mit Lokalisierung der Sandsteingewinnung zwischen Bockwa („Buckwe"), Oberplanitz und Oberkainsdorf aus dem Rissarchiv des Erzgebirgischen Steinkohlen-Aktienvereins (ohne Jahr). Der Pfeil deutet auf eine mit „k" bezeichnete Struktur im Bockwaer „Gemeinde Holz", in der Legende erläutert als „Sandstein-Grube".

Fig. 16. Ancient map (19th century?) localising the sandstone quarrying between the villages Bockwa („Buckwe"), Oberplanitz and Oberkainsdorf, from the archive of the Erzgebirgischer Steinkohlen-Aktienverein (without year). The red arrow shows a structure with the letter "k" in the Bockwa forest, explained as "sandstone pit" in the legend.

steynbruch". Nach Herzog (1845, S. 156) kaufte am 29. Juni 1493 der Zwickauer „Rath … 2 auf dem Bockwaer Kohlberge gelegene Steinbrüche, als einen von Krinitzens Erben und einer der Bockwaer Kirche gehörigen, beide mit der Bedingung des Heimfalls, wenn keine Steine mehr gefunden werden sollten." In einem bei Herzog 1852 (S. 106-107) abgedruckten Auszug aus dem Kaufbrief wird aber deutlich, dass das Geschäft zwar vor dem Zwickauer Rat abgeschlossen, das der Bockwaer Kirche gehörige Gut auf dem Kohlberg und „alle Steine die man zu Gebeuden und Mauern gebrauchen mag" aber „den Fürstehern und Altarleuten der Pfarrkirchen zu unser lieben Frawen zu Zwickaw", also der Marienkirche, „ewiglichen"verkauft wurde. Weiter wird aus der Urkunde klar, dass die ebenfalls genannten, ehemals Krinitzer gehörigen „Steinbruech" (in der bei Herzog 1852, S. 107 im Auszug abgedruckten Kaufurkunde wird die Mehrzahl verwendet!) nicht verkauft, sondern ihr Besitz nur wie folgt bestätigt wird: „Es haben auch die obbestimbten Richter und Schepffen neben R. Krinitzers Erben … bekannt vor einem Rat, dass ire Vorfaren die Krinitzer laenger denn über 35 Jar ire Steinbruech, die sie uff irem Guthe gehabt haben oder immer noch erreget mögen werden auff dem Kolberg, als weit ire Reinung und Virung ist, verkaufft haben dem Gotshause unser lieben Frawen zu Zwickaw". Die Kirchvorsteher erwarben also für anstehende Baumaßnahmen nicht nur einen neuen Steinbruch, sondern ließen sich auch alte Abbaurechte erneut zusichern. Das Jahr 1458 scheint damit die älteste verbriefte Steinbrucherwähnung zu sein. Die „seit 1493 nach und nach erworbenen Sandsteinbrüche im Nieder-Kainsdorfer Walde" hatte Herzog bereits 1839 (S. 268) unter den Besitzungen der Stadt Zwickau erwähnt und vermerkt: „Weil sie zuerst zum Kirchenbau benutzt wurden (…) heißen sie vulgo „die alte Kirche"." Nach Eckardt & May (1936, S. 45) soll der 1493 erworbene Bruch im Hammerwald südlich der heutigen Straße Am Hammerwald 1551 wieder eingestellt worden sein.

Beeger (1988) schreibt weiter von einem „Schneeberger Bruch" neben den Steinbrüchen für die Marienkirche, aus dem zwischen 1515 und 1540 Material für den Neubau der Schneeberger Wolfgangskirche gekommen sein soll (vgl. dazu die Bemerkungen von Albinus 1590 zum Verwitterungsverhalten unter 3.2). Herzog (1845, S. 245) berichtet, dass die „Baulust" der Zwickauer Bürger den

Rat am 2. Dezember 1536 „zum Ankauf eines neben dem Schneeberger und des Raths alten Bruche auf dem Bockwaer Kohlberge gelegenen Sandsteinbruchs für 150 fl. von dem Bauer Pet. Sörer“ veranlasste. Weiter wird bei Herzog (1852, S. 8) im Zusammenhang mit diesem Geschäft neben den damit (mindestens) 3 im Besitz der Stadt bzw. der Kirche befindlichen Brüchen sowie dem der Stadt Schneeberg eigenen ein dem Spießmacher Hans Söldener gehöriger Bruch auf dem Kohlberg erwähnt. Dieser hatte „ums Jahr 1530 von dem Gutsbesitzer Hans Müller einen am Bockwaer Communwalde gelegenen Steinbruch an sich gebracht.“ (Herzog 1852, S. 13). Müller muss noch weitere Steinbrüche wie auch Kohleschächte besessen haben, denn er verkaufte „sein ganzes Unterirdisches nebst Steinbrüchen“ 1537 für 111 fl. an Söldener, der mit Geldgebern eine Gewerkschaft zum untertägigen Kohleabbau gegründet hatte. Diese erwarb bis 1539 weiter Land mit Steinbrüchen „welche bei der Baulust der Zwickauer gut rentirten“ und „dem Unterirdischen“, so von neun namentlich genannten Bockwaer Bauern (Herzog 1852, S. 13–14). In der zweiten Hälfte der 1530er Jahre dürften im Bockwaer Communwald auf dem Kohlberg somit mehr als ein Dutzend größere und kleinere Steinbrüche Kohlesandstein gefördert haben. Nach Auflösung der ersten Gewerkschaft um 1550 gründete Söldener sogleich eine neue und kaufte im Januar 1551 wiederum acht Bockwaer Bauern „ihre Kohlegrundstücke, Unterirdisches und Steinbrüche, für den Spottpreis von 98 mfl.“ ab. Nach Söldeners Tod erwarb die Bockwaer Gemeinde „sämmtliche obgedachte Kohlegrundstücke“ wieder zurück (Herzog 1852, S. 16). Die auf der Grundlage von beurkundeten Geschäften beschriebenen Besitzerwechsel zeigen die enge Verflechtung von Steinbruchbetrieb und Kohleabbau im 16. Jahrhundert sehr deutlich. Der Bockwaer Gutsbesitzer Peter Sörer behielt sich beim oben erwähnten Verkauf seines Steinbruchs an den Zwickauer Rat allerdings vor, beim Abbau des Sandsteins etwa gefundene Kohle selbst zu gewinnen.

Im März 1562 eröffnete der Rat der Stadt Zwickau den „neu berainten Kainsdorfer Steinbruch wieder“ (Herzog 1845, S. 305), für 1563 wird über Bauarbeiten an der Marienkirche berichtet. Beeger (1988) merkt wieder ohne Quellenangabe an, dass ein Bruch, vermutlich „die alte Kirche“, am 12. Juni 1563 vom Zwickauer Rat für Reparaturen an der Marienkirche wieder eröffnet worden sei. Im April 1602 kaufte der Zwickauer Rat „von P. Kästner zu Bockwa einen Steinbruch auf dem Kohlberge für 30 fl.“ für Außeninstandsetzungsarbeiten an den beiden Zwickauer Kirchen (Herzog 1845, S. 366). Ende Mai 1605 wurde ein weiterer Steinbruch auf dem Bockwaer Kohlberg von Oswald Floß für 25 fl erworben (Herzog 1845, S. 369). Für dasselbe Jahr berichtet die Chronik über Reparaturen am Turm der Marienkirche.

Für das spätere 17. und das 18. Jahrhundert liefert die Zwickauer Chronik von Herzog (1839, 1845) keine Nachrichten mehr über den Abbau von Kohlesandstein. Die negative Bekundung des Rates von 1685 hinsichtlich der Verwendung des Sandsteins im Außenraum am Rathaus (s. 3.2) spiegelt vielleicht eine nun insgesamt kritischere Haltung gegenüber dem Material für größere Bauvorhaben wider. Interessant sind in diesem Zusammenhang auch Nachrichten über Zwickauer Steinmetze (Herzog 1839). Unter den in Zwickau ansässigen Hausbesitzern waren 1540 vier Steinmetze und drei Steinsetzer, demnach wohlhabende, am Ort fest etablierten Handwerker. Dies fällt in die Zeit der oben erwähnten „Baulust“ der Zwickauer, in der auch zahlreiche Sandsteinbrüche erworben worden sind bzw. tätig waren und sich „rentirten“ (Herzog 1852). Die 1462 in Zwickau mit Hüttenordnung etablierte Bau- oder Steinmetzhütte stand bis 1707 unter der Straßburger Haupthütte und wurde 1722 nach Planitz (also in unmittelbare Nähe der Sandsteinbrüche) verlegt. 1797 soll die Zwickauer Steinmetzlade nach Chemnitz gekommen sein. Kurz zuvor (1790) sind nur noch ein Bildhauer und ein Steinsetzer in Zwickau ansässig (Herzog 1839). Die Blütezeit des lokalen Steinmetzgewerbes und der umfangreichen Nutzung des lokalen Sandsteins für Bauzwecke war zu dieser Zeit offensichtlich vorbei.

Damit war die Gewinnung von Kohlesandstein allerdings noch nicht völlig zum Erliegen gekommen. Herzog erwähnt noch 1839 (S. 48/49) „zwei gute Steinbrüche“ bei Niederkainsdorf im Besitz der Stadt, die „… etwas mürben, aber deswegen auch umso leichter zu bearbeitenden Sandstein liefern“ und verweist auf deren frühere Nutzung beim Bau der Marienkirche. Weiterhin nennt er einen „dergleichen Bruch“ bei Lichtentanne, der allerdings nach der geologischen Karte in Rotliegend-Vorkommen gelegen haben muss, wie auch Dalmer (1885) bestätigt.

Im Gebiet des oberflächigen Ausstriches der Kohle und Sandstein führenden Oberkarbon-Schichten zwischen Planitz und Cainsdorf (vgl. Abb. 1) hatte der Abbau wohl zunächst in Steinbrüchen im Tagebau begonnen. In der Literatur ist im 18. und 19. Jahrhundert aber wiederholt auch von untertägigem Abbau die Rede, was für die Gewinnung von Sandstein für Bauzwecke doch ungewöhnlich ist. Deshalb findet diese Form des Sandsteinabbaus auch besondere Erwähnung in Jacobsohns technologischem Wörterbuch (Jacobsohn 1784). Der Autor schreibt unter dem Stichwort „Steinbruch“: „Die meisten Steinbrüche liegen am Tage. … Die Steinbrüche bey Zwickau, wo Sandsteine gebrochen werden, sind unter der Erde, und müssen die großen Stücke durch einen Schacht, der ziemlich tief ist, mittelst eines Laufrades herausgefördert werden.“ Diese aufwendige Gewinnung (vgl. Abb. 17) war sicherlich nur möglich, weil die nötige Technik durch den Kohleabbau schon entwickelt gewesen ist und die Sandsteinbrüche, wie bereits für die frühere Zeit gezeigt wurde, mit der Kohlegewinnung eng verflochten waren. Ein wesentlicher Grund für den Übergang zur Nutzung untertägiger Vorkommen mag die weitgehende Erschöpfung der im Tagebau betriebenen Brüche gewesen sein, wie schon Beeger (1988) vermutet. Das relativ steile Einfallen der oberkarbonen Schichten und ihr nur schmales oberflächiges Ausstreichen auf begrenzter Fläche (vgl. Abb. 1 und 2) zwangen mit zu-

Abb. 17. Historische Winde zur Förderung von unter Tage gewonnenen Kalksteinblöcken in Caen (Frankreich), Nachbau (2010). Ähnlich könnten die Förderanlagen für Sandstein in Zwickau ausgesehen haben.

Fig. 17. Historic winch for hoisting up limestone blocks from underground quarries in Caen (France), copy (2010). The hoists to heave up sandstone in Zwickau might have looked similar.

nehmender Abraummächtigkeit zu angepassten Abbaumethoden.

Bereits 1778 hatte Charpentier (S. 302) über den Sandstein berichtet, „der an vielen Orten die Ufer der Mulde ausmachet. Man hat in diesem Sandsteine verschiedene Steinbrüche angelegt, die für die dasige Gegend, besonders auch zu Gestellsteinen in den hohen Oefen, häufig genutzet werden. Nur hütet man sich, mit Schächten durch dieses Sandsteinlager in die darunter liegenden Steinkohlenflötze zu gehen, ohngeachtet man hier nicht so tief würde absinken dürfen, weil man aus der Erfahrung weiß, dass es die Muldenwasser durchdrungen, und den Bau auf den Kohlen verhindert haben.“ Naumann berichtet 1838 ebenfalls vom untertägigen Abbau: „Der rothe Sandstein ist z.B. sehr ausgezeichnet am linken Muldeufer in den unterirdischen Steinbrüchen aufgeschlossen, welche innerhalb des mächtigen Sandsteinmittels zwischen dem Rußkohlenflötze und dem tiefen Planitzer Flötze betrieben werden.“ Ebenso Gutbier (1834, S. 153): „Im Bockwaer Kommunwalde sind mehrere Schächte auf das Sandsteinflötz niedergebracht, und es werden Werkstücke und Gestellsteine aus diesen Schächten gefördert.“ Der Nutzungszweck der Sandsteine für den Hochofenbau wird in dieser Periode wiederholt erwähnt und scheint von der Bedeutung her die bauliche Verwendung abgelöst zu haben. Leonhardi (1804) schreibt: „Neben den Kohlen werden auch, vorzüglich auf den Planitzer Bergen, Sandsteine gebrochen, die man besonders auf Hammer-Werken in den Hohen-Ofen zu Gestellen brauchet, weil sie dem Feuer widerstehen. Diese Steinbrüche müssen in vorigen Zeiten weit beträchtlicher gewesen seyn. Denn es findet sich auf Bockwaer Fluhr ein ganz großer Districkt der auf 10 bis 15 Ellen (eine sächsische Elle entspricht ca. 0,57 m, Anm. d. Verf.) tief ausgearbeitet ist, der die alte Kirche genannt wird, und zwar wie eine alte Tradition saget, deswegen, weil von denen dort gebrochenen Steinen die Zwickauer und einige andere benachbarte Kirchen erbauet worden wären. Die Farbe und andere Aehnlichkeit des in diesem Steinbruche noch anstehenden Sandsteins mit denen an der Zwickauer Kirche befindlichen bestätiget diese Vermuthung und zeigt zugleich von dem hohen Alterthume dieser Steinbrüche.“ Die Dimensionen der ehemals übertägig angelegten alten Steinbrüche scheinen zu Anfang des 19. Jahrhunderts für den Besucher immerhin noch beeindruckend gewesen zu sein, auch wenn sie offenbar kaum noch produzierten. Die zeitgenössische Beschreibung von Herzog (1852, S. 9) projiziert uns zur Mitte des 19. Jahrhunderts allerdings das Bild einer über Tage vom Jahrhunderte langen Kohle- und Sandsteinabbau schwer gezeichneten Landschaft, in der nur noch Tiefbau auf Sandstein stattfindet: „Beiläufig bemerken wir noch, daß die oberwähnten Steinbrüche, aus welchen der tief liegende weiche Sandstein mittels darauf getriebener Schächte und des Tretrades gewonnen wird, noch gegenwärtig der Stadt Zwickau gehören, dass sie nach dem Zweck ihres ersten Ankaufs „die alte Kirche“ heißen und noch gangbar sind, während die Schneeberger und andere benachbarte seit Jahrhunderten verstürzt sind und nebst verstürzten Kohleschächten und dem eingebrochenen Deckengebirge über ausgebrannten Kohleflötzen (…) eine Menge Pingen in dem Bockwaer Communwalde gebildet haben, so dass dieser dadurch ein eigenthümliches, höchst zerrissenes Ansehen erhalten hat.“

Die Sandsteingewinnung scheint nach der Mitte des 19. Jahrhunderts gänzlich zum Erliegen gekommen zu sein, denn Dalmer (1885) berichtet nur noch von einer früheren Nutzung der Karbon-Sandsteine für Bauten in Zwickau.

4.2. Verwendung

Zwickauer Kohlesandstein findet sich an zahlreichen Bauwerken in der Stadt Zwickau, aber auch solchen der Umgebung. Die frühe Nutzung an den romanischen Vorgängerbauten der Zwickauer Marien- und der Katharinenkirche ist oben (4.1) bereits erwähnt worden. Auch die Bausubstanz der Priesterhäuser am Domhof, die teilweise auf das 13. Jahrhundert zurückgeht (Dehio 1998), enthält Kohlesandstein. Die Nutzung verschieden gefärbter Kohlesandsteine in unterschiedlichen Bauphasen ist an beiden großen Kirchenbauten der Stadt Zwickau nachvollziehbar (vgl. Abb. 3 und 4), an denen über Jahrhunderte weitergebaut wurde. Sie korrespondiert zum

Abb. 18. Gewandhaus und ehemaliges Zunfthaus der Tuchmacherinnung (1522 – 1525) am Hauptmarkt in Zwickau mit Bauzier und Gewänden aus Kohlesandstein.

Fig. 18. Traditional building of the Zwickau craftsmen (1522 – 1525) at the main market place in Zwickau, with ornaments and jambs made of Carboniferous sandstone.

Abb. 19. Ornament aus Kohlesandstein an der Wand des so genannten "Römerhauses" am Hauptmarkt in Zwickau (1479).

Fig. 19. Ornament made of Carboniferous sandstone on the wall of the so-called "Römerhaus", a wealthy citizen's building (1479) at the main market in Zwickau.

Teil mit Nachrichten über den Erwerb bzw. den Betrieb von Steinbrüchen im Bockwaer Kommunalwald für diese großen Bauaufgaben (s. 4.1).

Die Blütezeit der Verwendung von Zwickauer Kohlesandstein liegt im 15. und vor allem im 16. Jahrhundert, als viele Großbauten entstanden (Dehio 1998), darunter die Kirchenschiffe von St. Katharinen (ab 1410) und St. Marien (1453-1663), der im 15. Jahrhundert umgebaute Wirtschaftshof des Klosters Grünhain, an dem Kohlesandstein im Bereich der Portale sichtbar ist, der Renaissancebau von Schloss Osterstein (1587-90) und das Gewandhaus, dessen Grundstein am 9. Mai 1522 gelegt wurde und das binnen drei Jahren „aus Kainsdorfer Sandstein" (Herzog 1839) errichtet wurde (Abb. 18). An allen diesen Gebäuden sind heute noch Elemente aus Kohlesandstein nachweisbar, auch wenn verwitterte Bauteile später gelegentlich durch anderes Steinmaterial ersetzt wurden. An vielen der erhaltenen historischen Zwickauer Wohnhäuser lässt sich ebenfalls Kohlesandstein nachweisen, zum Beispiel am so genannten „Römerhaus" (1479) oder am spätgotischen Erkerhaus Klosterstraße 1. Herzog (1845) berichtet in der Zwickauer Chronik für das Jahr 1536, in das auch der Erwerb eines weiteren Steinbruchs durch den Rat fällt (vgl. 4.1), von zahlreichen Bauvorhaben in der Stadt und einer „Baulust" auch in den Vorstädten. Bauherren waren neben dem Stadtrat 15 Bürger, die „ihre alten Häuser einrissen und massiv wieder aufführten, wie man dermalen überhaupt 167 massive Privathäuser in der Stadt zählte." So verwundern die bereits oben geschilderten, offensichtlich profitablen Investitionen von Unternehmern in den Kauf von Sandsteinbrüchen auf der Bockwaer Flur im zweiten Drittel des 16. Jahrhunderts nicht.

An allen genannten Bauwerken wurde das Material sowohl für einfache Quader als auch für profilierte Bauteile wie Gewände, Zierelemente und sogar einfache Bildhauerarbeiten wie die figürlichen Konsolen am „Römerhaus" (Abb. 19) oder den floralen und figuralen Schmuck in den Sakralbauten (Abb. 20) genutzt. Bis ins 19. Jahrhundert ist sicher auch immer wieder Abbruchmaterial aus Kohlesandstein neu verbaut worden. Von der Nutzung des Abbruchmaterials älterer Gebäude, in diesem Fall katholischer Sakralbauten nach der Reformation im Jahr 1536, für Neubauten berichtet Herzog (1845). Auch das Vorkommen von Kohlesandsteinquadern gemeinsam mit Bruchsteinen aus anderem Material und Ziegeln im Mauerwerk der anstelle eines älteren Vorgängerbaus ab 1853 neu errichteten Matthäuskirche in Zwickau-Bockwa (Abb. 21) legt die Wiederverwendung von Kohlesandstein nahe.

In unmittelbarer Nähe der Gewinnungsstätten wurde Kohlesandstein auch an der Schlosskirche in Planitz und

Abb. 20. Kanzel der Katharinenkirche in Zwickau aus Kohlesandstein von Paul Speck (1538).

Fig. 20. Pulpit of the church of St Catherine made of Carboniferous sandstone by Paul Speck (1538).

Abb. 21. Mauerwerk der Kirche in Zwickau-Bockwa mit Kohlesandsteinquadern, Bruchsteinen und Ziegeln.

Fig. 21. Masonry of the church in Zwickau-Bockwa with ashlars of Carboniferous sandstone, unshaped stone, and bricks.

am zwischen 1655 und 1721 errichteten Schloss Planitz (Abb. 22) verwendet. Eine späte Verwendung des Materials stellt die Errichtung des Teehauses 1789 im dortigen Schlosspark dar.

1725 waren in Zwickau vier vom Planitzer Steinmetzen Kändler gefertigte Postdistanzsäulen aus Sandstein mit in den Sockel eingelegten Marmorplatten sowie Wappenstücken und Kronen aus Marmor aufgestellt worden, von denen heute keine mehr erhalten ist. Der selbe Steinmetz fertigte auch eine Distanzsäule für Reichenbach an (Franke et al. 1989). Daraus lässt sich schließen, dass in dieser Zeit möglicherweise weitere, nicht mehr erhaltene Distanz- und Straßensäulen in der Umgebung von Zwickau aus Kohlesandstein hergestellt wurden.

Im unweit gelegenen Ruppertsgrün errichtete man ab 1513 die Kirche St. Annen (heute evangelische Pfarrkirche), für deren Mauerwerk, Säulen mit bildhauerischen Renaissanceformen (Abb. 23) sowie Taufstein und wahrscheinlich auch Kanzel (farbig gefasst) ebenfalls Kohlesandstein das Material der Wahl war.

Ein größerer Kirchenbau, an dem Kohlesandstein verbaut ist, ist die 1516–40 erbaute Wolfgangskirche in Schneeberg. Hier wurde er allerdings sparsamer als in Zwickaus großen Kirchen nur für Pfeiler und Gewölbe im Innenraum und die Gliederung des sonst aus Bruchstein erbauten Außenmauerwerks (Strebepfeiler, Eckquaderung usw.) verwendet. Dies ist sicher auch Ausdruck ökonomischer Überlegungen unter Berücksichtigung des längeren Transportwegs vom „Schneeberger Bruch“ südlich von Zwickau zur Baustelle. Mit Urkunden über die Anfertigung von drei Postdistanzsäulen aus Kohlesandstein mit der Jahreszahl 1725 durch den Planitzer Steinmetzen Joachim Friedrich Geilsdorf, der auch drei kleinere Straßensäulen an die Stadt lieferte, liegt später nochmals eine Nachricht über die Verwendung des Gesteins in Schneeberg vor; von den Säulen ist aber nichts mehr erhalten (Franke et al. 1989).

Das beschädigte, einfache romanische Rundbogenportal im heutigen Innenraum der Kirche in Königswalde besteht ebenfalls aus Kohlesandstein. Auch beim Bau der Burg der Herren von Schönburg in Lichtenstein ist er genutzt worden.

Einen Nachweis für die Verwendung von Kohlesandstein in gotischen Profilteilen des zerstörten Klosters Grünhain fand einer der Verfasser (H. S.) in Fragmenten der alten Klosterkirche, die bei Grabungen des Landesamtes für Denkmalpflege Sachsen 1992-94 entdeckt worden sind. Herzog (1869, S. 69) vermerkt, dass „… bereits um die Mitte des 15. Jahrhunderts auch der Steinkohlebergbau auf Klostergebiet begonnen hatte und zwar in dem Bockwaer Communalwalde, wo das Kloster selbst ein Kohlenwerk eigentümlich besaß und den Klosterzehnten erhob.“ Von einem Streit des Rates der Stadt Zwickau mit dem Kloster Grünhain im Jahre 1515 „wegen des Bockwaer Steinbruchs“, den der Abt des Klosters schließlich verglich, berichtet Herzog 1846 (S. 172). So ist das Auftreten von Kohlesandstein in Grünhain nicht überraschend. Auch im nahe gelegenen, 1412 bis 1591 im Besitz der Familie von Planitz befindlichen und 1591 an den Zwickauer Rat verkauften Schloss Wiesenburg

Abb. 22. Hoffront des Schlosses Zwickau-Planitz (1655–1721) mit Fassadenelementen aus Kohlesandstein (teilweise durch Fremdmaterial ersetzt).

Fig. 22. Front of the castle of Zwickau-Planitz (1655–1721) seen from the courtyard with elements of Carboniferous sandstone in the façade (in parts replaced by other stone types).

Abb. 23. Engelkopf aus Kohlesandstein (nach 1513) an einer Säule der Kirche St. Annen in Ruppertsgrün.

Fig. 23. Head of an angel sculptured of Carboniferous sandstone (after 1513) on a column in the church of St Anna in Ruppertsgrün.

(Dehio 1998) sind nach Beeger (1993) „als Werksteine in Fenstergewänden und Eckquadern graue oberkarbone Zwickauer Sandsteine“ zu finden.

Als weitere Verwendungsbeispiele für Kohlesandstein außerhalb Zwickaus können das Obere und das Untere Schloss in Greiz genannt werden (Weise und Kahnt 2004), wo er im ersteren Fall an Renaissance-Zwerchgiebeln (1540–47 errichtet), im zweiten Fall an Fenster- und Türgewänden beim Wiederaufbau nach einem Stadtbrand 1802 (Wiederverwendung von Altmaterial??) nachgewiesen wurde.

Für die Verwendung von Kohlesandstein für Ausstattungsstücke von Kirchen wie Taufsteine, Kanzeln und Sakramentshäuser gibt es in der Umgebung von Zwickau ebenfalls Belege. Zu nennen sind hier die Sandsteinkanzeln der Marien- und der Katharinenkirche (Abb. 20) in Zwickau und jene in Ruppertsgrün. Auch für Wiesenburg-Schönau erwähnt Dehio (1998) eine Kanzel aus Planitzer Kohlesandstein (um 1500). Sakramentshaus und Taufstein der Kirche in Thierfeld bestehen aus grauem Zwickauer Sandstein. Dehio (1998) nennt weitere Beispiele von Sandsteintaufen der gleichen Zeit (um 1500) und Stilistik für die Kirchen in Hartenstein, Hirschfeld, Ortmannsdorf, Weißbach und Wildenfels-Härtensdorf, bei denen allerdings eine genauere Prüfung des Materials durch die Verfasser nicht erfolgte. Die technische Verwendung als Steine für Hochofen-Gestelle im späten 18. und 19. Jahrhundert wurde bereits oben genannt.

Alle genannten Verwendungsbeispiele an Bauwerken (die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben) liegen in einem Umkreis von maximal ca. 20–30 km von den Gewinnungsstätten entfernt. Diese Distanz mag in früherer Zeit etwa einer Tagesreise mit Pferde- oder Ochsenfuhrwerken entsprochen haben. Transportentfernungen beim Bezug von Baustoffen waren bis weit ins 19. Jahrhundert ein wichtiger Kostenfaktor und damit auch ein Limit für die Nutzung bestimmter Gesteine im Baubetrieb. Die Besitzverhältnisse im Steinbruchgebiet und die Vertrautheit lokal tätiger Steinmetzen mit dem Kohlesandstein könnten bei einigen der erwähnten Bauwerke zusätzlich seine Verwendung begünstigt haben. Aus der zeitlichen und territorialen Verbreitung seiner Anwendung wird deutlich, dass der Kohlesandstein über mehrere Jahrhunderte ein wichtiger Baustoff für Zwickau und die stadtnahe Region gewesen ist, jedoch nie überregionale Bedeutung erlangt hat.

5. Dank

Für die Durchführung von Prüfungen mechanischer, hygrischer und thermischer Kennwerte am damaligen Institut für Tragwerke und Baustoffe der TU Dresden danken die Verfasser Frau Dipl.-Ing. U. Menzel und Dipl.-Ing. H. Dietel. Die Messungen zur Quecksilberdruckporosimetrie führte Frau Dipl.-Ing. S. Hempel vom selben Institut aus, dafür sei ihr gedankt. Diese Untersuchungen wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BAU 7025B) gefördert. Die Messungen der hydrischen Dilatation am Institut für Geotechnik wurden durch das Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V. im Rahmen eines Projektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Az 29998) finanziert.

6. Literatur

Agricola, G. (1546): De natura fossilium. Übersetzt von Georg Fraustadt. Durchgesehen und ergänzt von Fritz Krafft. – 1–434, Wiesbaden (Marixverlag), 2006.

Albinus, P. (1590): Meißnische Bergchronica. – 1–205; Dresden.

Beeger, D. (1993): Gesteine im Burgenbau Sachsens. – Burgenforschung aus Sachsen, **2**: 80–92, Waltersdorf.

Beeger, D. (1988) Steininventar und Verwitterungsschäden an der Südfassade der Stadtkirche St. Marien in Zwickau. – Abh. Staatl. Mus. Miner. Geol. Dresden, **35**: 21 – 31, Dresden.

Beierlein, P.R. (1963): Geschichte der erzgebirgischen Marmorbrüche, insbesondere des schwarzen Bruches zu Kalkgrün bei Wildenfels. – Jb. Staatl. Mus. Miner. Geol. Dresden, **1963**: 163 – 251, Dresden.

Charpentier, J.F.W. (1778): Mineralogische Geographie der Churſächsischen Lande. – 1 – 432, Leipzig (Siegfried Leberecht Crusius).

Dalmer, K. (1885): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen. Section Planitz-Ebersbrunn (Bl. 124). – 1 – 68, Leipzig (W. Engelmann).

Dehio, G. (1998): Handbuch der deutschen Kunstdenkmäler. Sachsen II, Regierungsbezirke Leipzig und Chemnitz. Bearbeitet von B. Bechter, W. Fastenrath, H. Magirius u. a. – 1 – 1172, München, Berlin (Deutscher Kunstverlag).

Eckardt, A.; May, W. (1936): Die Entwicklung des Steinkohlenbergbaus im erzgebirgischen Becken. – In: Bezirksgruppe Sachsen der Fachgruppe Steinkohlenbergbau (Hrsg.): Festschrift 75 Jahre Gemeinschaftsarbeit der Sächsischen Steinkohlenbergwerke. – 37 – 321, Zwickau.

Franke, J.; Grundmann, F.; Hofmann, F.H.; Preuß, B.; Rühle, S.; Stimmel, E. (1989): Lexikon Kursächsische Postmeilensäulen. – 1 – 416, Berlin (Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen).

Gutbier, A. v. (1834): Geognostische Beschreibung des Zwickauer Schwarzkohlengebirges und seiner Umgebungen. – 1 – 160, Zwickau (G. Richtersche Buchhandlung).

Herzog, E. (1869): Die Geschichte des Klosters Grünhain. – Archiv f. Sächsische Geschichte, **7**: 60 – 96.

Herzog, E. (1852): Geschichte des Zwickauer Steinkohlenbaues. – 1 – 135, Dresden (Adler und Dietze).

Herzog, E. (1845): Chronik der Kreisstadt Zwickau. Zweiter Theil. Jahresgeschichte. – 1 – 937, Zwickau (R. Zückler).

Herzog, E. (1839): Chronik der Kreisstadt Zwickau. – 1 – 358, Zwickau (Zückler).

Hoth, K.; Brause, H.; Döring, H.; Kahlert; E., Schultka, St. et al. (2009): Die Steinkohlenlagerstätte Zwickau. – Bergbau in Sachsen, **15**: 1 – 160, Freiberg.

Jacobsohn, J.K.G. (1784): Johann Karl Gottfried Jacobsohns technologisches Wörterbuch, oder alphabetische Erklärung aller nützlichen mechanischen Künste, usw. Vierter Theil von Schm bis Z. – 276, Berlin und Stettin (Verlag F. Nicolai).

Kutschke, D. (1993): Untersuchungen zu Petrographie, Salzbelastung und historischen Steinergänzungsstoffen am Mariendom in Zwickau. – Unv. Arbeitsbericht TU Dresden, Institut für Geotechnik, Dresden.

Kutschke, D.; Menzel, U.; Grunert, S. (1994): Petrographische und gesteinstechnische Eigenschaften des Zwickauer Sandsteins. Schriftenreihe des Instituts für Tragwerke und Baustoffe, **1**: 80 – 88, Dresden (Technische Universität).

Leonhardi, M.F.G. (1804): Erdbeschreibung der Churfürstlich- und Herzoglich-Sächsischen Lande, Dritter Band, Dritte Auflage. – 306, Leipzig (J. A. Barth).

Naumann, C.F. (1838): Erläuterungen zu Section XV der geognostischen Charte des Königreiches Sachsen und der angrenzenden Länderabtheilungen, oder: Geognostische Skizze der Gegend zwischen Gößnitz, Oederan, Sebastiansberg und Auerbach. – 1 – 494, Dresden und Leipzig (Arnoldische Buchhandlung).

Neumann, H.-H. (1994): Aufbau, Ausbildung und Verbreitung schwarzer Gipskrusten, dünner schwarzer Schichten und Schalen sowie damit zusammenhängende Gefügeschäden an Bauwerken aus Naturstein. – Schriftenreihe Angewandte Analytik, **24**: 1 – 178, Hamburg.

Oelsner, N. (1998): Die Marienkirche in Zwickau: Erkenntnisse zu ihrer mittelalterlichen Baugeschichte und zur Entstehung der Stadt. – In: Denkmalpflege in Sachsen 1864 – 1994, Teil 2, 209 – 232, Halle (J. Stekovics).

Schaper, L.; Zötzl, M.; Franzen, C. (2014): Laborversuche zur Ermittlung verwitterungsrelevanter gesteinstechnischer Eigenschaften von Zwickau-Planitzer Kohlesandstein – Voruntersuchungen zur Überprüfung der Wirksamkeit von Konsolidierungsmitteln. – In: Franzen, C.; Löther, T.; Zötzl, M. (Hrsg.): Konservierung von Zwickauer Kohlesandstein. Beiträge des Abschlusskolloquiums zum DBU-Projekt an der St. Annenkirche in Ruppertsgrün, 65 – 74, Dresden (Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V.).

Siedel, H. (2014): Zwickauer Kohlesandstein – Geologie und Petrographie, historische Gewinnung und Verwendung, technische Eigenschaften und Verwitterungsverhalten. – In: Franzen, C.; Löther, T.; Zötzl, M. (Hrsg.): Konservierung von Zwickauer Kohlesandstein. Beiträge des Abschlusskolloquiums zum DBU-Projekt an der St. Annenkirche in Ruppertsgrün, 17 – 29, Dresden (Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.).

Siedel, H. (2013): Magnesium sulphate salts on monuments in Saxony (Germany): regional geological and environmental causes. – Environ. Earth. Sci., **69**: 1249 – 1261 (Berlin, Heidelberg).

Siedel, H.; Götze, J.; Kleeberg, K.; Palme, G. (2011): Bausandsteine in Sachsen. – In: Ehling, A.; Siedel, H.: Bausandsteine in Deutschland. Band 2: Sachsen-Anhalt, Sachsen und Schlesien (Polen). – 162 – 270, Stuttgart (Schweizerbart).

Tippmann, K. (1992): Zwickau um die Jahrhundertwende. – 1 – 96, Horb am Neckar (Geiger).

Weise, G.; Kahnt, M. (2004): Zwickauer Kohlensandstein in Greiz verbaut. – Der Heimatbote, **50**(2): 13 – 17, Greiz.

Wolf, P.; Hoth, K.; Kampe, A.; Rössler, R.; Schneider, J.W. (2008): Karbon - Oberkarbon. – In: Pälchen, W.; Walter, H. (Hrsg.): Geologie von Sachsen. Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. – 203 – 223, Stuttgart (Schweizerbart).

Zötzl, M. (2014): Untersuchungen zur Konservierung von Kohlesandstein und Entwicklung von Steinergänzungsmaterialien an der Kohlesandstein-Mustersäule in der St. Annenkirche in Ruppertsgrün. – In: Franzen, C.; Löther, T.; Zötzl, M. (Hrsg.): Konservierung von Zwickauer Kohlesandstein. Beiträge des Abschlusskolloquiums zum DBU-Projekt an der St. Annenkirche in Ruppertsgrün, 31 – 47, Dresden (Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.).

Zötzl, M.; Gühne, D. (2014): Untersuchungen zur Schädigung und Konsolidierung von Kohlesandstein an weiteren Objekten in Zwickau und Umgebung. – In: Franzen, C.; Löther, T.; Zötzl, M. (Hrsg.): Konservierung von Zwickauer Kohlesandstein. Beiträge des Abschlusskolloquiums zum DBU-Projekt an der St. Annenkirche in Ruppertsgrün, 55 – 63, Dresden (Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V.).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologica Saxonica - Journal of Central European Geology

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 63

Autor(en)/Author(s): Siedel Heiner, Kutschke Dieter

Artikel/Article: Zwickauer Kohlesandstein als Baugestein: Eigenschaften und historische Verwendung 85-101