

SDGG

Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften

2008 . Heft 59

Denkmalgesteine

Festschrift Wolf-Dieter Grimm



ISBN 978-3-510-49206-0



9 783510 492060

WERNER, W. (2008): Erkundung, Neugewinnung und Verwendung eines seltenen historischen Werksteins: Kaiserstühler Tephrit-Pyroklastit für das Breisacher Münster (Südlicher Oberrhein, Baden-Württemberg). – In: SIEGESMUND, S. & SNETHLAGE, R. (Hrsg.): Denkmalgesteine – Festschrift – Wolf-Dieter Grimm. – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 59: S. 74-94; Hannover.

Erkundung, Neugewinnung und Verwendung eines seltenen historischen Werksteins: Kaiserstühler Tephrit-Pyroklastit für das Breisacher Münster (Südlicher Oberrhein, Baden-Württemberg)

Exploration, exploitation and restoration using a rare dimension stone: Tephritic pyroclastites of the Kaiserstuhl volcano for the basilica of Breisach (Southern Upper Rhine region, Baden-Wuerttemberg)

WOLFGANG WERNER

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Regierungspräsidium Freiburg), Albertstr. 5, 79104 Freiburg i. Br. wolfgang.werner@rpf.bwl.de

Kurzfassung

Auf einem Vulkanfelsen über dem Rhein liegt das spät-romanische bis gotische Breisacher St. Stephans Münster. Dieser bedeutende Kirchenbau wurde zwischen dem 12. und 15. Jahrhundert aus groben Pyroklastiten des miozänen Vulkanmassivs des Kaiserstuhls und aus Buntsandstein vom Hochrhein auf den Fundamenten eines römischen Castrums errichtet. Kriegsschäden und Jahrhunderte lange Witterungseinwirkungen erforderten wiederholte Restaurierungsmaßnahmen. Während Sandsteine meist ausreichend vorhanden waren, fehlten oft, vor allem seit Anfang des 20. Jahrhunderts, werksteinfähige und haltbare Vulkanite für den Austausch beschädigter Mauerquader und Maßwerke. Weil Konservierungsversuche am Bauwerk keinen Erfolg brachten und die Basilika möglichst unter Verwendung von Originalgesteinen erhalten werden sollte, wurde es erforderlich, Tephrit-Pyroklastite durch die Wiederinbetriebnahme eines geeigneten historischen Bruches zu gewinnen. Obwohl nur wenige Bereiche in den pyroklastischen Ablagerungen des Kaiserstuhls ausreichende Verfestigung für eine Bearbeitung mittels Steinmetzwerkzeugen aufweisen, gelang es durch Prospektion, einen geeigneten Bereich für die Gewinnung von Austauschmaterial zu finden und dort die benötigten Mengen an witterungsbeständigem „Kaiserstühler Tuffstein“ abzubauen. Der Beitrag berichtet über Vorgehensweise und Ergebnisse der Naturwerksteinerkundung, der Gesteinsgewinnung und der aktuellen Restaurierungsarbeiten am Breisacher Münster.

Abstract

The late-romanesque to gothic basilica of Breisach is situated upon a ridge of volcanic rocks close to the river Rhine. During the 12th to 15th centuries the fa-

mous building was erected upon the fundaments of a Roman castle using coarse pyroclastic rocks of the Miocene Kaiserstuhl volcano and Bunter sandstones from the south-western Black Forest. Effects of war battles and weathering required multiple restoration works of the building throughout the past centuries. While sandstones were generally available in sufficient quantities and qualities, workable and durable pyroclastic rocks of tephritic composition were mostly lacking for the replacement of ashlar and traceries, especially since the beginning of the 20th century. Because conservation techniques failed it was necessary to obtain new volcanic dimension stones by reopening a quarry. Although only small portions of the pyroclastic volcanic beds of the Kaiserstuhl show sufficient cementation, it was possible to locate an area, where adequate quantities of weather-resistant dimension stones could be quarried. This contribution reports on methods and results of the exploration for pyroclastic dimension stones, of quarrying and restoration of the basilica of Breisach.

Schlüsselwörter: Baden-Württemberg – Kaiserstuhl – Breisach – Vulkanite – Naturwerksteine – Lagerstättenerkundung – Gesteinsabbau – Restaurierung – Denkmalschutz.

Key words: State of Baden-Wuerttemberg – Kaiserstuhl volcano – city of Breisach – volcanic rocks – dimension stones – exploration – exploitation – restoration – monument conservation

Einleitung

Vorbemerkungen

Seit fast 2000 Jahren werden in Südwestdeutschland ganz unterschiedliche Gesteine für Bauzwecke abgebaut. Aufgrund der umfangreichen Verwendung in

den sehr zahlreichen historischen Bauten verleihen sie vielen Städten des Landes ihre unverwechselbare Prägung. Die Gesamtzahl der denkmalgeschützten baulichen Anlagen in Baden-Württemberg wird gegenwärtig auf rund 85.000 geschätzt (www.nationalkomitee.de), die meisten sind ganz oder zum großen Teil steinsichtig. Dies lässt erahnen, wie groß der Bedarf an Restaurierungsmaßnahmen ist. Neben den beeindruckenden Kathedralen, Schlössern und Burgen und anderen denkmalgeschützten Bauwerken müssen Tausende Kilometer von in den letzten Jahrhunderten mit Natursteinen errichteten Straßen- und Uferbefestigungen, Brücken- und Weinbergsmauern erhalten werden.

Trotz des großen Bedarfs an Naturwerksteinen und der hohen öffentlichen Wertschätzung der historischen Bausubstanz geht die Zahl der Werksteinbrüche in Südwestdeutschland – sowie auch im übrigen Bundesgebiet – seit Anfang des 20. Jh. aber kontinuierlich zurück. Die Gewinnung hochqualitativer Werksteine wurde durch steigende Löhne und Maschinenkosten immer kostspieliger, gleichzeitig nahm die Verwendung von vergleichsweise billigen künstlichen Baumaterialien wie Ziegel, Beton und Kalksandstein immer mehr zu. Exotische Naturwerksteine aus allen Kontinenten erlangten zeitgleich große Beliebtheit, zumal die niedrigeren ausländischen Arbeitslöhne und Transportkosten dem Bedürfnis nach immer neuen repräsentativen Gesteinen entgegen kam (HÄFNER 2007, MERKE 2007, WERNER & HOFFMANN 2007).

Dadurch wurde die zugängliche inländische Rohstoffbasis zum Erhalt der historischen Bausubstanz kontinuierlich kleiner, sodass selbst für herausragende Bauwerke immer öfter Gesteine aus anderen europäischen Ländern verwendet werden mussten – spätestens wenn andere Erhaltungsmaßnahmen wie Anbringen von Mörteln, Schlämmen, Steinfestigern und Kompressen versagten oder zu kostspielig wurden. Nicht selten gelangten so aus optischer und/oder bauphysikalischer Sicht ungeeignete Gesteine an historische Gebäude. Eine weitere Folge war, dass das Wissen um die besonders geeigneten Werksteinvorkommen und die einst angewandten Gewinnungs- und Bearbeitungsmethoden weitgehend verloren ging. Seit rund 20 Jahren kommt hinzu, dass sich nationale und europäische Schutzgebiete (Natur, Landschaft, Wasser) immer weiter ausdehnen und die Nutzungskonkurrenzen im dicht besiedelten Land Baden-Württemberg die Erweiterung bestehender Brüche oder die Wiedereröffnung alter Steinbrüche stark erschweren oder gar unmöglich machen. Besonders aufgelassene Steinbrüche wurden früh als Ansiedlungsort seltener und vom Aussterben bedrohter Tier- und Pflanzenarten erkannt und unter Schutz gestellt.

Aufgrund dieser Entwicklungen wurde es erforderlich, sich von staatlicher Seite der Beschaffung von historisch verwendeten Gesteinen verstärkt anzunehmen. Für die Erkundung auf geeignete Werksteinlagerstätten sind die Staatlichen Geologischen Dienste prädestiniert, da durch sie Daten über die Gesteinsvorkommen des Landes seit über 100 Jahren kontinuierlich gesammelt und ausgewertet werden. Seit 1989 betreibt der Staatliche Geologische Dienst Baden-Württembergs zur Umsetzung dieses Rohstoffsicherungskonzepts Erkundungsarbeiten auf oberflächennahe Rohstoffe (WIRTSCHAFTSMINISTERIUM 2004, WERNER et al. 2006). Kern der Arbeiten ist die fachliche Beratung der regionalen Raumplanung, der Landesbehörden und der Rohstoffindustrie. Im Jahr 2004 wurde die Stufe 2 des Rohstoffsicherungskonzeptes von der Landesregierung verabschiedet, in dessen Rahmen auch Lagerstätten von Denkmalgesteinen erkundet und gesichert werden sollen, auch wenn sie raumplanerisch relevante Größen unterschreiten. Diese Zielsetzung geht maßgeblich auf Forderungen der Denkmalbehörden zurück.

Der Bedarf an bestimmten Gesteinen für wichtige Restaurierungsprojekte wird zuerst vom Landesamt für Denkmalpflege registriert und die Arbeiten werden von dieser Behörde, die auch die Höhe staatlicher Zuschüsse festlegt, kontinuierlich betreut und überwacht. Es lag daher nahe, insbesondere bei wichtigen und umfangreichen Sanierungsprojekten den Bedarf an geeignetem Ersatzmaterial durch die verstärkte Zusammenarbeit beider staatlicher Einrichtungen zu befriedigen.

Der vorliegende Beitrag berichtet anhand des beispielhaften Sanierungsprojekts am Breisacher Münster über Veranlassung, Vorgehensweise und Ergebnisse rohstoffgeologischer Erkundungsarbeiten und über die Erfahrungen bei der Bearbeitung und dem Einbau eines seltenen und schwierig zu bearbeitenden Naturwerksteins.

Naturwerksteine Baden-Württembergs und ihre aktuelle Nutzung

In Südwestdeutschland treten bedingt durch die geologisch-tektonische Entwicklung vielfältige Natur+werksteinvorkommen zu Tage. Für die Werksteingewinnung sind seit römischer Zeit besonders die Sandsteine und Kalksteine des Schichtstufenlandes und der Vorbergzone entlang des westlichen Schwarzwaldrandes von Bedeutung (Abb. 1), viele Bauwerke sind auch aus tertiärzeitlichen Molassesandsteinen, Kalksandsteinen und Sinterkalksteinen errichtet worden (WERNER et al. 2006). Besondere Bedeutung haben die vielfältigen Sandsteinvarietäten erlangt (FRANK

1944; WERNER & HOFFMANN 2007). Im Kaiserstuhl und seiner Umgebung wurden vulkanische Gesteine, vor allem Pyroklastite tephritischer bis phonolitischer Zusammensetzung verbaut.

In Baden-Württemberg waren nach der letzten landesweiten Erhebung des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Jahr 2006 noch 52 Werksteinbrüche in Betrieb, 43 wurden im Verlauf der zwei Jahrzehnte davor stillgelegt. Die jährliche Naturwerkstein-Rohfördermenge Baden-Württembergs variiert in der durch die Erhebung statistisch abgesicherten Zeitspanne 1992-2005 zwischen 153 000 t und 176 000 t, die verwertbare Menge beträgt zwischen 60 und 80 % der Rohförderung (WERNER et al. 2006). Gemessen an der Gesamtfördermenge an Steine- und Erden-Rohstoffen von 105 Mio. t (jährliches Mittel für o. g. Zeitraum) ist die Naturwerksteingewinnung mit 0,15 % ein sehr geringer Anteil.

Auf Basis der vorliegenden Daten der landesweiten Rohstoffkartierung lässt sich abschätzen, dass die Gesamtzahl der primär zur Gewinnung von Werksteinen einst angelegten und längere Zeit betriebenen Steinbrüche deutlich über 10.000 liegen dürfte. Bei 26 der o. g. 52 im Jahr 2006 betriebenen Werksteinbrüche

handelt es sich um Sandsteinbrüche, die restlichen bauen Travertin, Süßwasserkalksteine, Quaderkalk und Granit ab. Werksteinfähige Pyroklastite, die früher in rund 20 Steinbrüchen des Kaiserstuhls abgebaut wurden, werden seit vielen Jahrzehnten nicht mehr gewonnen.

Denkmalschutzprojekt Breisacher Münster

Die Stadt Breisach und ihr Münster

Die Stadt Breisach liegt am Rhein nahe der französischen Grenze auf einem Bergrücken aus alkalibasaltischen Vulkaniten, der aus der weiten Schotterebene des breiten Stromtales herausragt. Auf ihm erhebt sich weithin sichtbar das Breisacher Sankt Stephans Münster (Abb. 1 und 2). Diese spätromanische bis gotische, dreischiffige Basilika zählt zu den herausragenden Baudenkmalern am Oberrhein.

Wegen der exponierten Lage am Wasserweg, zugleich überschwemmungssicher und gut zu verteidigen, war der Bergrücken schon seit der Jungsteinzeit besiedelt. In keltischer Zeit wurde er erstmals zur Festung ausgebaut. Meist wird der Name der Stadt und der Landschaft, des Breisgaus, auf das keltische Wort *brisin-ac* („Wasserbrecher“) und dem daraus abgeleiteten römischen *Brisiacus mons* zurückgeführt. GREULE (2005) nimmt hingegen an, dass der keltische Ortsname *Brisiaco* vom keltischen Personennamen *Brisios* abzuleiten ist. Auf der später als „Münsterberg“ bezeichneten Erhebung befand sich ein spätrömisches Grenzkastr. Ab dem 5. Jh. beherrschten die Alemannen den Festungsberg (BÜCKER 2007).

Die romanischen Teile des Münsters (Langhaus, Querhaus, Nord- und Untergeschoss des Südturms) stehen auf den Mauern des römischen Kastells (SCHMIDT-THOMÉ 1972; NUBER & ZAGERMANN 2006). Während der letzten archäologischen Grabung im zum Kastell gehörigen Praetorium, einem römischen Großbau, der zwischen dem Münster und dem Rathaus lag, wurde festgestellt, dass für die Mauern vor allem schwarzer Tephrit, daneben aber auch Buntsandstein verwendet wurde. Nach Auskunft von M. ZAGERMANN (pers. Mitt., März 2008) handelt es sich bei den angetroffenen Gesteinen um die gleichen, die im nahen römischen Odenburg bei Biesheim ausgegraben wurden. Die im Provinzialrömischen Institut der Universität Freiburg aufbewahrten Gesteine der Grabung am Münsterberg sind

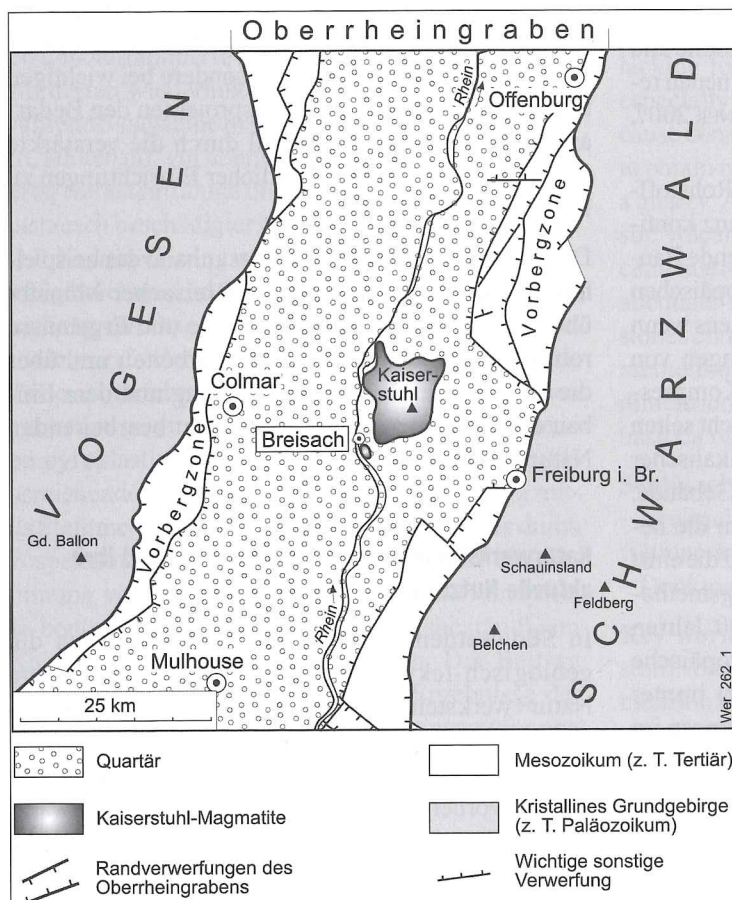


Abb. 1: Vereinfachte geologische Übersichtskarte für das Gebiet zwischen Offenburg und Mulhouse mit Lage des Kaiserstuhls (nach VILLINGER in: WIMMENAUER 2003)



Abb. 2: Das Breisacher Münster St. Stephan; Blick aus Süden vom Eckartsberg. Restaurierungsmaßnahmen an der Süd- und Westseite (Foto Februar 2008).

schwarze, augitreiche Tephrit-Laven und rote, stark verkieselte, z. T. konglomeratische Grobsandsteine des Buntsandsteins, wie sie am Hochrhein bei Degerfelden und Schopfheim auftreten. Die Tephrit-Laven von Oedenburg stammen nach Untersuchungen von WIMMENAUER (2004) wahrscheinlich vom Fohrenberg bei Ihringen, also von den Steinbrüchen des Kaiserstuhls, die Breisach am nächsten liegen. Allerdings stehen ähnliche Tephrit-Laven auch am Münsterberg selbst an.

Das Münster wurde in der Zeit zwischen 1185 und 1490 erbaut. Die romanische Bauphase reichte bis etwa 1230. Der gotische Chor wurde Ende des 12. Jahrhunderts, der Westbau zwischen 1473 und 1485 errichtet (SCHMIDT-THOMÉ 1972; MÜNSTERPFARREI 2005).

Für das Münster wurden sowohl Aschen- und Lapilli-Tuffe vom Typ der Tephrit-Pyroklastite („Kaiserstühler Tuffstein“) als auch rote und gelbliche Varietäten von Buntsandstein verwendet (Abb. 3). Der Sandstein wurde beim Bau des Münsters gemeinsam und oft im blockweisem Wechsel mit Tephrit-Pyroklastit eingebaut, wie die Bauweise der Mauern der Süd- und Westfassade belegt. Das heißt, dass schon in der Bauphase nicht genügend großformatige und bearbeitungsfähige Vulkanite aus den Breisacher oder Kaiserstühler Steinbrüchen zur Verfügung standen bzw. dass Steinlieferungen aus am Rhein gelegenen Sandsteinbrüchen vorteilhafter waren. Die Bauherren des mittelalterlichen Sakralbaus standen also vor dem gleichen Problem wie schon die römischen Erbauer des Kastells – und wie die heutigen Auftraggeber der Instandsetzungsarbeiten. Bearbeitungsfähiger Kaiserstühler Tuffstein war offensichtlich zu allen Zeiten ein rares Material.

Herkunft der Gesteine für das Münster

Das Münster wurde im Mittelalter vor allem aus zwei sehr unterschiedlichen Gesteinen errichtet: (1) Aus schwarzgrauen bis graubraunen Tephrit-Pyroklastiten („Kaiserstühler Tuffstein“) des alkalibasaltischen, miozänen Vulkans und (2) aus überwiegend mittel- bis grobkörnigen, oft konglomeratischen Sandsteinen des Buntsandsteins (Abb. 3 und 4). Diese überwiegend quarzitisches gebundenen Sandsteine sind fahlgelb bis fast weiß, auch hell- bis dunkelrot gefärbt sowie rot-gelb gestreift und zeigen sehr oft Schrägschichtung. Fein- bis mittelkörnige, gleichmäßig rote Sandsteine ohne auffallende

Schichtungstexturen, wie sie noch heute im Elsass, bei Lahr-Kuhbach (Lahr-Emmendinger Vorberge), im Unteren Neckartal im Odenwald oder am Main abgebaut werden, sind wie die Kalksandsteine Zeugen der Reparaturmaßnahmen.

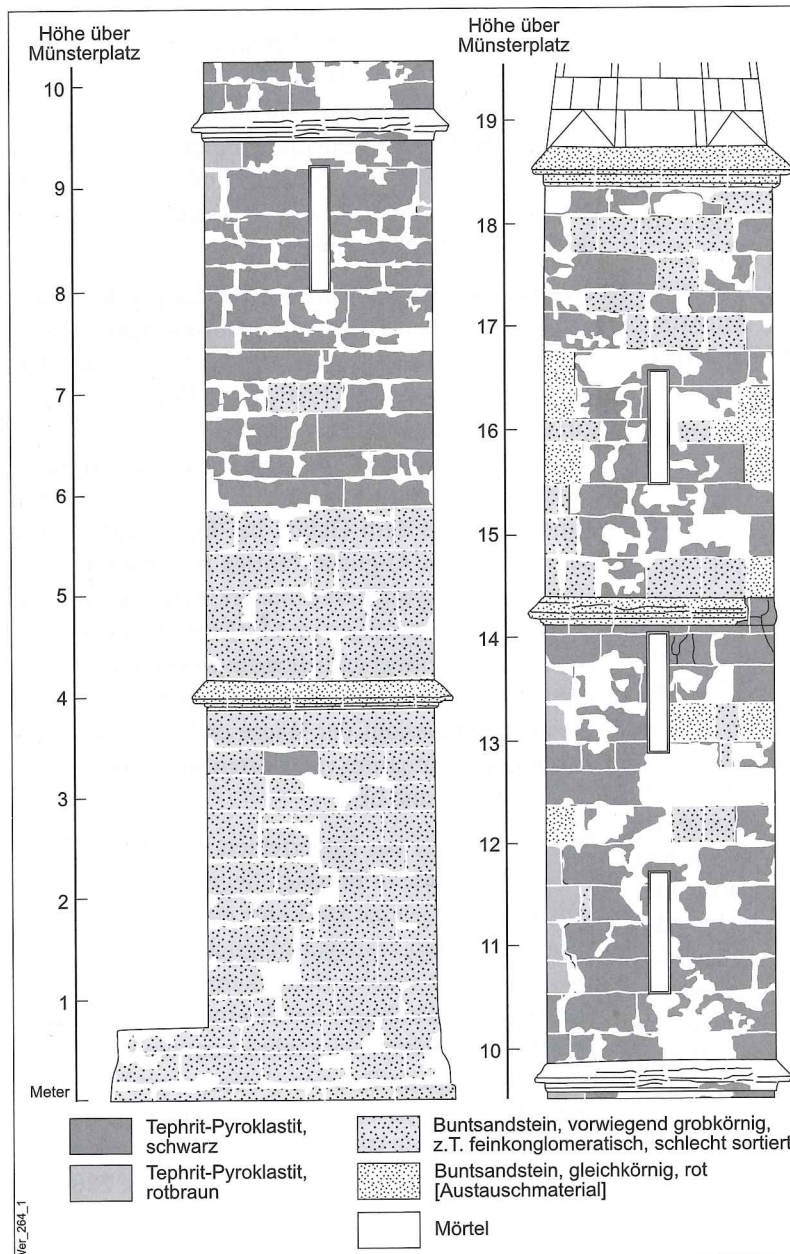
Originalsandsteine: Als Herkunft der grobkörnigen, gelblich-weißen bis hellroten Grobsandsteine (Abb. 3 und 4) der romanischen und frühgotischen Bauphasen vermutete KNAPP (1993: Kap. IV) Steinbrüche „in der Gegend um Lörrach“. Vergleiche mit Buntsandsteinaufschlüssen am Hochrhein machen wahrscheinlich, dass diese grobkörnigen, quarzitisches Sandsteine aus dem Gebiet bei Degerfelden nahe dem römischen Augusta Raurica stammen. Die bis 30 m hohen und mehrere Hundert Meter langen Brüche dieses Gebiets liegen im Mittleren Buntsandstein. Ähnliche Gesteine erschließen die großen Steinbrüche nördlich von Schopfheim, die nur wenige Hundert Meter vom Flusslauf der Wiese entfernt liegen (zur geologischen Situation vgl. Karten von: LASKE & SAWATZKI 2000 a und b).

Die Steinbrüche bei Degerfelden bzw. Schopfheim und die Baustelle in Breisach liegen unmittelbar am Wasserweg, was eine Herkunft aus diesen Brüchen wegen der guten Transportmöglichkeiten besonders wahrscheinlich macht. Bemerkenswert ist, dass diese widerstandsfähigen Sandsteine aus dem Gebiet Degerfelden–Schopfheim schon von römischen Bauherren in Augusta Raurica (Kaiseraugst bei Basel) und in Badenweiler verwendet wurden, besonders für tragende Teile wie Balkenwiderlager für Dachstühle waren diese Sandsteine geschätzt (WERNER 2005).



Abb. 3: Breisacher Münster, Pfeiler am Chorbau: Mauerquader von schwarzen und rötlichen Tephrit-Pyroklastiten des Kaiserstuhl-Vulkanismus neben gelblich-weißen und roten, schräg geschichteten Grobsandsteinen des Buntsandstein; beide Gesteinstypen wurden im 12./13. Jh. eingebaut (Foto B. STRIBNY).

Gelbe, tertiärzeitliche Kalksandsteine stammen aus den Brüchen bei Pfaffenweiler südlich von Freiburg und aus dem Gebiet um Rouffach im Elsass. Es handelt sich um einen hellgelbliche Kalkarenit mit 10-20 % Quarzkörnern. Die meisten Kalksandsteine wurden erst im Zuge der Steinaustauschmaßnahmen im 19. Jh. eingesetzt (KNAPP 1993), jedoch geht KNAPP davon aus, dass der gut zu bearbeitende und als Ornamentstein sehr geschätzte Kalksandstein aus Pfaffenweiler für Fenstermaßwerke und Gewölberippen schon im späten 15. Jh. verwendet wurde. Diese Kalksandsteine werden seit Beginn des 2. Weltkriegs nicht mehr abgebaut, sodass bei der laufenden Restaurierung auf französische Kalkoolithe zurückgegriffen werden musste. An vielen Stellen des Mauerwerks ergibt sich so durch den Wechsel von schwarzen, braungrauen, roten, rotgelben bis hellgelben Gesteinen ein kontrastreiches Flickenteppich-artiges Erscheinungsbild, so wie es auch früher war.



Dunkelrote, gleichkörnige Sandsteine aus Phalsbourg bei Zabern (Saverne) wurden im Zuge der Restaurierungsmaßnahmen in den Jahren 1875-1889 eingesetzt. Roter Mainsandstein wurde bei der Wiederherstellung des Münsters nach 1945 verwendet, welcher eigentlich zum Bau einer Straßenbrücke über den Rhein nach Breisach gebracht worden war (KNAPP 1993).

Tephrit-Pyroklastite: Schwieriger ist die zuverlässige Bestimmung der Herkunft der zwischen dem 12. und 15. Jh. verbauten Pyroklastite. Im wahrsten Sinne nahe liegend wären Steinbrüche am Münsterberg selbst. Das Münster wurde an der Stelle errichtet, an der die Lössdecke besonders geringmächtig bzw. nicht mehr vorhanden war; es steht auf Felsen aus Tephrit bzw. auf römischen Fundamenten (Mitt. M.

Abb. 4: Originaler Gesteinsbestand des Großen Treppenturms auf der Südseite des Breisacher Münsters vor Beginn der Restaurierungsmaßnahmen (gezeichnet nach der Aufnahme von MAUSFELD & GRASSEGER 1993). Es wird deutlich, dass mit Mauermörtel und gleichkörnigen, roten Sandsteinen zahlreiche Reparaturen ausgeführt wurden (vgl. hierzu heutige Situation, Abb. 19).

ZAGERMANN XXXX). An den steilen Auffahrtsstraßen zur Altstadt, wie der Münsterbergstraße und dem Langen Weg, stehen an mehreren Stellen schwarze bis rotbraune, blasenreiche, tephritische Laven an, die oft eine starke autohydrothermale Zersetzung zeigen (Calcitgängen und -drusen, Hämatitisierung). Bei der archäologischen Grabung des Landesdenkmalamtes in der Breisacher Kettengasse (BRÄUNING 2006) wurden gleichartige Laven unter Lössbedeckung angetroffen. Diese also am Münsterberg weit verbreiten Laven können wegen ihres splittigen, unregelmäßigen Bruches nur für einfache, vermörtelte Mauern verwendet werden, an den aufgehenden Mauern des Münsters finden sie sich daher nicht.

Die am gegenüber liegenden Eckartsberg in den Stütz- und verbliebenen Festungsmauern verbauten Pyroklastitquader und die im dortigen Rebberg aufgefundenen Lesesteine gleichen hingegen den Pyroklastiten vom Münster. Hier dürften Steinbrüche für die vielen Wehr- und Stützmauern und mittelalterlichen Türme am Münsterberg und vielleicht auch die Basilika selbst gelegen haben. Nähere Angaben können nicht gemacht werden, weil mögliche weitere Abbaustellen in Breisach heute überbaut sind.

Als weitere Möglichkeit sind die an Rheinseitenarmen gelegenen Steinbrüche am Humbert zwischen Burkheim und Sponeck zu nennen; hier sind Tephrit-Pyroklastite im Wechsel mit Tephrit-Laven zu finden, die megaskopisch den Gesteinen vom Münster sehr ähnlich sind. Die sich über fast einen Kilometer Länge hinziehenden und bis 30 m hohen Steinbrüche sind als „TULLA-Brüche“ bekannt, weil sie in ihren heutigen Dimensionen vor allem auf die Kanalbaumaßnahmen der so genannten TULLASchen Rheinkorrektion von 1830-1870 zurückgehen.

Einen Hinweis auf die Herkunft der Gesteine findet sich bei KRAUS (1904: 22), der über das um 1678 neu erbaute Breisacher Rheintor schreibt: „Das Material des ganzen Fassadenbaus ist grauschwarzer Basalt (Dolerit) aus den Steinbrüchen am Achkarrener Schlossberg, nur zu Skulpturen wurde gelber Sandstein verwendet“ (Hinweis: bei dem von ihm als „Basalt“ bzw. „Dolerit“ bezeichnet Gestein handelt es sich um Tephrit-Pyroklastite). Leider führt er nicht aus, woher er diese Information bezogen hat, möglicherweise ist es auch nur eine Vermutung, da zu seiner Zeit der Bruch bei Achkarren als einziger Werksteinbruch noch in Betrieb war. Über das Münster selbst schreibt er (S. 31): „Als Material zu den Bruchsteinmauern der ältesten Bauperioden diente das Dolerit- und Basaltgestein des Breisacherbergs selbst oder des Kaiserstuhls, das dann vielleicht von Achkarren beigegeführt wurde“. Da er als Herkunftsorte für den verwendeten Buntsandstein die Steinbrüche bei Tennenbach und „bei Schlierbach bei

Freiburg“ (Lorettoberg) vermutet, lässt sich annehmen, dass er lediglich die ihm bekannten Steinbrüche anführt, dafür aber keinerlei Belege hat – der für das Münster verwendete Sandstein besitzt, wie oben ausgeführt, nämlich keine Ähnlichkeit mit dem aus dem Freiburger oder Emmendinger Raum, sondern mit dem aus Degerfelden bzw. Schopfheim.

Rötliche Pyroklastite (z. B. am Sakristeianbau) stammen nach den Untersuchungen zur Baugeschichte von KNAPP (1992) aus der Restaurierungskampagne von 1929, vielleicht aber auch aus Restaurierungen im 17. oder 18. Jh.; zum Originalbestand gehören sie nicht, eine Herkunft wird nicht angegeben. Die rostroten Pyroklastite sind das Produkt starker hydrothermaler Alteration, bei der die Pyroxene stark angelöst wurden und es zur verstärkten Zeolith- und Karbonatsprossung gekommen ist (GRASSEGGGER & MAUSFELD 1998).

Diese alterierten Pyroklastite, die nach den Untersuchungen der Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart (MPA) geringe Witterungsbeständigkeit aufweisen, könnten aus dem Bruch vom Büchsenberg nahe Niederrotweil stammen. Dort treten neben grauschwarzen auch rostrote Pyroklastite in großen Blöcken auf; dieser Bruch war bis 1950 in Betrieb und liegt direkt an der Straße nach Breisach (vgl. Kap. 3). Die dort abgebauten Tephrit-Laven und -Pyroklastite wurden vornehmlich zur Produktion von Schottermaterial aber auch zur Herstellung von Mauerquadern, Pflastersteinen und vereinzelt sogar von Mühl- und Grabsteinen verwendet. Solche rostroten Pyroklastite traten gelegentlich auch beim neuen Abbau für das Münster im Achkarrener Steinbruch auf, wurden aber wegen mangelnder Festigkeit ausgesondert (Kap. 3.4.).

Gesteinsschäden am Münster

Im Bereich des nach Osten gerichteten Chores sowie der Süd- und Westfassaden ist das Mauerwerk teilweise stark beschädigt (Abb. 4 und 17). Besonders in den Wintermonaten musste der Platz östlich und südlich des Münsters oft gesperrt werden, um Passanten vor herab fallenden Steinen aus dem Mauerwerk zu schützen.

Als Ursachen für die Schädigung des Mauerwerks sind vor allem mehrfache Kriegseinwirkungen und Jahrhunderte lange Witterungseinflüsse aber auch Bau- und Restaurierungsfehler zu nennen. Schwere Kriegsschäden erlitt der exponierte Kirchenbau während des so genannten Koalitionskriegs 1793, dem deutsch-französischen Krieg 1870/71 und während des 2. Weltkriegs, besonders in den Jahren 1940 und 1944/45. Breisach gehört zu den deutschen Städten, die besonders stark zerstört waren: 85 % der Stadt lagen

in Schutt und Asche. Restaurierungsarbeiten am Münster mit teilweisem Gesteinsaustausch hatten vor allem 1875-1890, 1924-1931 sowie 1946--1954 stattgefunden (KNAPP 1993). Gerade die Arbeiten nach dem 2. Weltkrieg, mit denen das schwer beschädigte Münster wieder instand gesetzt wurde, verliefen in Ermangelung der notwendigen Ersatzmaterialien oft etwas provisorisch. Nach 1945 wurden z. B. im Bereich der Sakristei weit vorkragende Wasserspeier durch kurze mit nur wenig Gefälle ersetzt. Dadurch wurden, begünstigt durch starke Luftwirbel, die Strebepfeiler häufig stark durchnässt (KNAPP 1992).

Charakteristische Witterungsschäden sind bei den aktuellen

Arbeiten an der wetterexponierten Westseite festgestellt worden, besonders an den vier Strebepfeilern. Als Hauptursachen werden vor allem zwei Mechanismen diskutiert: (1) Der dunkle Vulkanit heizt sich in der der Sonne zugewandten Seite besonders stark auf, auf den Schattenseiten hingegen entstehen (vor allen nach Sonnenuntergang) Luftturbulenzen, wodurch die Temperaturunterschiede noch verstärkt werden. Zudem sind die Schattenseiten stärker der Durchfeuchtung ausgesetzt. (2) Besonders entlang der Lagerfugen zwischen großen Mauerquadern wurden häufig Steinabplatzungen festgestellt; sie betreffen Tephrite und Sandsteine gleichermaßen. Es stellt sich heraus, dass die historischen Steinmetze harte, plattige Gerölle aus dem Rheinkies als Abstandhalter nutzen, bevor der Fugenmörtel eingebracht wurde (dasselbe Verfahren wurde im 14. Jh. auch am Freiburger Münster eingesetzt). Vermutlich wurden solche Gerölle zur Justierung der schweren Blöcke mit dem Hammer in die Fugen getrieben, wobei Mikrorisse in den Werksteinen entstanden sind.

Untersuchungen an stark geschädigten Vulkaniten vom Münster (MAUSFELD & GRASSEGGER 1993, MAUSFELD et al. 1998) erbrachten, dass besonders die asche-reichen Pyroklastite die größten Verwitterungsschäden aufweisen. Die gegenüber den Lapilli in Porosität und mineralischer Zusammensetzung abweichende Aschematrix zeigt an witterungsexponierten Stellen Rückwitterung, Absanden und Schuppenbildung. Schalenbildung tritt in der Nähe von Eckquadern und mit zunehmender Bauwerkshöhe vermehrt auf, ebenso im Bereich von Wasserablaufzonen unter den

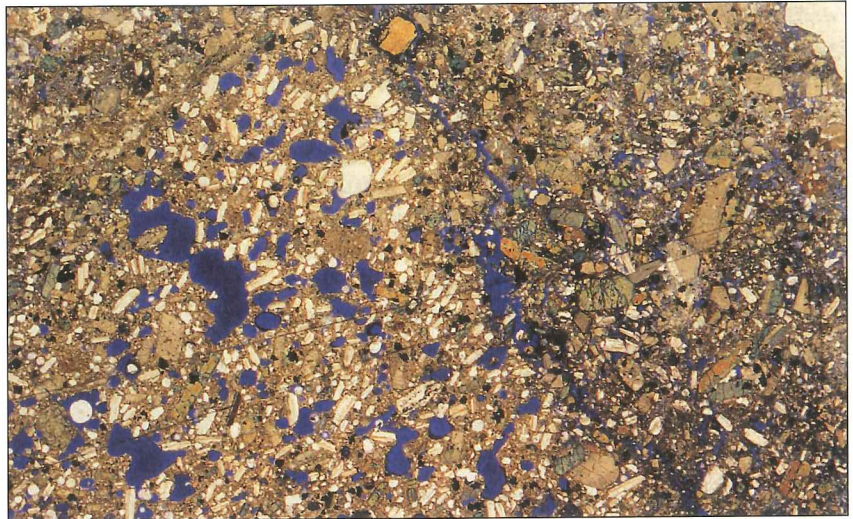


Abb. 5: Dünnschliffphoto eines Tephrit-Pyroklastits aus dem Chorgebäude. Ein stark poröser Lapilli mit hellen, länglichen Plagioklaskristallen, umgeben von geringer poröser Asche, bestehend aus Pyroxen- und Plagioklaskristallen und dunkler teiltgläser Substanz. Zwischen Lapilli und Matrix kam es zur charakteristischen Rissbildung, die sich am Bauwerk in Herauswittern der vulkanischen Klasten manifestiert. Blau: eingefärbtes Einbettungsmittel; Vergrößerung 7,5-fach.

Fenstern. Viele Mikrorisse entwickelten sich durch jahrhundertelange Temperatur- und Feuchtigkeitswechsel an den Grenzen von Lavabruchstücken und Aschematrix (Abb. 5).

Ein weiterer Grund für witterungsbedingte Entfestigung der Pyroklastite ist in der porösen Aschematrix zu suchen, wenn diese neben verschiedenen magmatischen und hydrothermal gebildeten Mineralen (Kap. 3) auch vulkanisches Glas enthält. Die Hydratation des Glases führt zur Bildung regelloser Perlitsprünge und zu Lösungsvorgängen. Hinzu kommt eine sekundäre Gips- und Calcitbildung in den Gesteinsporen durch SO_4 - und CO_2 -Eintrag aus der Luft (GRASSEGGER 1998). Mikroben, Pilze oder Salzbelastungen spielen hinsichtlich der Gesteinsschäden im Vulkanit offensichtlich keine Rolle. In Bereichen, welche weder durch Kriegseinwirkungen noch durch häufige und lange Durchfeuchtung betroffen waren, zeigt dieses Gestein selbst nach vielen Jahrhunderten Standzeit noch keine nennenswerten Schäden. Auch die ältesten Stütz- und Wehrmauern rund um den Münsterberg (Abb. 2) sind aus Tephrit-Pyroklastiten errichtet worden, welche heute noch gute Standfestigkeit und Verwitterungsbeständigkeit aufweisen.

Restaurierungskonzept

Während beschädigte Sandsteinelemente stets relativ problemlos durch ähnliche Gesteine aus den vielen Sandsteinbrüchen beiderseits des Rheins ersetzt werden konnten, fehlte schon frühzeitig Ersatzmaterial aus Pyroklastiten. Im Jahr 1995 durchgeführte

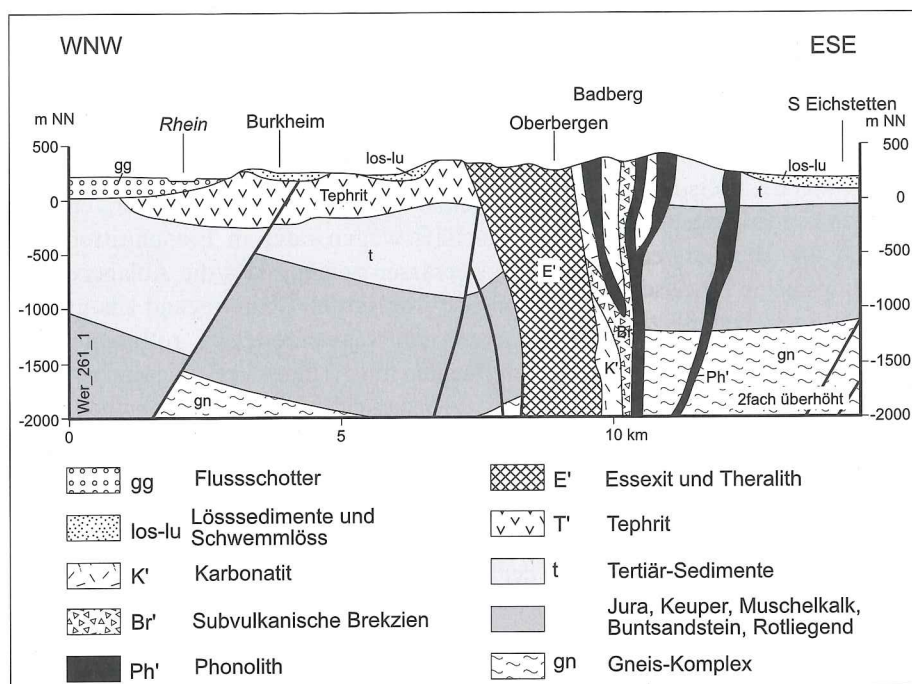


Abb. 6: Schematischer geologischer Schnitt durch den Kaiserstuhl (VILLINGER in: WIMMENAUER 2003). Tephrite sind in Form einer großen Decke westlich des vulkanischen Zentrums erhalten.

Versuche, beschädigte Tephrit-Pyroklastite durch Trasskalkmörtel auf Kieselsäurebasis und Schlämme aus zermahlenem Vulkanit und gebranntem Kalk zu stabilisieren, erwiesen sich als wenig erfolgreich und zudem optisch unattraktiv und teuer. Das Einbringen von Steinfestigern scheiterte vor allem an deren mangelndem Eindringvermögen in den Tephrit (WÖLBERT 2006), da kein kapillarer Transport erfolgt. Überlegungen, das steinsichtige Mauerwerk vollständig – wie schon bei anderen Außenmauern des Münsters – zu verputzen, wurden verworfen, weil der Charakter dieses zentralen historischen Bauwerks der Stadt dadurch völlig verändert worden wäre. Eine weitere Ausdehnung des Anteils an Buntsandsteinquadern, aus dem die meisten Repräsentativbauten am Oberrhein errichtet wurden, war aus denkmalschützerischer Sicht ebenfalls nicht erwünscht.

Die Katholische Münstergemeinde Breisach und das Erzbischöfliche Bauamt Freiburg standen vor der Aufgabe, sowohl den Anforderungen des Denkmalschutzes als auch den bausicherheitlichen und nicht zuletzt auch den finanziellen Aspekten Rechnung tragen zu müssen. Die durch die Schadenskartierung und die Restaurierungsversuche fortgeschrittene Zeit und die hohen Aufwendungen für die Innenrestaurierung stellten die Projektbeteiligten auf eine lange Probe. Es war somit erforderlich, haltbares, bearbeitungsfähiges und dem Originalgestein optisch ähnliches vulkanisches Gestein zu akzeptablen Kosten zu beschaffen – und das möglichst rasch.

Die Schadenskartierung (Abb. 4) im Auftrag des Erzbischöflichen Bauamtes Freiburg ergab, dass

rund 100 Kubikmeter verarbeitungsfähiger Tephrit-Pyroklastit zur Restaurierung benötigt würden. Aufgrund der unregelmäßigen Form gewinnbarer Rohblöcke des groben pyroklastischen Gesteins, der häufigen Einschaltung bis kopfgroßer Basaltbomben und wegen der bei einem oberflächennahen Abbau zu erwartenden feinen Risse im Gestein (Abb. 10) bedeutete dies, dass ca. 500 bis 1000 Kubikmeter gelöst werden müssten, um die geforderte Menge bereitzustellen zu können.

In verschiedenen Stadien des Projektes wurde von mehreren Seiten

geprüft, ob im In- oder Ausland ähnliche Vulkanite als Werksteine abgebaut werden. Bei der Sanierung des Rheintores in Breisach hatte man grobbrekziöse Quarzporphyre aus Portugal (Mitt. O. WÖLBERT, Regierungspräsidium Stuttgart, xxxx) verwendet, die sich jedoch schlecht in das Bild der historischen Mauern aus „Kaiserstühler Tuffsteinen“ einfügen. Die in der Eifel in Abbau stehenden Basaltlaven und Tuffe, der Kaiserstühler Phonolith aus dem Steinbruch Hauri bei Bötzingen, der Rochlitzer Porphyrtuff (Sachsen) oder die bei Florenz und am Bolsena See gewonnenen Tuffe (Peperino Soriana, Tufo Giallo) sind entweder aufgrund der Farben, der Komponentengrößen, der Bearbeitungsmerkmale, z. T. auch aufgrund mangelnder Forstbeständigkeit nicht als Ersatzbaustoffe geeignet. Am nächsten käme der Habichtswalder Lapillituff aus dem Gebiet um Kassel, der aber seit 1941 nicht mehr gewonnen wird – ein Problem für die notwendige Restaurierung der im 18. Jh. entstandenen Kasseler Hercules-Anlage und Löwenburg im Schlosspark Wilhelmshöhe.

Tephriterkundung und -gewinnung

Tephrit-Pyroklastite: Entstehung, Vorkommen und Beschaffenheit

Beim benötigten vulkanischen Gestein handelt es sich um einen meist groben Pyroklastit tephritischer Zusammensetzung (Abb. 3 und 17); das Gestein kann auch als Lapilli- und Bombentuff, Tuffbrekzie oder vulkanisches Agglomerat bezeichnet werden. Tephrite sind

plagioklasreiche Alkaligesteine. Während der mehrfachen Ausbruchstätigkeit des 19-16 Mio. Jahre alten, miozänen Kaiserstuhl-Stratovulkans bildeten sie mächtige Decken. Ihre nach kräftiger Erosion verbliebene maximale Restmächtigkeit beträgt ca. 150 m (Abb. 6). Der zentrale Stratovulkan des heutigen Kaiserstuhls war von mehreren kleineren Vulkankegeln umgeben, deren Reste heute z. B. im Limberg und Humberg erhalten sind. Es gibt bislang allerdings keine Beweise, dass der vulkanische Rücken von Breisach ebenfalls zu einem separaten „Seitenvulkan“ gehört (VILLINGER in: WIMMENAUER 2003) – obwohl es recht wahrscheinlich ist. Die Tephrite sind in der vulkanischen Hauptphase etwa im Zeitraum zwischen 18 und 16,5 Mio. Jahren entstanden (SCHLEICHER & KELLER 1991).

Hauptminerale der Tephrit-Pyroklastite des Kaiserstuhls sind Augit, Ca-reiche Plagioklase, Magnetit, Leucit und Nephelin, selten tritt Olivin auf. Hämatit hat sich oberflächennah aus dem Magnetit und dem Eisengehalt der augitischen Pyroxene gebildet. Bei der autohydrothermalen Umwandlung der vulkanischen Gläser der Matrix sind vor allem in den rötlich braunen Varietäten Zeolithe neben Karbonaten entstanden. Dabei handelt es sich vor allem um Chabasit und Phillipsit. Das Porenvolumen der am Münster verbauten Pyroklastite schwankt von 6,8 bis 28,7 Vol.%, der Mittelwert liegt etwa bei 19 %, die Größe der Poren in den Lapilli und Aschekörnern schwankt zwischen 50 µm und einigen mm (GRASSEGER & MAUSFELD 1998; MAUSFELD et al. 1998).

In die pyroklastischen Ablagerungen sind Phonolithstöcke und Leucittephrit- sowie Essexitgänge eingedrungen (Abb. 7 und 9). Besonders im Westteil des Vulkanmassivs machen Tephrite in Form von Lavaströmen, Agglomeratdecken und Gängen das größte Volumen unter den Vulkaniten aus (WIMMENAUER 2003). Den besten Einblick in eine Abfolge von aus Tephrit-Tuffbrekzien und grauschwarzen

Lavaströmen aus Leucittephriten erlauben die TULLA-Brüche bei Burkheim, der ca. 50 m hohe Steinbruch am Büchsenberg südlich von Niederrotweil und der Steinbruch am Achkarrener Schlossberg (Abb. 9 und 10).

Die zahlreichen Aufschlüsse in Baugruben, entlang von Wirtschaftswegen oder in Einschnitten von Weinbergsterrassen zeigen, dass die Ablagerungen von Tephrit-Pyroklastiten überwiegend aus groben Agglomeraten mit schwarzen, z. T. rotbraunen Tephrit-Fragmenten mit geringer Verfestigung bestehen (Abb. 8). Meist lösen sich bis kopfgroße Bomben leicht aus der umgebenden Matrix aus Asche oder Lapillituff. Das Bindemittel besteht überwiegend aus Calcit und Zeolithen, die sich vornehmlich aus Gesteinsglas gebildet haben (KELLER 1964; WIMMENAUER 2003). Im Zuge der Erkundung waren also Bereiche zu lokalisieren, in denen die pyroklastischen Ablagerungen durch

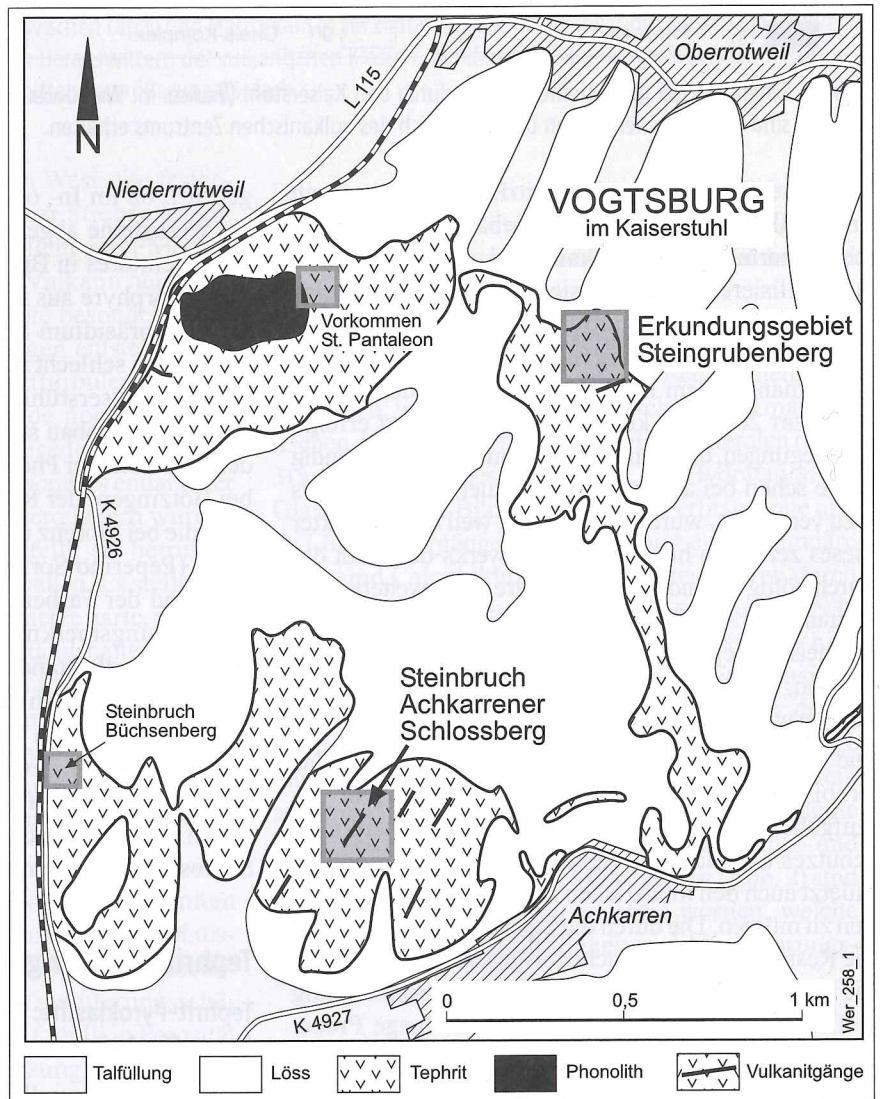


Abb. 7: Geologische Karte des Gebietes zwischen Oberrotweil und Achkarren im westlichen Kaiserstuhl (vereinfacht nach: GK 25 Blatt Kaiserstuhl, WIMMENAUER & GROSCHOPF 2003). Herausgehoben sind Erkundungsgebiete im Tephrit. In den weiß dargestellten Gebieten überlagern mächtige Lösssedimente tephritische Vulkanite.



Abb. 8: Grober Pyroklastit tephritischer Zusammensetzung mit geringer Matrixverfestigung. Lokalität: SW-Flanke des Schneckenberg oberhalb von Achkarren.

syn- bzw. postvulkanische Mineralisierungsprozesse soweit verfestigt waren, dass eine Bearbeitung mit Gesteinssägen und Steinmetzwerkzeugen möglich ist. Da aufgrund der zeitlichen und finanziellen Vorgaben der Auftraggeber größere Bohr- oder Geophysikprogramme nicht zu realisieren waren, konzentrierten sich die Arbeiten auf durch früheren Gesteinsabbau gekennzeichnete Bereiche.

Die Erkundungsarbeiten im Kaiserstuhl und ihre Ergebnisse

Wegen der baulichen Situation im Bereich des Breisacher Rückens war klar, dass vulkanisches Ersatzgestein nur im nahe liegenden Kaiserstuhl gewonnen werden konnte. Die Tephrit-Pyroklastite werden hier aber seit langem nicht mehr abgebaut, obwohl sie im Kaiserstuhl und in seinem Umland für den Bau sehr vieler Gebäude und Mauern eingesetzt wurden. Letzte größere Bauwerke, bei denen das Gestein aus dem westlichen Kaiserstuhl verwendet wurde, sind z. B. der Bahnhof in Breisach, der in den Jahren 1913/1914 erbaut wurde, und die ebenfalls Anfang des 20. Jh. errichteten Geschäfts- und Wohnhäuser in der Kai-

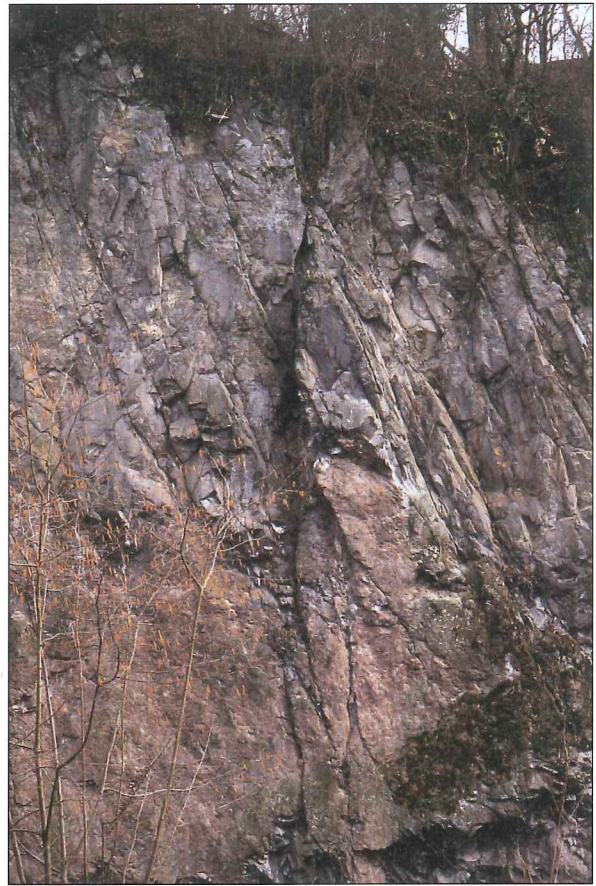


Abb. 9: Alter, ca. 1920 stillgelegter Steinbruch am Achkarrener Schlossberg. An der Wand sind engständig geklüftete, tephritische Ganggesteine (rechts und oben) und gering geklüftete, rötlich braune Pyroklastite (links unten) aufgeschlossen.

ser-Josephs-Str. 263 und Kartäuser Str. 13 in Freiburg. Auf dem Freiburger Hauptfriedhof befinden sich einige Grabdenkmale aus pyroklastischen Gesteinen: Graubrauner Tephrit-Pyroklastit vom Typus Achkarren wurde 1915 verarbeitet, rote, grobe und stark kavernöse Pyroklastite, wie sie bereichsweise am Büchsenberg auftreten, wurden in der Zeitspanne 1915-1944 verwendet.

Die Erkundungsarbeiten auf werksteinfähigen Pyroklastit im Kaiserstuhl lassen sich in drei Phasen gliedern. Die Phase 1 umfasste die Vorerkundungsarbeiten und Begehungen im westlichen Kaiserstuhl, in der Phase 2 wurde ein Erkundungsprogramm in einem ersten Hoffungsgebiet bei Oberrotweil durchgeführt. In der Phase 3 fand die Erkundung am Achkarrener Schlossberg statt, die in einen Probe- und schließlich in den Hauptabbau mündete.

Phase 1 (1997-2000): Erste Recherchen des Landesdenkmalamtes und der MPA im Inland erbrachten, dass dunkle Pyroklastite vom Erscheinungsbild der Kaiserstühler Tephrit-Pyroklastite nirgends mehr abgebaut werden. Auf Veranlassung des Landesdenkmalamtes, das großen Wert auf die Erhaltung des baulichen Charakters des Breisacher Münster legte und



Abb. 10: Geschichtete Wechselfolge aus feinen und groben Tephrit-Pyroklastiten und Tufflagen, z.T. mit großen basaltischen Bomben. Die Schichten fallen mit 40° nach E ein. Tephrit-Abbau am Achkarrener Schlossberg im März 2004, Westwand 2. Sohle, Höhe der Wand: 1,6 m.

nicht bereit war, den geschädigten Tephrit z. B. durch Sandstein austauschen zu lassen (s. 2.2), sollte nun geprüft werden, ob nicht „reaktivierbare Steinbrüche“ im Kaiserstuhl existierten. W. WIMMENAUER (Freiburg), langjähriger Kenner der Gesteinsaufschlüsse im Kaiserstuhl, wurde daher vom Denkmalamt gebeten, bei der Suche nach geeignetem und optisch ähnlichem Vulkanit behilflich zu sein. In Frage kamen die tephritischen Gesteine der großen vulkanischen Decke im westlichen Kaiserstuhl (Abb. 6 und 7).

Begutachtet wurden in den Jahren 1999-2000 u. a. die alten Steinbrüche am Büchsenberg südlich von Niederrotweil, am Kirchberg bei St. Pantaleon östlich von Niederrotweil, die Brüche am Schlossberg bei Achkarren und am Steingrubenberg bei Oberrotweil (Abb. 7 und 9) sowie die TULLA-Steinbrüche zwischen Burkheim und Sponeck. Ein noch gut zugänglicher Teil der TULLA-Steinbrüche bei Burkheim, aus dem Anfang des 19. Jh. große Gesteinsmengen für den Bau von Rheinkanälen gewonnen worden waren, wurde im Jahr 2000 auch mittels einer 10,9 m langen Horizontalkernbohrung eines Steinmetzbetriebes aus March-Hugstetten untersucht (Mitt. T. HIRSCHBIHL),



Abb. 11: Schräge Kernbohrung B1-West zur Erkundung des Tephrit-Vorkommens am Steingrubenberg bei Oberrotweil (vgl. Abb. 12) im Sommer 2001. Im Vordergrund ein Fernsehteam, das über die Erkundungsarbeiten berichtete.

jedoch wurde der Steinbruch verworfen, weil die im Tiefbau üblichen Techniken gewinnbaren Mengen zu gering erschienen. Die an den alten Bruchwänden erkennbaren Rohblockgrößen und Gesteinsqualitäten, die günstige Wandhöhe und die gute Erreichbarkeit lassen den Bruch (Lage: R 33 95 03; H 53 31 02) aber für künftige Explorations empfehlenswert erscheinen, insbesondere wenn man die bei Achkarren erprobte Abbaumethode zu Grunde legt (s. u.).

Der an der Straße Niederrotweil–Achkarren liegende, 1950 stillgelegte Steinbruch am Büchsenberg (vgl. Abb. 7) eignet sich aus geologischen und technischen Gründen hingegen auch künftig nicht für eine Wiederinbetriebnahme zur Werksteingewinnung. Die Wechselfolge von Tephrit-Laven und -Pyroklastiten fällt hier mit 45° nach Westen, also zur früheren Abaurichtung hin ein. Der Abbau wurde ohne Gewinnungssohlen bis zu einer Wandhöhe von fast 50 m ausgeführt. Daher wäre eine Wiederinbetriebnahme dieses Bruchs sehr kostspielig und mit gravierenden Standsicherheitsproblemen behaftet (Abgleiten der Schichten in Richtung Abbau).

Phase 2 (2000-2001): Nach dem petrographischen Vergleich von den am Münster verbauten und den in Steinbrüchen zugänglichen Gesteinen erschien WIMMENAUER besonders das Vorkommen von Tephrit-Agglomeraten am Steingrubenberg bei Oberrotweil (Abb. 12) günstig für die Gewinnung von Ersatzgesteinen, weil die untersuchten Gesteine vom Steingrubenberg nach Dünnschliffuntersuchungen die größte Ähnlichkeit hinsichtlich des Mineralbestandes mit Quadern aus dem Chorbereich des Münsters aufwiesen. Die Tephrite des Steingrubenbergs bestehen nach Aufschluss- und Bohrkernbefund vor allem aus mm- bis Zehntel-mm großen Augit- und Plagioklaseinsprenglingen in einer Matrix aus vulkanischem Glas, Leucit und teilweise Olivin. Porenhohlräume enthalten i. d. R. keine Minerale, Zeolithe fehlen (unveröff. Bericht von W. WIMMENAUER, Dez. 2001).

In diesem Gebiet befinden sich sechs kleine, nahe beieinander liegende Steinbrüche mit ausgedehnten Abraumhalden (Abb. 12). Drei Proben aus dem Blockschutt wurden im Sommer 2001 von der Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen (Univ. Stuttgart) einer Klimasimulation unterworfen, bei der sowohl harte Frost- als auch Feuchte- und Temperaturbelastungen angelegt wurden. Die untersuchten je 5 cm dicken Gesteinsscheiben erwiesen sich nach 32 Testzyklen als „frostsicher und sehr verwitterungsstabil“ (MATERIALPRÜFUNGSANSTALT FÜR DAS BAUWESEN 2001). Aufgrund dieser positiven Expertenaussagen entschloss sich die Gemeinde nun zur Unterstützung der weiteren Arbeiten, die relevanten Grundstücke am Steingrubenberg käuflich zu erwerben.

Im November 2000 wurde das LGRB eingeschaltet, um bei der technischen Planung des Probeabbaus am Steingrubenberg beratend tätig zu werden. Erste Begehungen des Autors mit dem projektverantwortlichen Bearbeiter des Erzbischöflichen Bauamts, Herrn T. HIRSCHBIHL, zeigten, dass die Wiederinbetriebnahme wegen der morphologischen Situation, des alten Baumbestandes, vor allem aber wegen der umliegenden Weinberge mit ihren engen Wirtschaftswegen mit hohen Kosten verbunden wäre. Diese Kosten müssten bereits für den Probeabbau aufgewendet werden. Zudem war davon auszugehen, dass die ehemals genutzten Gesteine im Bereich der alten Steinbruchsohlen durch Verbrauch nicht mehr zugänglich und somit nicht zu beurteilen waren. Als Hinweis auf einen geringen Anteil verwertbaren Gesteins dieser Steinbrüche waren die großen Abraumhalden zu werten (Abb. 12).

Es wurde daher angeraten, vor dem Bau belastbarer Zufahrtswege, Teilrodung des Waldes und umfangreicher Baggerarbeiten die Pyrosklastitablagerungen im angedachten Abbaubereich mittels Kernbohrungen auf den Anteil an verwertbaren Gesteinsqualitäten und auf die Rohblockhöflichkeit zu prüfen. Hinsichtlich der

Gesteinsqualität in den noch zugänglichen Steinbruchwänden und der Erreichbarkeit wurde der so genannte Steinbruch I am Steingrubenberg als engeres Zielgebiet ausgewählt. Nach genauer Vermessung des Bergrückens und der Steinbrüche wurden zwei Schrägbohrungen durchgeführt, die aus der Horizontalen 20° bzw. 30° geneigt waren und mit einer Länge von 80 bzw. 60,7 m die Gesteine erreichten, die 5-10 m hinter bzw. ca. 10 m unter dem Steinbruch I endeten (Abb. 11 und 12). Um möglichst ungestörtes Bohrkernmaterial zu erhalten, das für gesteinsphysikalische Laboruntersuchungen geeignet ist, wurden die beiden Kernbohrungen mit einem Kerndurchmesser von 101 mm von einem erfahrenen Spezialbohrunternehmen komplett als Liner-Bohrungen ausgeführt (PE-Liner).

Die beiden im Zeitraum Juni und Juli 2001 durchgeführten Bohrungen erbrachten jedoch übereinstimmend, dass die durchbohrte Abfolge vollständig aus zersetzten und kleinstückig zerfallenden Tephrit-Agglomeraten mit einigen Laveneinschaltungen (große Bomben?) besteht, die von Tephrit-Gängen und lettigen Alterationszonen durchschlagen werden. Die seltenen längeren Kernstücke waren trotz des schonenden Bohrverfahrens nur max. 60 cm lang, die meisten Kernstücke wiesen Faust- bis Kopfgröße auf. Unverfestigte Aschen waren eingeschaltet, weiße Calcitgängen waren häufig.

Das zunächst überraschende – und angesichts der hohen Kosten enttäuschende – Ergebnis muss so interpretiert werden, dass der größte Teil des Tephritvorkommens am Steingrubenberg aus wenig bis nicht verfestigten Agglomeraten besteht, in die einzelne „kirschkerneartige“ Abschnitte mit besserer Matrixverfestigung eingeschaltet sind. Die zeitintensive, händische Abbautätigkeit vergangener Jahrhunderte konzentrierte sich auf diese kleinen stärker verfestigten Bereiche, wobei auch große Volumina zuvor als Abraum beseitigt werden mussten. Dies könnte die gemessen an den Steinbrüchen ungewöhnlich großen Halden erklären (Abb. 12). Immerhin konnte durch die Bohrungen der Sachverhalt hinreichend geklärt und noch deutlich größere Unkosten für Wegebau und Probeabbau vermieden werden.

Phase 3 (12.2001–2003): Auf Vorschlag des Autors konzentrierte sich die weitere Erkundung nun auf den Tephrit-Pyroklastit des Achkarrener Schlossbergs. Seine steile Südseite ist als wertvolle Weinlage bekannt, im Waldgebiet auf der Nordwestseite aber befindet sich ein aufgelassener Steinbruch von 90 m Länge, ca. 45 m Breite und einer Wandhöhe bis 25 m. Dieser Bruch kann über einen Forstweg erreicht werden – eine wichtige Voraussetzung für weitere Untersuchungsmaßnahmen mit schwerem Gerät. In der Phase 1 wurde das Tephrit-Pyroklastitvorkommen dieses Steinbruchs wegen eines steil stehenden Tephritganges unbekannter

Dicke als ungünstig verworfen; dieser basaltartige, splittrig brechende Gang mit generellem NE-SW-Verlauf bildet die senkrechte Hauptwand des Bruches (Abb. 9) und dürfte maßgeblich dazu beigetragen haben, dass der Abbau um 1920 eingestellt worden war.

Aus abbautechnischen Gründen (Zugänglichkeit, Wandhöhe über möglicher Abbausohle) und aufgrund der Tatsache, dass der Tephritgang Richtung Südwesten auskeilt, wurde das Südwestende des alten Bruches näher untersucht. Hier wurden im Dezember 2001 drei 25-40 cm lange und 10 cm dicke Bohrkern aus der hier nur 3-5 m hohen Steinbruchwand mittels eines tragbaren Bohrgerätes entnommen, eine weitere Probe konnte aus der hohen SE-Wand gelöst werden. Analog zum Material vom Steingrubenberg wurden diese Proben einer Klimasimulation unterzogen. In 45 Belastungszyklen von jeweils 12 Stunden Dauer wurden die Proben be- regnet, auf minus 20 °C abgekühlt (Forstdauer 5,5 Stunden) und dann auf 60 °C erwärmt. Die maximale Wasseraufnahme unter drucklosen Atmosphärenbedingungen wurde mit 5,8 % festgestellt. Nur an einer Probe kam es zu geringfügiger Abplatzung, alle anderen erweisen sich als stabil. Das Gestein wurde daraufhin als „weitgehend frostsicher und physikalisch verwitterungstabil“ eingestuft (MATERIALPRÜFUNGSANSTALT FÜR DAS BAUWESEN 2002).

Zusätzlich wurden zahlreiche Großproben am LGRB mit Gesteinssägen in Quader und Platten gesägt, um die Verbandsfestigkeit zu testen. Dünnschliffuntersuchungen zeigten, dass die Matrix des insgesamt porenreichen Gesteins überwiegend aus Feldspat, Glas und Zeolithen, z. T. aus Calcit besteht. Einige Klasten zeigten Verschweißungsgefüge. Die Matrix ist vielfach durch Hämatit und Magnetit imprägniert. In den vulkanischen Komponenten herrschen Augit, Plagioklas und Leucit vor, bisweilen treten Kalifeldspäte auf.

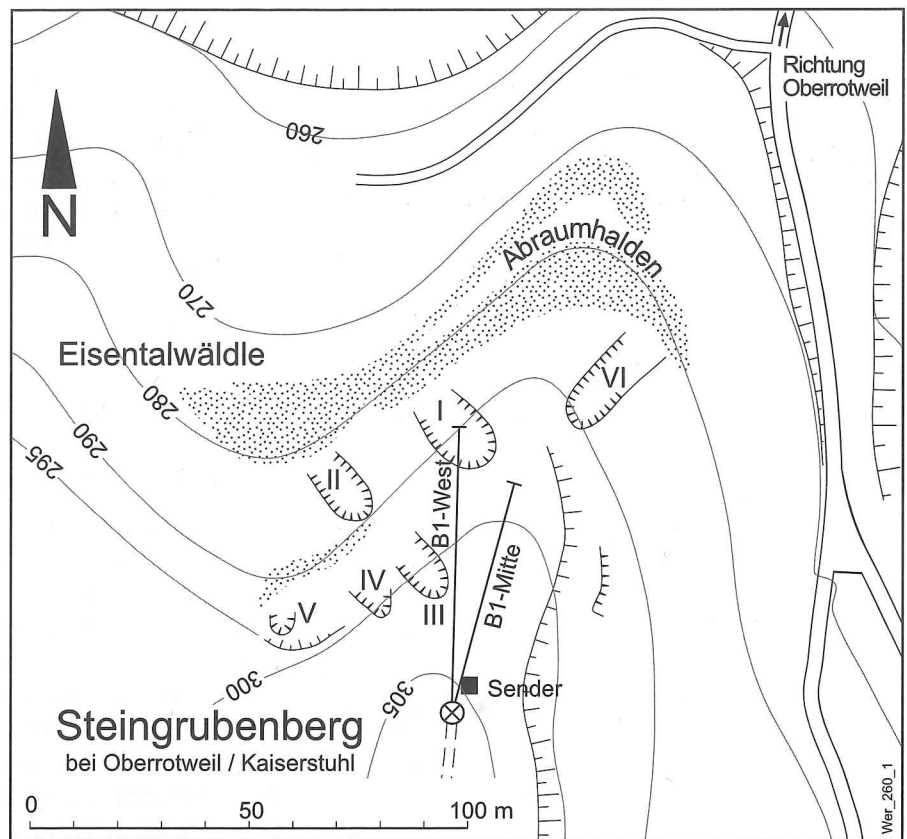


Abb. 12: Lagekarte der historischen Steinbrüche und Abraumhalden am Steingrubenberg (TK 25-Blatt 7911 Breisach am Rhein) mit Projektion der Bohrspuren der beiden Kernbohrungen B1-Mitte und -West.

Planung und Durchführung des Gesteinsabbaus (Probe- und Hauptabbau)

Ein aufwändiges, rund zwei Jahre dauerndes Genehmigungsverfahren schloss sich an, zu dem auch ein vogelkundliches und ökologisches Gutachten gehörte, weil der alte Steinbruch am Achkarrener Schlossberg in einem Europäischen Vogelschutzgebiet (Natura 2000) liegt. Wegen der Zugvögel durfte der Abbau nur im Zeitraum Dezember bis März durchgeführt werden. Eine weitere Besonderheit ist der rings um den Steinbruch auftretende Flaumeichen-Elsbeerenwald, der unter Naturschutz steht und zu den seltensten Pflanzengesellschaften Mitteleuropas gehört. Es wurde daher von der Umweltbehörde gefordert, dass Erkundungsmaßnahmen mittels Baggerschürfen und der spätere Gesteinsabbau auf eine möglichst geringe Fläche zu begrenzen sind.

Der zeitweiligen Wiederinbetriebnahme des Steinbruchs gingen zahlreiche Behördentreffen, meist vor Ort, Besprechungen im Gemeinderat und im Münsterbauverein, der die Finanzierung übernahm, voraus. Beteiligt an der genehmigungsrechtlichen und organisatorischen wie technischen Vorbereitung des Probe- und des Hauptabbaus waren die Münsterger-



Abb. 13: Abbau von Tephrit-Pyroklastit am Schlossberg bei Achkarren mit der Schwertsäge, Herstellen der 3. Sohle im Febr. 2004.

meinde Breisach, das Erzbischöfliche Bauamt Freiburg, die Gesamtgemeinde Vogtsburg mit dem Ortschaftsrat Achkarren, das Forstamt Breisach, Vertreter der Landesdenkmalämter aus Freiburg und Stuttgart, das Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald, das LGRB Freiburg, die Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart, die Abbaufirma Lauster Steinbau GmbH, Stuttgart, und das Tiefbauunternehmen EAL GmbH, Vogtsburg.

Die genannten Institutionen nahmen meist mit mehreren Personen an den Gesprächen und Verhandlungen teil, was zeigt, wie sehr das ungewöhnliche Projekt der Wiederinbetriebnahme eines historischen Steinbruchs am Kaiserstuhl die beteiligten Institutionen und Personen forderte. Zudem musste die Öffentlichkeit über das Vorhaben informiert werden. In einer großen Abendveranstaltung im vom Weinbau und dem Tourismus geprägten Ort wurde die Öffentlichkeit von den Fachbehörden und den Antragsteller ausführlich über das Vorhaben informiert. Im gesamten Verfahren wurde deutlich, dass die Wiederinbetriebnahme nur wegen der dringend notwendigen Restaurierung des Münsters von der Öffentlichkeit und den Behörden



Abb. 14: Ende des viersöchigen Abbaus im März 2004 am Schlossberg bei Achkarren, Beginn der Wiederverfüllung. Erkennbar ist der hellere, regellos brechende Tephrit der 3–4 m tiefen Aufwitterungszone.

mitgetragen wurde – Wünsche von anderen Gemeinden oder von Privatpersonen, dieses Gestein ebenfalls für Erhaltungsmaßnahmen an Gebäuden zu erhalten, wurden abgelehnt.

Im November 2003 wurde vom Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald (LRA) ein Probeabbau genehmigt, der Mitte Dezember 2003 begonnen wurde. Nach Beseitigung von Boden, Löss und Hangschutt mittels eines schweren Baggers konnte ein Bereich mit geeignetem Gesteinsmaterial festgestellt werden. Erste Großproben für gesteinsphysikalische Untersuchungen und die versuchsweise Bearbeitung durch einen Steinmetzbetrieb wurden entnommen. Im Januar 2004 wurde eine rohstoffgeologische Beurteilung des im Zeitraum 16. - 19.12.2003 durchgeführten Probeabbaus am Achkarrener Schlossberg vom geologischen Landesdienst vorgelegt.

Im südlichen Teil fällt das Gelände mit ca. 25 ° nach SW und besteht unter einer rund 2 m mächtigen Lössauflagerung aus aufgewittertem, mürbem Tephrit. Die Lössmächtigkeiten nehmen nach Norden rasch ab, jedoch erwies sich das darunter anstehende Ge-

stein im Schurf und entlang des Weges als stark klüftig und sandig-grusig aufgewittert (Abb. 15). Aufgrund der geringen Geländehöhe über Wegniveau, der mächtigen Überlagerung aus Löss und der vorwiegend ungünstigen Gesteinseigenschaften des Tephrits stellte sich der Südteil des engeren Untersuchungsgebiets als ungeeignet für eine Gewinnung von Werksteinmaterial heraus.

Im Nordteil fällt das Gelände mit 35° nach W ein. Hier treten zwei WNW–ESE streichende Zonen mit engständiger Klüftung auf (Orientierung der Klüftflächen: $125^\circ/80-90^\circ$ NE), die ein 7,5 m breites Areal mit nur weitständig geklüftetem, vorwiegend massivem Tephrit-Pyroklastit einrahmen (Abb. 15). Der hier anstehende kompakte Fels konnte nicht mit dem eingesetzten schweren Baggerfahrzeug gelöst werden; lediglich einige breitere Klüfte waren mittels Reißzahn zu erweitern. Es war somit klar, dass in diesem Bereich zum Lösen von Werksteinmaterial künftig der Einsatz von Schwertsägen oder Bohrtechnik erforderlich war.

Mit Gutachten vom 23. Januar 2004 legte das LGRB eine Abbauplanung vor. Nach weiteren Ortsterminen wurde vom LRA in Abstimmung mit der Gemeinde Achkarren die Genehmigung erteilt, umgehend mit dem Hauptabbau zu beginnen. Am 18. Februar 2004 konnte der Abbau beginnen. Zur schonenden Gewinnung von Rohblöcken wurde eine auf Gleise

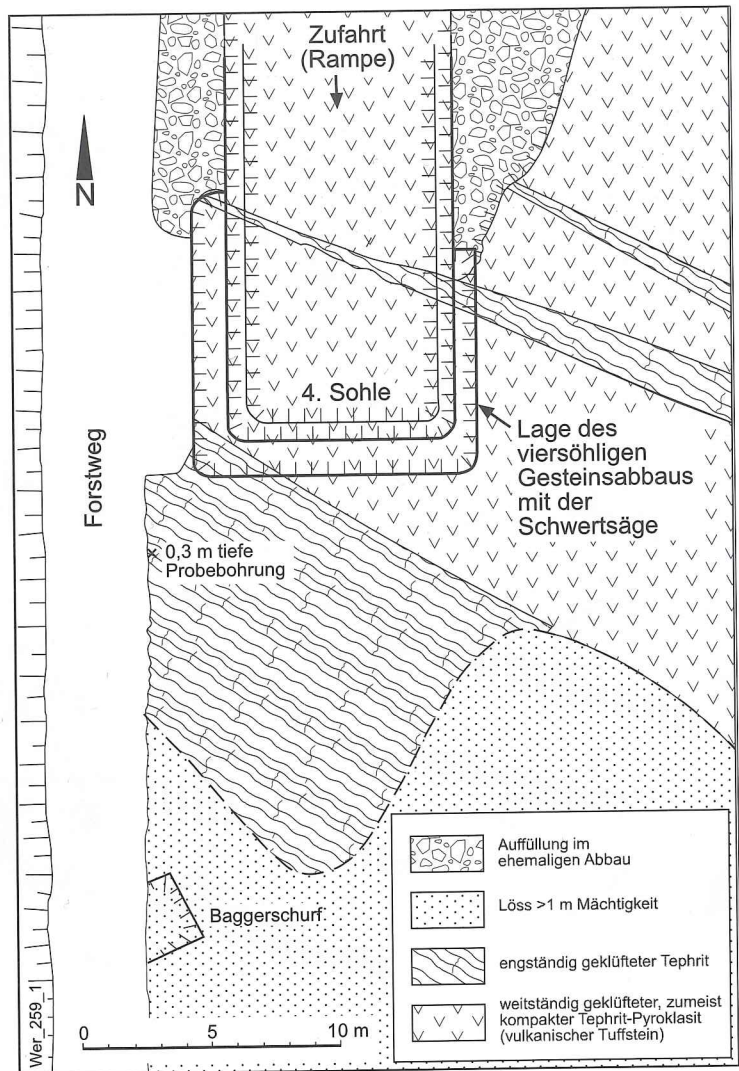


Abb. 15: Vereinfachte geologische Situation um den Tephrit-Abbau in der südlichen Verlängerung des historischen Steinbruchs am Achkarrener Schlossberg.



Abb. 16: Ausgewählte Werksteinblöcke im Lager bei Breisach; von den insgesamt gelösten ca. 570 m³ wurden 130 m³ zur Bearbeitung durch die Steinmetzfirmen ausgewählt und ins Zwischenlager gebracht.

montierte Schrämsäge (Typ STA 45, Hersteller Fa. Korfmann) mit einem 2,2 m langen Sägeschwert (Abb. 13) eingesetzt, die im kompakten vulkanischen Gestein eine Vortriebsgeschwindigkeit im Mittel von 6 cm pro Minute erreichte.

Das Ergebnis des Gesteinsabbaus

Der Abbau dauerte bis zum 21. März 2004 (Abb. 14). Auf vier Abbausohlen, die in die pyroklastischen Ablagerungen 6-10 m tief eingriffen, wurden mit der Schwertsäge durch horizontale und vertikale Schnitte mit insgesamt 610 m² Fläche rund 570 m³ Gestein schonend gelöst. Der Abbau legte unter einer 0,8 m mächtigen Auflage von Boden und Löss

eine geschichtete Abfolge von groben Pyroklastiten mit eingeschalteten Tuffbändern frei, die mit 30° nach Osten einfällt (Abb. 10). Die Auflockerungszone ist meist zwischen 1 und 1,5 m, die Aufwitterungszone im Tephrit 3-4 m mächtig, jedoch greift entlang von sich überschneidenden Kluftsystemen die Auflockerung stellenweise 5-6 m tief ins Gebirge ein. Vorherrschend sind steil stehende, WNW-ESE streichende Klüfte, die allerdings besonders im spröde brechenden Tephritgang ausgeprägt sind (Abb. 9). Wie erwartet, nahm die Gesteinsqualität mit zunehmender Abbau-tiefe zu.

Die durch den Sägevorgang vom Gebirge getrennten Kubaturen wurden schließlich mit einem wassergefüllten Druckkissen gänzlich aus dem Verband gelöst und die Rohblöcke mit einem Baggerfahrzeug geborgen. In Abhängigkeit von der Dichte natürlicher Trennflächen variierte die Größe der gewonnenen Gesteinsblöcke erheblich. Bearbeitungsfähige Blöcke von 0,5 bis ca. 2,5 Kubikmeter Größe wurden in ein Zwischenlager verfrachtet (Abb. 16). Insgesamt konnten rund 130 m³ Gestein gewonnen werden, das aufgrund seiner Verbandsfestigkeit und Abmessungen für die Steinmetzarbeiten geeignet erschien. Die zu kleinen oder für die Bearbeitung ungeeigneten Blöcke wurden separat gelagert und später zur Reparatur von Weinbergmauern im Rahmen der von der Naturschutzbehörde gewünschten Ausgleichsmaßnahme sowie zur Teilverfüllung der Entnahmestelle verwendet. Ein Abschnitt der Abbauwand ist als Geotop erhalten geblieben.

Probe-nummer	Gesteinsbeschreibung
AS 1	Graubrauner Pyroklastit mit fast regelmäßig verteilten Augit-Kristallen und Vulkanoklasten von 1 mm bis 10 cm Durchmesser, gering porös
AS 2	wie zuvor, etwas stärker porös/kavernös (vor allem in dunkelbraunen und schwarzgrauen Klasten)
AS 3	wie zuvor, jedoch mit einem Klastenanteil von ca. 40 Vol.-%, einige Haarrisse
AS 4	Rotbrauner Pyroklastit mit ca. 50 % Klasten, gering porös aber mit regellosen feinen Rissen, vor allem um gerundete Klasten
AS 5	wie zuvor, aber mit ca. 35-40 % Klastenanteil und weniger feinen Rissen
AS 6	wie zuvor, aber mit ca. 50 % Klastenanteil, einige Klasten bis 12 cm, viele feine regellose Risse
AS 7	Graubrauner bis bunter Leucittephrit-Pyroklastit mit schwarzen und rotbraunen, eckigen, z. T. fladenförmigen Klasten bis > 10 cm Größe, Ascheanteil: ca. 60 %

AS 8	wie zuvor, auch mit porösen Lavabruchstücken
AS 9	wie zuvor, jedoch mit mehr porösen Lavabruchstücken und hohem Komponentenanteil, Ascheanteil: ca. 45 %
AS 10	rötlichbraungrau, sonst wie zuvor, einige flache Lavabruchstücke mit hohem Augitanteil, meiste Komponenten < 1 cm, Ascheanteil: ca. 55 %

Tab. 1: Probenkörper von Tephrit-Pyroklastiten des Gesteinsabbaus am Achkarrener Schlossberg in den Abmessungen 10 x 10 x 20 cm (Probengewichte: 4,2-4,5 kg); die Proben AS 1-6 stammen von der 1. Abbausohle, die Proben AS 7-10 von der 2. bis 4. Sohle

Die in Tab. 1 beschriebenen Gesteinswürfel aus den verschiedenen Abbauabschnitten wurden anschließend einem mehrwöchigen Frost-Tau-Wechsel-Versuch unterworfen, bei dem eine starke Frostbelastung nach vollständiger Durchnässung des Gesteins untersucht wurde. Im Mai 2005 legte die MPA ihren Prüfbericht vor, der bescheinigte, dass der abgebaute Tephrit-Pyroklastit vom Achkarrener Schlossberg „gut bis sehr gut“ die Frost-Tau-Wechselbelastung überstanden habe. Es stand somit witterungsbeständiges Gestein mit günstigen Blockgrößen und ausreichender Menge zur Verfügung, um die Außenrenovierung des Breisacher Münsters im denkmalschützerisch gewünschten Umfang durchführen zu können.

Gesteinsbearbeitung und -einbau

Nachdem der Gesteinsabbau trotz des kurzen Abbauzeitraums erfolgreich beendet werden konnte, stand die technische Leitung des Projektes vor weiteren Problemen. Vor allem wegen der schmalen, unbefestigten Zufahrtstraße war es nicht möglich, ein ausreichend dimensioniertes Kranfahrzeug bis zum Bruch zu bringen, um die schweren Rohblöcke aufzuladen. Besonders große Blöcke wurden daher bereits im Steinbruch mittels Schwertsäge in zwei bis drei Teile zerteilt. Rasch wurde die zuerst angewiesene Lagerfläche der Stadt Breisach zu klein, sodass die Blöcke auf einen größeren, aber nicht überdachten Platz umgezogen werden mussten. Den beauftragten Steinmetzen standen keine ausreichend dimensionierten Gesteins Sägen zur Verfügung, so dass die Rohblöcke vom Lager zu Firmen gebracht werden mussten, die über entsprechende Diamantsägen verfügten. Von dort wurden die formatierten Blöcke zur weiteren Bearbeitung zu den Steinmetzfirmen transportiert. Bis ein Block bearbeitet werden konnte, war er also bereits viermal auf- und abgeladen und insgesamt ca. 80 km per LKW transportiert worden. Für Granit-

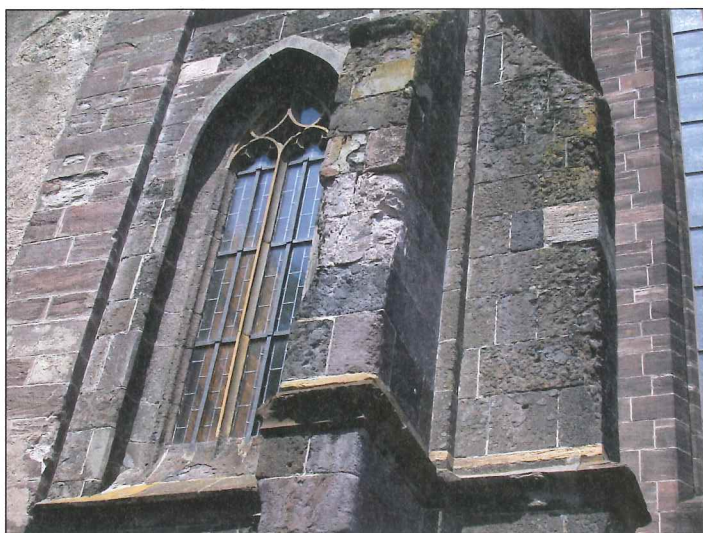


Abb. 17: Breisacher Münster, Sakristianbau mit stark geschädigten Pyroklastiten (Foto: M. MARTIN, 2002)

oder verkieselte Sandsteinblöcke bliebe ein solches Verfahren ohne größere Folgen; bei vielen Blöcken aus groben Pyroklastiten führte dies zur Weiterentwicklung feiner Fugen zwischen vulkanischen Klasten und Aschematrix. Die eingangs geschilderte aktuelle Situation (Kap. 1.1) in Bezug auf Fachkenntnis und Infrastruktur bei der Bereitstellung und Verarbeitung einheimischer Naturwerksteine machte sich im geschilderten Projekt deutlich bemerkbar.

Zwei Steinmetzbetriebe wurden Anfang 2004 beauftragt, Musterflächen für das Chorgebäude (Gesimse, Quader, Platten) zu erstellen, um einerseits die Bearbeitbarkeit des Pyroklastits und andererseits den optischen Eindruck des Austauschmaterials am Bauwerk begutachten zu können. Nachdem das Ergebnis von allen Beteiligten als grundsätzlich positiv bewertet wurde, begann der eigentliche Gesteins austausch. Bewährt hat sich dabei folgendes Verfahren:

(1) **Begutachtung am Baugerüst** und Festlegung der Gesteine, die ausgetauscht werden müssen.

(2) **Festlegung der Art des einzubauenden Gesteins** in Abhängigkeit vom Originalgestein (Gesteinsart, Textur, Farbe), der Funktion und der Position am Bauwerk. Als Austauschgesteine werden verwendet: Tephrit-Pyroklastit („Kaiserstühler Tuffstein“) von Achkarren, gestreifter Buntsandstein aus dem Odenwald oder einheitlich roter aus Lahr-Kuhbach, hellgelber Kalksandstein aus Burgund (Handelsname: Massangis).

(3) **Entfernen des geschädigten Gesteins** bis auf ca. 15-20 cm Abtragstiefe bzw. des gesamten Blockes oder Maßwerkteils.

(4) **Abmessung am Bauwerk und Fertigung des Austauschstückes** in der Freiburger Steinmetz-

werkstatt. Alle Stücke werden zunächst mit Diamantsägen auf die erforderliche Größe geschnitten und dann mit Handwerkzeug wie Steinbeil (Fläche bzw. Zahnfläche), Spitz- oder Zahneisen endbearbeitet. Die Bearbeitung der Sichtflächen der Quader erfolgt mittels Steinbeil, mit dem eine so genannte gebeilte Oberflächenstruktur erzeugt wird. Dem Niederschlag unmittelbar ausgesetzte Flächen werden geschliffen, damit das Wasser rascher abfließen kann.

(5) **Verkittung von natürlichen Fugen** im Gestein mit mineralischen Klebern, Verblendplatten für größere Flächen (max. 40 x 40 cm) werden mit Edelstahlgewindestangen fixiert und dann mit Epoxidharz verklebt.

(6) **Vorbereiten:** Nicht sichtbare Flächen des historischen Steins werden vor dem Einsetzen der neuen Stücke aufgespitzt und mit dem Zahneisen bearbeitet, also aufgeraut, damit Mörtel bzw. Kleber besser haften können.

(7) **Einsetzen des Austauschstückes** mit Romanzementmörtel; dieser bietet die beste Verträglichkeit mit

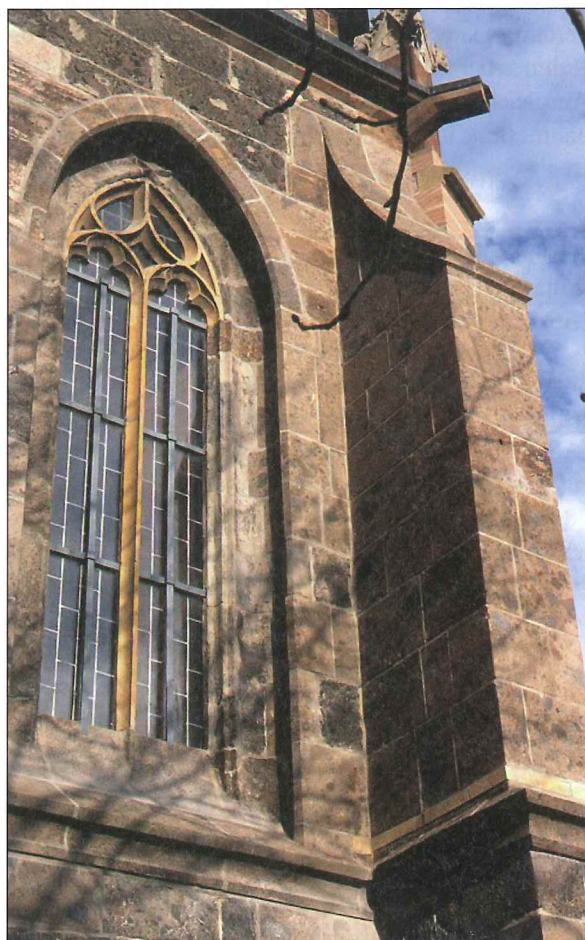


Abb. 18: Sakristianbau nach der Sanierung mit Tephrit-Pyroklastit aus Achkarren (Foto im Januar 2008)



Abb. 19: Sanierter Großer Schneckenturm auf der Südseite des Breisacher Münsters. Beschädigter historischer Tuffstein wurde durch Pyroklastit aus Achkarren ersetzt, geschädigte Sandsteine mit Elsässer Sandstein aus Rothbach (Foto im Februar 2008).

den vorhandenen historischen Mörtelmassen. Bei besonders exponierten Teilen, z. B. an Gesimsen, Schrägen und Pfeilerabdeckungen, werden die Fugen mit Blei ausgegossen.

Gesimse und Mauerquader sowie große Fenstergewände konnten mit Achkarrener Tephrit neu hergestellt werden (Abb. 18 und 19), die Abdeckungen der Strebpfeiler wurden hingegen mit vom LGRB empfohlenen Neckartäler Hartsandstein (Buntsandstein aus dem Gebiet um Eberbach) gefertigt, da dieser gleichkörnige, verkieselte Mittelsandstein kaum Heterogenitäten und besondere Witterungsbeständigkeit aufweist. Er zeigt oft eine lebhafte rote und hellgelbe Bänderung. Sofern einheitlich rote Sandsteine ausgetauscht werden müssen, wird meist Buntsandstein aus Lahr-Kuhbach (Lahr-Emmendinger Vorberge) verwendet. Dieser ebenfalls kieselig gebundene Sandstein wird auch für Restaurierungsmaßnahmen am Freiburger und Basler Münster eingesetzt.

Verglichen mit den heute üblicherweise verwendeten Naturwerksteinen stellt der „Kaiserstühler Tuffstein“ für die heimischen Naturwerksteinbetriebe eine be-

sonders große Herausforderung bei der Steinbearbeitung dar. Die größten Schwierigkeiten liegen in der auf vulkanische Bomben zurückzuführenden Heterogenität des Gesteins und im wiederholten Auftreten von unregelmäßigen, feinen Rissen, die meist im Grenzbe-
reich von Matrix und Pyroklasten verlaufen (Abb. 5). Er lässt sich allerdings gut mit Diamantsägen schneiden und ist im Vergleich zu den Sandsteinen kaum abrasiv, da er keinen Quarz enthält. Die Erstellung typischer Austausch Elemente wie Verblendungsplatten und Gesimssteine dauern nach den Erfahrungen der Steinmetze unter Verwendung von Tephrit-Pyroklastit etwa doppelt so lange wie unter Verwendung von Buntsandstein aus Lahr oder dem Odenwald.

Der eigentliche Einbau des am Achkarrener Schlossberg gewonnenen „Kaiserstühler Tuffsteins“ erfolgte bislang in zwei Phasen. Während der Phase 1 in den Jahren 2005/2006 wurde von einer Arbeitsgemeinschaft aus zwei Steinmetzbetrieben eine Rohblockmenge von 61 m³ Tephrit-Pyroklastit verarbeitet. Aus diesem Gesteinsvolumen wurden lediglich 33 m² Quadermauerwerk (20-30 cm tief) und 45 lfd. Meter Gesims erstellt. Die Ergebnisse erschienen den Auftraggebern angesichts der dafür verbrauchten Rohblockmenge nicht befriedigend, was von den Firmen mit der „unzureichenden Gesteinsqualität“ des Tephrit-Pyroklastits begründet wurde, obwohl zu dieser Zeit noch die größte Auswahl an Blöcken vorlag (Abb. 15).

In der folgenden Phase 2 wurde eine andere Steinmetzfirma beauftragt, die im Jahr 2007 rund 51 m³ verarbeitete. Aus dieser rund 16 % geringeren Menge konnten die Steinmetze 52 m² Quadermauerwerk gleicher Stärke, 23 lfd. Meter Gesims und zusätzlich 46 m² Verblendung (15 cm stark) erstellen. Die Effizienz konnte also etwa um das Doppelte gesteigert werden. Wie war das möglich?

Die Steinmetze von Phase 2 bezeichnen die Bearbeitung des groben Pyroklastits zwar auch als eine besondere Herausforderung, konnten aber trotz abnehmender Auswahlmöglichkeiten an Rohblöcken bislang alle geschädigten Bauteile am Münster durch neues Gestein ersetzen (Abb. 18 und 19). Fünf Faktoren spielen zusammen:

- (1) Sorgsame Auswahl eines Rohblocks in Abhängigkeit von den Abmessungen des nächsten Werkstückes,
- (2) Schonendes Formatieren mit ausreichend dimensionierten Diamantsägen,
- (3) Kleben von Haarrissen mit mineralischen Klebern,
- (4) Zusammensetzen von zwei kleineren Teilen zu dem gewünschten größeren Teil (z. B. Gesimse) durch

Verkleben und Fixierung mittels Gewindestangen sowie

(5) Einsatz von verkieseltem Sandstein bei besonders exponierten, schmalen oder kantenreichen Werkstücken (z. B. Abdeckungen für Strebepfeiler).

Derzeit gehen Auftraggeber und Steinmetze davon aus, dass die Restaurierungsmaßnahmen am Breisacher Münster im Jahr 2010 beendet werden können. Die Gesamtkosten des Projektes werden mit ca. 5 Mio. Euro veranschlagt. Von dieser Summe entfallen voraussichtlich ca. 70-80 % auf die Bau- und Steinmetzarbeiten. Für die geologische Aufsuchung und den Abbau wurden rund 200.000 Euro aufgewendet, was einem Anteil von 4 % der Kosten entspricht.

Zusammenfassung und Ausblick

Zahlreiche Vorkommen von Naturwerksteinen, aus denen der umfangreiche historische Baubestand Südwestdeutschlands errichtet und Jahrhunderte lang erhalten wurde, werden heute vor allem aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr genutzt. Konservierungsmaßnahmen an früher verwendeten einheimischen Gesteinen stoßen bei vielen Instandsetzungsmaßnahmen an ihre Grenzen. Hierfür ist das Restaurierungsprojekt am Breisacher St. Stephans Münster ein gutes Beispiel. Diese in der Zeit zwischen 1185 und 1490 errichtete spätromanisch-gotische Basilika wurden aus alkalibasaltischen Pyroklastiten und aus Buntsandstein erbaut. Kriegerische Auseinandersetzungen und Jahrhunderte lange Witterung auf dem am Rhein gelegenen, exponierten Vulkanfelsen hatten zu starken Bauwerksschäden geführt. Austauschmaterial aus Sandstein kann aus unterschiedlichen Brüchen beiderseits des Oberrheins noch relativ problemlos bezogen werden, Pyroklastite vom Typus des „Kaiserstühler Tuffsteins“ werden aber seit vielen Jahrzehnten nicht mehr abgebaut. Die Denkmalschutzbehörde legt großen Wert auf die Erhaltung des bedeutenden Bauwerkes in seiner unverwechselbaren steinsichtigen Substanz, weshalb eine Erhöhung des Anteils an Buntsandstein nicht erwünscht war. Restaurierungsversuche mit Trasskalkmörteln, Festigungen auf Kieselsäurebasis, Schlämmen und Antragungen führten im porösen und zur Abschuppung neigenden Tephrit-Pyroklastit zu keinem Erfolg. Im Jahr 1997 entschloss man sich daher trotz der zu erwartenden hohen Kosten und des unsicheren Ausgangs von Erkundung und Probeabbau, im westlichen Kaiserstuhl einen dem Originalgestein möglichst ähnlichen Pyroklastit zu suchen. Benötigt wurde eine einbaufähige Menge von mindestens 100 Kubikmetern.

Der westliche Kaiserstuhl zeichnet sich durch eine fast geschlossene Lössbedeckung und intensive weinbau-

liche Nutzung aus und die noch zugänglichen Tephrit-Steinbrüche sind entweder weitgehend verbrochen oder so verlassen worden, dass eine Wiederinbetriebnahme aus technischen Gründen nur mit sehr hohen Aufwendungen möglich wäre. Die Hauptschwierigkeit bei der Werksteinprospektion bestand aber darin, dass die pyroklastischen Ablagerungen in sehr unterschiedlichem Maße verfestigt sind. Die Zementation der Asche- und Lapilli-Komponenten durch Karbonate und Zeolithe, die auf syn- bis postvulkanische hydrothermale Prozesse zurückgeht, erfolgte unregelmäßig und wurde zudem durch nachfolgende tektonische und witterungsbedingte Prozesse in vielen Bereichen wieder gestört. Werksteinfähige Tephrit-Pyroklastite sind daher im Kaiserstuhl selten und die wenigen derartigen Bereiche aus o. g. Gründen kaum zugänglich. Die baugeschichtlichen Recherchen erbrachten, dass diese Mangelsituation sowohl in der römischen Zeit beim Bau eines Kastells als auch beim Münsterbau im Mittelalter dazu geführt hatte, dass neben Tephrit-Pyroklastiten verkieselte Sandsteine aus rund 70 km entfernten Steinbrüchen, die aber wie Breisach günstig am Strom liegen, verwendet wurden.

Die sonst bei der Suche nach historisch verwendeten Werksteinen hilfreiche petrographische Analyse der verbauten Gesteine und ihr Vergleich mit den in Steinbrüchen aufgeschlossenen erwies sich im vorliegenden Fall als wenig hilfreich, da die Zusammensetzung der pyroklastischen Ablagerungen bereits im Kleinbereich stark wechselt. Aus technischen Gründen war es außerdem vor allem wichtig, gut verfestigte und wenig tektonisch gestörte Bereiche zu lokalisieren, unabhängig davon, ob sie bereits historisch zugänglich und genutzt wurden oder nicht. Kartierung und bohrtechnische Erkundung führten schließlich zu einem Anfang des 20. Jh. aufgelassenen Steinbruch bei Achkarren, der aber in einem Natur- und Vogelschutzgebiet liegt. Nach einem aufwändigen Genehmigungsverfahren konnte dort im Winter 2003/2004 ein viersöhliger Abbau durchgeführt werden. Mittels Schwertsäge wurden 570 Kubikmeter Tephrit-Pyroklastit gelöst, 130 Kubikmeter erwiesen sich als bearbeitungsfähig. Die gesteinsphysikalische Untersuchung zeigte, dass es sich dabei ganz überwiegend um verwitterungsbeständiges Material handelt.

Der Tephrit-Pyroklastit aus dem Kaiserstuhl stellt für den Steinmetz eine ungewöhnliche Herausforderung dar. Betriebe, die sonst hauptsächlich gleichkörnige, stark verfestigte Kalk- und Sandsteine oder Granite in vorformatierten Blöcken verarbeiten, geraten bei dem zu Verfügung stehenden, mengenmäßig limitierten, groben Pyroklastiten, an ihre Grenzen. Die aktuellen Arbeiten und die bereits instand gesetzten Flächen am Münster belegen aber eindrucksvoll, dass die Gesteine vom Achkarrener Schlossberg bei

Anwendung besonderer Bearbeitungsmethoden den denkmalschützerischen und bauphysikalischen Anforderungen genügen und dass die zur Verfügung stehenden Mengen zum erfolgreichen Abschluss der Arbeiten ausreichen werden. Das rund 5 Mio. Euro teure Restaurierungsprojekt wird voraussichtlich bis 2010 abgeschlossen werden können.

Das dargestellte Projekt zeigt, dass mit vertretbarem Aufwand auch seltene historisch verwendete Gesteine aus einheimischen Lagerstätten gewonnen werden können, und die Restaurierungsarbeiten belegen, dass es mit handwerklichem Geschick und modernen Methoden möglich ist, von den Materialeigenschaften her schwierige Gesteine im erforderlichen Umfang zur Restaurierung einzusetzen. Die gewonnenen Erkenntnisse bei Erkundung und Gewinnung von Kaiserstühler Pyroklastiten können genutzt werden, um Gesteine des Kaiserstuhls auch für die Restaurierung anderer denkmalgeschützter Bauwerken zu erhalten.

Dank

Für zahlreiche hilfreiche Hinweise und Informationen danke ich Herrn THEO HIRSCHBIHL (Erzbischöfliches Bauamt Freiburg), Herrn Steinmetzmeister ARMIN HELLSTERN und Herrn DIETMAR ABERLE (Armin Hellstern GmbH, Freiburg), Herrn Dr. FRIEDRICH JACOBS (Referat Denkmalpflege, Regierungspräsidium Freiburg), Herrn OTTO WÖLBERT (Referat Denkmalpflege, Regierungspräsidium Stuttgart) sowie Frau Dr. GABRIELE GRASSEGER (Materialprüfungsanstalt, Univ. Stuttgart), Frau Dr. GABRIELE SEITZ (Institut für Provinzialrömische Archäologie, Univ. Freiburg) und Herrn Prof. em. WOLFHARD WIMMENAUER, Freiburg. Herrn JÜRGEN CROCOLL (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg) gilt mein Dank für die Erstellung der Graphiken.

Literatur

- BRÄUNING, A. (2006): Nordwestecke des spätrömischen Kastels auf dem „Mons Brisiacus“ entdeckt – Fortsetzung der Grabungen in Breisach, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald. – Archäol. Ausgrabungen Baden-Württ., 2006: 106–107, 1 Abb.; Stuttgart.
- BÜCKER, C. (2007): Der Breisacher Münsterberg – ein Zentralort im frühmittelalterlichen Breisgau. – 356 S., 180 Abb., 112 Tab., 111 Taf.; Rahden/Westf. (Leidorf).
- FRANK, M. (1944): Die natürlichen Bausteine und Gesteinsbaustoffe Württembergs. – 340 S., 17 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GRASSEGER, G. (1998): Mineralogische Prozesse bei der Bausteinverwitterung. – In: SNETHLAGE, R. (Hrsg.): Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung II (BMFT): 119–136, 25 Abb., 2 Tab.; Stuttgart (Fraunhofer IRB Verlag).

- GRASSEGER, G. & MAUSFELD, S. A. (1998): Sankt Stephans Münster Breisach. – In: SNETHLAGE R. (Hrsg.): Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung II (BMFT): 307–333, 13 Abb.; Stuttgart (Fraunhofer IRB Verlag).
- GREULE, A. (2005): Keltische Ortsnamen in Baden-Württemberg. – In: Imperium Romanum. Roms Provinzen an Neckar, Rhein und Donau. – Begleitband zur Ausstellung des Landes Baden-Württemberg in Stuttgart 1. Okt. 2005 – 8. Jan. 2006: 80–84, 3 Abb.; Stuttgart. – [Archäol. Landesmuseum Baden-Württ., Hrsg.]
- HÄFNER, F. (2007): Zur Perspektive der Verfügbarkeit einheimischer Denkmalgesteine – Z. dt. Ges. Geowiss., 158/4: 695–700, 4 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- KELLER, J. (1964): Zur Vulkanologie des Burkheim-Sponeck-Gebiets im westlichen Kaiserstuhl. – Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br., 54: 107–130, 14 Abb.; Freiburg
- KNAPP, U. (1992): Bauhistorische Untersuchungen am Breisacher Münster. 1. Vorbericht. Unveröff. Bericht, 10 S.; Tübingen (Landesdenkmalamt Baden-Württemberg).
- KNAPP, U. (1993): Das Breisacher Münster. Bauforschung: 146 S.; Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Tübingen (Unveröff. BMFT-Bericht).
- KRAUS, F. X. (1904): Die Kunstdenkmäler des Landkreises Freiburg. – In: Die Kunstdenkmäler des Großherzogtums Baden, Bd. VI., 1. Abteilung: 556 S., 231 Abb.; Tübingen, Leipzig (Mohr).
- LASKE, R. & SAWATZKI, G. (2000 a): Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 8312 Schopfheim, 2., erg. vorl. Ausgabe; Freiburg i. Br. (Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Hrsg.).
- LASKE, R. & SAWATZKI, G. (2000 b): Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Bl. 8412 Rheinfelden (Baden), 2., erg. vorl. Ausgabe; Freiburg i. Br. (Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Hrsg.).
- MATERIALPRÜFUNGSANSTALT FÜR DAS BAUWESEN (2001): Ersatzmaterial für das Breisacher Münster von Kaiserstühler Tuffen aus dem alten Bruch am Steingrubenberg auf Frost- und Klimabeständigkeit. – Unveröff. Bericht, 5 S.; Stuttgart.
- MATERIALPRÜFUNGSANSTALT FÜR DAS BAUWESEN (2002): Ersatzmaterial für das Breisacher Münster aus Kaiserstühler Tuff – hier: Untersuchung von Tephrit-Pyroklastit des Vorkommens Schlossberg / Achkarren. – Unveröff. Bericht, 9 S.; Stuttgart.
- MAUSFELD, S. & GRASSEGER, G. (1993): Analyse der Schadensformen, der Petrographie und der mikroskopischen Verwitterungsgefüge der verbauten Gesteine unter besonderer Berücksichtigung der Kaiserstühler Tuffe. – Zwischenbericht Pilotprojekt Nr. 7814 M Stephansmünster zu Breisach: 77 S., 54 Abb.; Stuttgart (Forschungs- und Materialprüfanstalt Baden-Württemberg)
- MAUSFELD, S., GRÜNER, F. & GRASSEGER, G. (1998): Zerstörungsprozesse an Kaiserstühler Tuffen des Breisacher Münsters: Kartierung, Petrographie und Geochemie. – Unveröff. Manuskript: 16 S.; Stuttgart (Forschungs- und Materialprüfanstalt Baden-Württemberg).
- MERKE, G. (2007): Die globale Welt: der Markt, der internationale Natursteinhandel und seine Auswirkungen auf Rohstoffe. – Z. dt. Ges. Geowiss., 158/4: 679–683, 2 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.

- MÜNSTERPFARREI ST. STEPHAN BREISACH A. RH. (2005) (Hrsg.): Das Breisacher Münster. – 80 S., zahlr. Abb.; Regensburg (Schell & Steiner).
- NUBER, H. U. & ZAGERMANN, M. (2006): Der neue Plan des römischen Großbaus im Bereich des Münsterplatzes in Breisach, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald. – Archäol. Ausgrabungen Baden-Württ., 2006: 108–111, 1 Abb.; Stuttgart.
- SCHLEICHER, H. & KELLER, J. (1991): Isotopengeochemie der Alkalivulkanite und Karbonatite des Kaiserstuhls: Aussagen zur Magmengenese und zur isotopischen Zusammensetzung des Erdmantels. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., 33: 33–57, 9 Abb., 7 Tab.; Freiburg i. Br.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1972): Sankt Stephan in Breisach. – Diss. Univ. Freiburg (unveröff.): Teil I: 156 S., Teil 2: 81 S., 8 Pläne; Freiburg i. Br.
- WERNER, W. (2005): Auf diese Steine konnte man bauen. Römische Gesteinsnutzung in Südwestdeutschland. – In: Imperium Romanum. Roms Provinzen an Neckar, Rhein und Donau. – Begleitband zur Ausstellung des Landes Baden-Württemberg in Stuttgart 1. Okt. 2005 – 8. Jan. 2006: 393–398, 11 Abb.; Stuttgart (Archäol. Landesmuseum Baden-Württ., Hrsg.)
- WERNER, W. & HOFFMANN, B. (2007): Bausandsteine Südwestdeutschlands: Vorkommen, Beschaffenheit, Verwendung und Prospektion. – Z. dt. Ges. Geowiss., 158/4: 737–750, 8 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- WERNER, W., KIMMIG, B., LIEDTKE, M., KESTEN, D. & KLEINSCHNITZ, M. (2006): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006. – LGRB-Informationen, 18: 202 S., 221 Abb., 15 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. (Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Hrsg.)
- WIMMENAUER, W. (2003) mit Beiträgen von BRÜSTLE, W., FINGER, P., FLECK, W. u.v.a.: Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Kaiserstuhl. – 280 S., 26 Abb.; Freiburg i. Br. (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Hrsg.)
- WIMMENAUER, W. (2004): Vulkanische Gesteine des Kaiserstuhls in römischen Bauten der Oberrheinregion. – Archäol. Korrespondenzblatt, 34: 255–261, 12 Abb.; Mainz.
- WIMMENAUER, W. & GROSCHOFF, R. (2003): Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000, Blatt Kaiserstuhl, 5., völlig neu bearb. Aufl.; Freiburg i. Br. (Landesamt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Hrsg.)
- WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2004): Rohstoffsicherungskonzept des Landes Baden-Württemberg, Stufe 2 (Nachhaltige Rohstoffsicherung): 31 S., zahlr. Abb.; Stuttgart.
- WÖLBERT, O. (2006): Die Restaurierungsarbeiten am Breisacher Münster. – Tagungsband Natursteinsanierung Stuttgart 2006 (G. GRASSEGER & G. PATITZ, Hrsg.): 51–54, 3 Abb.; Stuttgart.