

Das Rheintor Breisach

Restaurierungsplanung und Sanierungskonzeption
mit einem Problemgestein Kaiserstühler Tuff

Dietmar Bader, Fachplaner für Steinrestaurierung und Denkmalpflege

Rheintor Breisach Westfassade

Maßnahmenkartierung

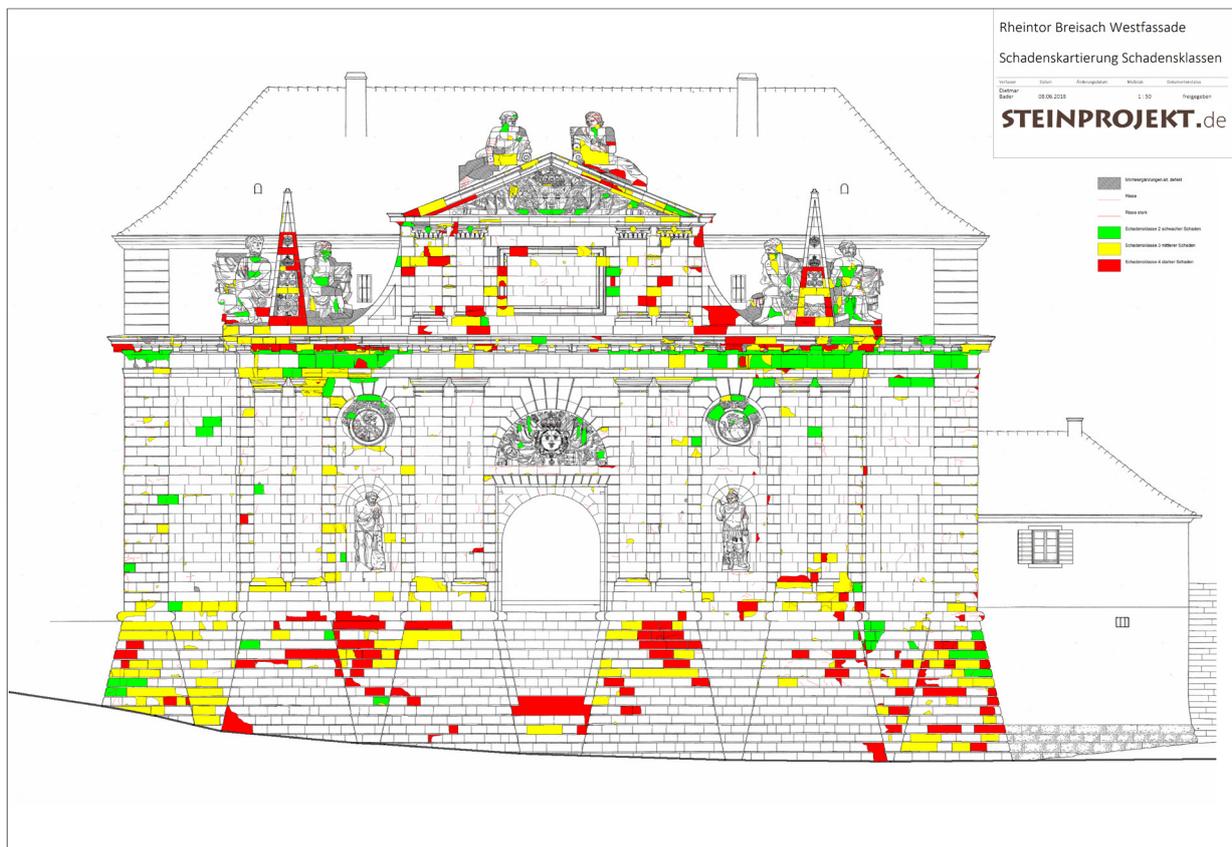
Version	Datum	Verfasser	Maßstab	Dokumentation
01	06.09.2022		1:50	Projektplan

STEINPROJEKT.de

Eine umfassende Bestands- und Schadensaufnahme aus den Jahren 2018 bis 2019 durch Dietmar Bader (Steinprojekt) zeigte verkehrssicherheits- und substanzgefährdende Schäden an der weitestgehend bauzeitlichen Westseite des Breisacher Rheintores aus Kaiserstühler Tuffgestein. Für die Restaurierung standen zu diesem Zeitpunkt weder Austauschmaterial noch erfolgversprechende Konservierungsmethoden zur Verfügung. In zwei Vorprojekten wurde das Sanierungskonzept für das Objekt konzipiert. Zum einen wurde der Abbau von werksteintauglichem Material am Kaiserstuhl auf den Weg gebracht, zum anderen wurden auf den Kaiserstühler Tuff abgestimmte Konservierungsmethoden entwickelt und erprobt.

Für das Absolvieren eines solchen Restaurierungsprojektes sind mehrere Projektphasen notwendig. In der Praxis sollten diese neben Erfahrungen und Wissen aus vergleichbaren Projekten

als Grundlage zur Erstellung des Sanierungskonzeptes dienen. Phase 1 (Voruntersuchung, Grundlagenermittlung und Bestandsaufnahme) ist grundsätzlich ausführlich zu gestalten. Hier wird die Datengrundlage für jegliche weitere und wichtige Planungsleistung wie Kostenschätzung, Leistungsbeschreibung und Terminplan gelegt. Dagegen wird Phase 2 (Sanierungskonzeption, Entwurfs- und Genehmigungsplanung) bei Objekten mit weit verbreiteten originalen Baumaterialien, klaren Anforderungen und gut einzugrenzenden bisherigen Sanierungsphasen und -materialien zwar ausführlich behandelt, aber hauptsächlich nicht vor Ort absolviert. Bei seltenen Baumaterialien, Problemgesteinen und Objekten mit besonders vielen und z. T. unbekanntem alten Sanierungsphasen ist eine intensive Durchführung von Phase 2 anhand von Musterachsen vor Ort unumgänglich. Das Projekt Rheintor Breisach zeigt exemplarisch, wie sich



eine ausführliche Phase 2 auf ein Denkmalprojekt auswirken kann und welche Zeitspannen, Zwischenziele und Zwischenschritte in Phase 2 notwendig werden können.

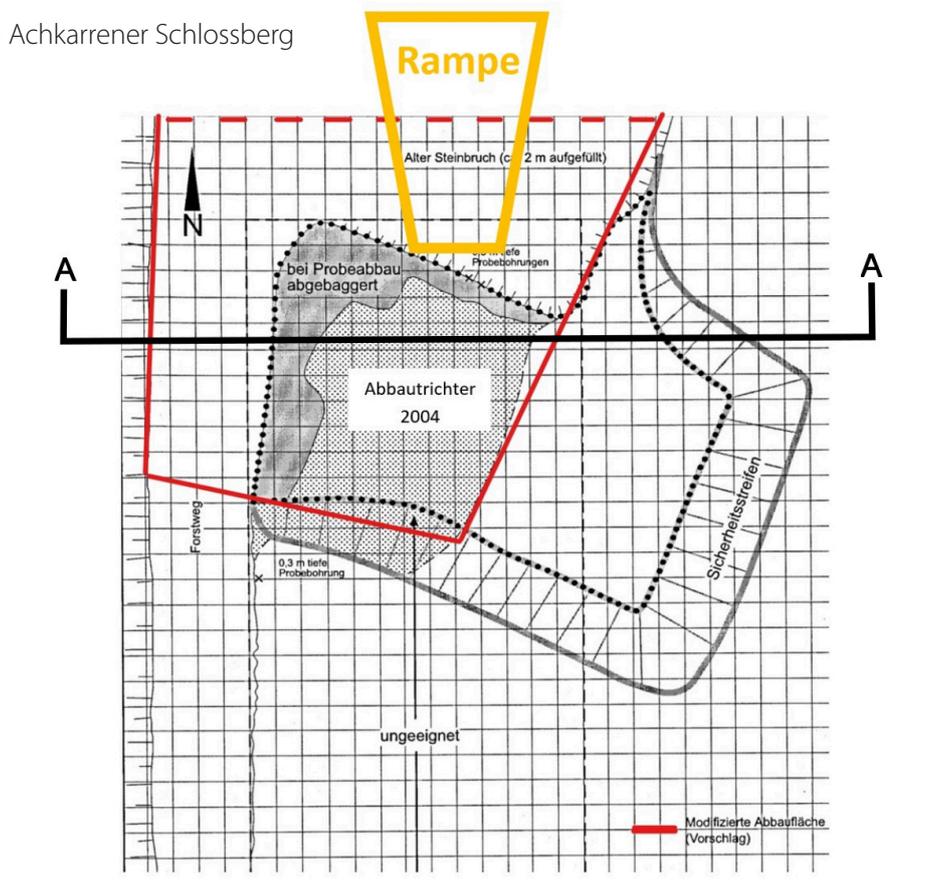
Das Rheintor in Breisach ist seit 1959 in das vom Regierungspräsidium Freiburg geführte Denkmalsbuch eingetragen und Teil der als Kulturdenkmal nach §2 Denkmalschutzgesetz Baden-Württemberg geschützten Stadtbefestigung Breisachs. Seit Juli 2020 ist das Breisacher Rheintor außerdem ein Kulturdenkmal von besonderer Bedeutung nach §12 DSchG Baden-Württemberg. An seiner Erhaltung besteht aus wissenschaftlichen, künstlerischen und heimatgeschichtlichen Gründen ein öffentliches Interesse.

Die Westfassade wird von verschiedenen Steinarten mit deren eigener Farbigkeit geprägt. Diese sind Rouffacher und/oder Pfaffenweiler Kalksandstein (gelbbeige) und ein schillführender, oolithischer Kalkstein, der sogenannte Hauptrogenstein (weißbeige), der z. B. am Tuniberg unweit von Breisach heute noch gewonnen wird für das Figuren-, Ornament- und Reliefprogramm sowie der braun-grau erscheinende Kaiserstühler Tuffstein, der das hauptsächliche Erscheinungsbild der Fassade prägt.

„Der wichtigste Naturwerkstein des Kaiserstuhls ist der als ‚Kaiserstühler Tuffstein‘ bezeichnete Lapillituff tephritischer Zusammensetzung. Er entstand nach den explosiven Ausbrüchen des jungtertiärzeitlichen Stratovulkans durch hydrothermale Mineralisierung des Porenraums der basaltischen Pyroklastite. Das größte Verbrei-

tungsgebiet von Tephritlaven und -pyroklastiten ist der westliche Kaiserstuhl. Bekannt ist dieses ungewöhnliche Werksteinmaterial durch das Breisacher Münster St. Stephan und die vielen steinansichtigen Mauern und Türme der Breisacher Altstadt. (...) Die Tuffsteine stellen das Hauptbaumaterial für die Weinbergmauern in den ausgedehnten Weinlagen des Kaiserstuhls dar. Verwendung fanden diese auch am Bahnhof in Breisach, an Geschäfts- und Wohnhäusern in Freiburg sowie für Grabmale. In den 1940er Jahren wurde der Abbau von Tephrit-Pyroklastiten für Bau- und Werksteine eingestellt.“ [Werner, Dr., W., & et. al. (2013). Naturwerksteine aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung. Freiburg: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau.]

Am braun-grauen bis in wenigen Fällen nahezu schwarzen, teilweise auch rötlichen Kaiserstühler Tuff an vielen Bauteilen des Rheintors sind starke Rückwitterungen, Risse, Schalen, Schuppen und Ausbrüche zu beobachten. Die Intensitäten – von stark bis oberflächlich gestört – unterscheiden sich nach Ausrichtung zur Witterung, nach Materialzusammensetzung, Materialkompaktheit und Wasserableitung. Die Matrix aus feiner Vulkanasche kann bei einer Rückwitterung die darin eingelagerten basaltischen „Bomben“ d.h. harte, kompakte Steinbruchstücke mit Größen bis zu 10cm Durchmesser, nicht halten. Dies führt zu Ausbrüchen von teilweise faustgroßen Fragmenten. Ebenso sind Gefügauflockerungen und Bröckelzerfall zu beobachten.



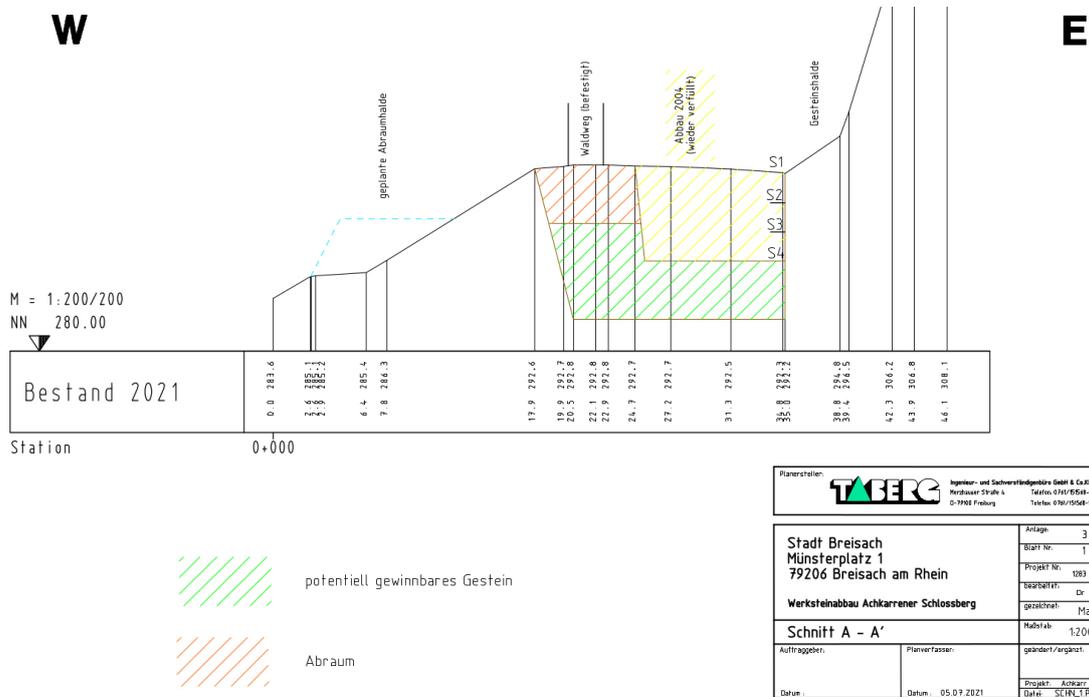
**Vorprojekt Werksteinabbau:
Steinbruch Achkarren**

Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau fasst die Erkenntnisse aus dem letzten Abbau 2004 wie folgt zusammen: „Bagger-schürfe mit negativen Ergebnissen ließen schon damals das ursprünglich zum Abbau geplante Areal schrumpfen. Es sind fünf Ausdehnungs-richtungen für einen weiteren Abbau zu prüfen. In Richtung des alten Steinbruchs ist ungewiss, ob dort evtl. noch Material ansteht. Eine anzu-legendende Rampe für den weiteren Abbau muss in diese Richtung geführt werden. Evtl. kann beim Anlegen der Rampe noch gut verfestigtes Mate-rial gefunden werden. Der aktuelle Abbautrichter mit 3 Ebenen à ca. 2 m und einer Grundfläche von ca. 7,5 m×7,5 m scheint nach den Erkennt-nissen von 2004 nach unten hin mit hochwertigerem Material ausgestattet gewesen zu sein. Das Anlegen einer weiteren Abbausohle wurde 2004 durch die naturschutzrechtliche Anordnung ver-hindert (Abbau bis spätestens Mitte März beenden). Hier sind Werksteinvorkommen zu erwar-ten, jedoch nicht gesichert. Auch hier kann eine Zerklüftungszone nach schon wenigen Dezime-tern auftreten.“

Für das Rheintor wird angenommen, dass ca. die Hälfte des damals für das Breisacher Münster ver-fügbaren Materials (2004 waren ca. 130 m³ Werk-stein abgebaut worden) für den Austausch stark geschädigter Fassadenflächen und den Rückbau des portugiesischen Gesteins benötigt wird. Zur

Genehmigungsplanung des Vorprojektes „Werk-steinabbau“ wurde der Biologe Reinhold Treiber mit der naturschutzrechtlichen Einordnung und weiteren Untersuchungen beauftragt und in das Projektteam temporär aufgenommen. Für die Planung und die Genehmigung des Abbaus selbst konnte das Ingenieur- und Sachverständigenbüro TABERG aus Freiburg gewonnen werden. Aus-führliche Ortstermine und Abstimmungen mit dem Eigentümer des Steinbruchs, der Gemein-de Vogtsburg, den Genehmigungsbehörden, den umliegenden Winzern des Ortsteils Achkarren und der Umstand, dass der Bereich um den Stein-bruch nach dem letzten Abbau aufgewertet wurde, führte dazu, dass ein erneuter Abbau möglich war.

Im März 2023 konnte der Werksteinabbau, der durch die selben Firmen wie 2004 erfolgte, er-folgreich abgeschlossen werden. Nach mehreren Monaten Abbau wurden ca. 570m³ Tuffgestein auf insgesamt sechs Abbausohlen gewonnen und nach Breisach transportiert werden. Davon kön-nen jedoch lediglich ca. 10% - 15% als Werkstein für Fassaden verarbeitet werden. Es ist nach der Sanierung des Rheintores geplant, das Steinlager auch für andere denkmalgeschützte Sanierungs-projekte mit Kaiserstühler Tuff, allen voran natürlich das Breisacher Münster, zur Verfügung zu stellen.



Vorprojekt zur Entwicklung von Konservierungsmethoden für Kaiserstühler Tuff

Die Erkenntnisse der Forschungen am Breisacher Münster sollten weitergeführt und entsprechend für zu entwickelnde Steinersatzmassen und Schlämmen genutzt werden. Dass eine Steinfestigung die z. T. sehr breiten Risse im Material überbrücken kann und ein gleichmäßiges Festigkeitsprofil in der inhomogenen Gesteinsmatrix erzeugt, wurde sehr früh ausgeschlossen und als Konservierungsmaßnahme verworfen. Rissverfüllungen und Klebungen wurden jedoch als vorbereitende Maßnahme mit einbezogen. Die Entwicklung und Mischung neuer Ersatzmörtel und Schlämmen sowie der Hinterfüllmassen wurde von Frau Lea Mertens, Restauratorin M. A. in Deiningen in Absprache mit Dr. F. Grüner (Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart) durchgeführt. Restauratorin Mertens hat sich aufgrund von tiefgehenden erfolgreichen Forschungsarbeiten an einem vergleichbaren Material, dem Riessuevit des Nördlinger Ries, für die Entwicklung der Materialien qualifiziert. Es wurden folgende Bindemittel für die Rezeptierung und Herstellung verschiedenfarbiger Ergänzungsmaterialien aus reinen Gesteinsmehlen und -sanden ohne Pigmente eingesetzt:
 Ergänzungsmörtel: Trasskalk HL 5 von Märker, Romanzement (Compound A01 von RCP GmbH), Hybridbindemittel aus Syton X30 (Kieselzol) und Acrylatdispersion K9 von Kremer Pigmente in Aichstetten.
 Schlämme: Kieselzol Ludox HSA und Syton X30

mit K9 Dispersion, später wurde dies erweitert um die Dispersionen K498 und Wesutex D 340, in beiden Fällen auch jeweils als Hybridmittel in Kombination mit Syton X30. Dies war notwendig geworden um möglichen Lieferengpässen ausweichen zu können.
 Injektionsmörtel: Steinsilikatkleber und Injektionsmörtel N4 von RCP, ein Romanzement mit Belit als Hauptklinkerphase.
 Frau Mertens hat während der Entwicklung eine große Zahl von Prüfkörpern (Prismen, Würfel, etc.) hergestellt. An diesen Prüfkörpern wurden dann material- und feuchtetechnische Kennwerte, auch im Vergleich zum Tuffgestein aus Achkarren, an der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart untersucht.
 Die mit Trasskalk und Romanzement gebundenen Ergänzungsmörtel und Schlämmen konnten die Anforderungen hinsichtlich der Wasseraufnahme und der Verwitterungsstabilität bzw. Dauerhaftigkeit in keiner Weise erfüllen. Auch die Haftung dieser beiden Materialien am Untergrund Tuffstein war sehr schlecht.
 Gute Werte zeigten hingegen die Rezepturen mit Syton / K9. Nur die Wasseraufnahmefähigkeit war auch bei diesen Rezepturen im Vergleich zum Tuff noch zu hoch.
 Die Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme an Steingerüstmassen der dann nach den ersten Untersuchungen erstellten zweiten Serie konnte eine deutliche Variabilität zwischen den

Probekörper Herstellung:

Antragmörtel

Prismen zur Untersuchung

1. Festigkeit (Edyn und Ultraschalllaufzeit)
2. Wasseraufnahme (kapillare W.A.)

Würfel zur Untersuchung

3. Sorptionsisotherme
4. Hygrische Dilatation

Bindemittel	Prüfkörper	Maße	Anzahl/Rezeptur
Trasskalk HL5	Prisma	4x4x8 cm	4 x rot 3 x grau
-"	Würfel	5x5x5 cm	4 x rot 3 x grau
Romanzement	Prisma	4x4x8 cm	3 x rot 3 x grau
-"	Würfel	5x5x5 cm	4 x rot 4 x grau
SytonX30/AC Dispersion K9	Prisma	4x4x8 cm	4 x rot 4 x grau
-"	Würfel	5x5x5 cm	4 x rot 3 x grau



Online Meeting am 03.05.2021

Breisach Rheintor
Vorprojekt

L. Mertens

einzelnen farblichen Einstellungen, die auf unterschiedlichen Zuschlagsstoffen beruhen, aufzeigen. Dabei wies nur die rote Variante eine noch zu hohe kapillare Wasseraufnahme auf. Die übrigen Varianten lagen innerhalb der Streubreite des Tuffes bzw. nur knapp darüber. Ein Austausch des bislang verwendeten roten Mainsandsandstein durch einen roten weniger tonmineralreichen und dichteren roten Buntsandstein konnte hier die Werte verbessern.

Auch das dynamische E-Modul an den Prüfkörpern der Serie 2 lag sehr günstig im Vergleich zum Tuffstein. Generell zeigte sich, dass der Einfluss der unterschiedlichen Bindemittelkombinationen von Syton X30 mit K9 bzw. K 498 oder D340 gering war, einen höheren Einfluss übten die Zuschläge aus. Dies betraf sowohl die feuchtetechnischen als auch Festigkeitseigenschaften bzw. die Steifigkeit.

Neben der Bewertung von einzelnen Eigenschaften zeigte auch die summarische Umweltsimulationsprüfung und das Verhalten der Musterachse am Objekt über einen Winter, dass die Anpassung der Steinerfüllungsmörtel und Schlämmen an den Tuff gut gelungen war. Strukturell wiesen die Steinerfüllungsmörtel nach 109! Bewitterungszyklen keine Schäden und nur minimale Abwitterungen auf. Auch die getesteten Schlämmen haben der Bewitterung sehr gut Stand gehalten. Die Untersuchung der Steinerfüllungsmörtel im Raster-Elektronen-Mikroskop lässt eine offenporige Gefügeentwicklung für die eingesetzten Bindemittel Ludox und Sytonhybride erkennen. In

allen Fällen ist auch eine gute Einbindung der Zuschlagspartikel gelungen. Die Hybridbindemittel sind ohne erkennbare Schwindrisse ausgehärtet. Die optische und haptische Prüfung der Musterachse vor Ort hat einen sehr guten Zustand nach einem Winter Freibewitterung gezeigt. Schälwiderstandsmessungen haben sehr gute Ergebnisse und nur wenige abgelöste Körner von den Oberflächen der Antragsungen ergeben. Auch die Messung der kapillaren Wasseraufnahme vor Ort hatte zu guten Werten, die im Streubereich des Tuffes liegen, geführt.

Ein mit Kaiserstühler Tuff kompatibles Bindemittel bzw. eine Kombination aus zwei verschiedenen Bindemitteln - Kieselsol und Dispersion - in Verbindung mit Steinmehlen und -Körnungen für Schlämmen und Ergänzungen wurde somit als positives Ergebnis des Vorprojektes gefunden. Hieraus ergibt sich ein vollständiger Werkzeugkasten für die Konservierung geschädigter Bereiche und die Ergänzung von kleineren bis mittelgroßen Fehlstellen an Kaiserstühler Tuff. Der Austausch von vielen, z.T. auch nur leicht geschädigten Steinen, wie er bei der Sanierung des Breisacher Münsters noch als unumgänglich angesehen wurde, kann am Rheintor auf die tatsächlich extrem geschädigten Steine reduziert werden. Die hier entwickelten Konservierungsmittel stehen in Zukunft allen Projekten mit Kaiserstühler Tuff zur Verfügung und können helfen, Originalsubstanz zu erhalten und den teuren Austausch von Steinen sowie den Verbrauch der abgebauten und eingelagerten Werksteinblöcke zu minimieren.