

**Gasthaus „Goldener Ochsen“ in Karlsruhe/Grötzingen, Schultheiss-Kiefer-Straße 28**

**Restaurierung eines Sandsteintores  
- Dokumentation -**



Ansicht von Nordosten

# **Untersuchungs- und Restaurierungsbericht**

|                        |                                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Objekt</b>          | <b>Ehem. Gasthaus „Goldener Ochsen“<br/>Schultheiss-Kiefer-Str. 28<br/>76229 Karlsruhe-Grötzingen</b> |
| <b>Fassadenbereich</b> | <b>Torbogen aus Sandstein<br/>Nord-Ost-Fassade zur Friedrichstr. orientiert</b>                       |
| <b>Flurstück</b>       | <b>543</b>                                                                                            |
| <b>Auftraggeber</b>    | <b>Artektekt GmbH &amp; Co KG<br/>Seboldstr.3/Zur Giesserei 29<br/>76227 Karlsruhe</b>                |
| <b>Ausführung</b>      | <b>Fa. Böckmann Restaurierungen<br/>Dipl.-Ing. Ulrich Böckmann<br/>Karlstr. 6<br/>76437 Rastatt</b>   |
| <b>Zeitraum</b>        | <b>12/2017 - 7/2018 – Stand: 15.07.2018</b>                                                           |

# **Inhaltsverzeichnis**

**I.1 Objektidentifikation**

**I.2 Veranlassung**

**I.3 Lageplan**

**I.4 Objektbeschreibung**

## **II. Verwitterungsformen und Schadensmuster – Sandstein und Mauerwerk**

### **II.1 Witterungsbedingte Schäden an Sandsteinen**

**II.1.1. Verwitterungsarten**

**II.1.2. Verwitterungsmechanismen**

**II.1.3. Verwitterungsformen**

## **III. Befundprotokoll – Fotodokumentation**

**III.1. Fotodokumentation Befundprotokoll SO-Fassade**

**III.2. Fotodokumentation Befundprotokoll NO-Fassade**

**III.3. Fotodokumentation Befundprotokoll NW-Fassade**

**III.4. Fotodokumentation Befundprotokoll SW-Fassade**

## **IV. Zusammenfassung und Auswertung**

## **V. Quellenverzeichnis**

## **Anhang**

**DVD mit den Texten, Kartierungen und Fotos dieser Dokumentation als pdf.-Datei**

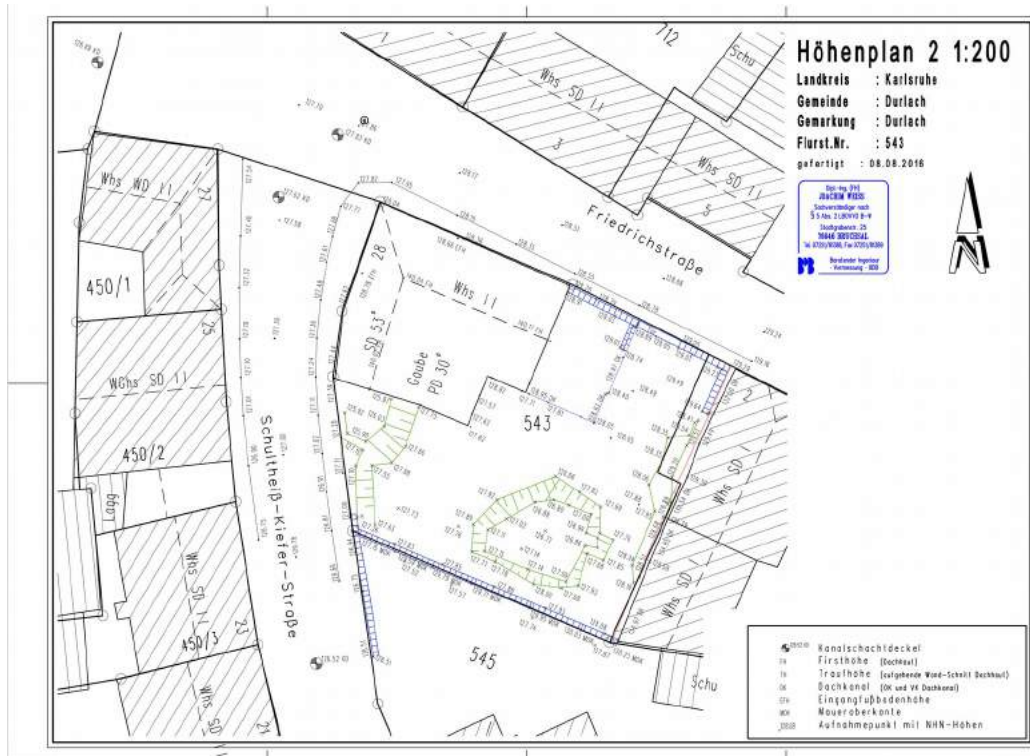
## I.1 Objektidentifikation

|                                  |                                                                                                                 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adresse                          | Ehem. Gasthaus „Goldener Ochsen“<br>Schultheiss-Kiefer-Str. 28<br>76229 Karlsruhe - Grötzingen                  |
| Eigentümer/<br>Auftraggeber      |                                                                                                                 |
| Flurstück                        | 543                                                                                                             |
| Bauzeit<br>Bauherr<br>Architekt  | um 1618<br>Anna Beckerin<br>unbekannt                                                                           |
| Denkmalisten-Nr.                 |                                                                                                                 |
| Belegenheit und<br>Kennzeichnung | um 1618 errichteter und darauffolgend mehrmals umgebauter Torbogen<br>Kulturdenkmal aus geschichtlichen Gründen |
| Tag der Eintragung               |                                                                                                                 |
| Gegenstand der<br>Untersuchung   |                                                                                                                 |
| Auftraggeber<br>Auftraggeber     |                                                                                                                 |
| Ausführende Firma                | U. Böckmann Restaurierungen<br>Dipl.-Ing. Ulrich Böckmann<br>Karlstraße 6<br>76437 Rastatt                      |
| Bearbeitungszeitraum             | Dezember 2017 - Ende August 2018                                                                                |
| Denkmalpflegerische<br>Betreuung | RP Karlsruhe Referat 26                                                                                         |
| Verteiler                        |                                                                                                                 |

## I.2. Veranlassung/Aufgabe

Das durch die Rohbaufirma im Zuge der Tiefbauarbeiten rückgebaute Sandsteintor bzw. deren vorhandene auf dem Baugelände lagernden Bestandteile (Bogensegmente und Gewände) sind abzutransportieren, die einzelnen Bogensegmente soweit es möglich ist zu restaurieren bzw. zu konservieren, ggfs. Fehlstellen zu ergänzen oder zu rekonstruieren, sicher zwischenlagern und für den Wiederaufbau bzw. Integration in den Neubau vorzubereiten und abschliessend wieder ein- bzw. aufzubauen. Der Rückbau erfolgte am 21.11.2017 durch die Rohbaufirma. Die erste Ortsbegehung und Bestandsaufnahme unsererseits fand allerdings erst nach dem Rückbau am 22.11.2017 statt

### I.3 Lageplan



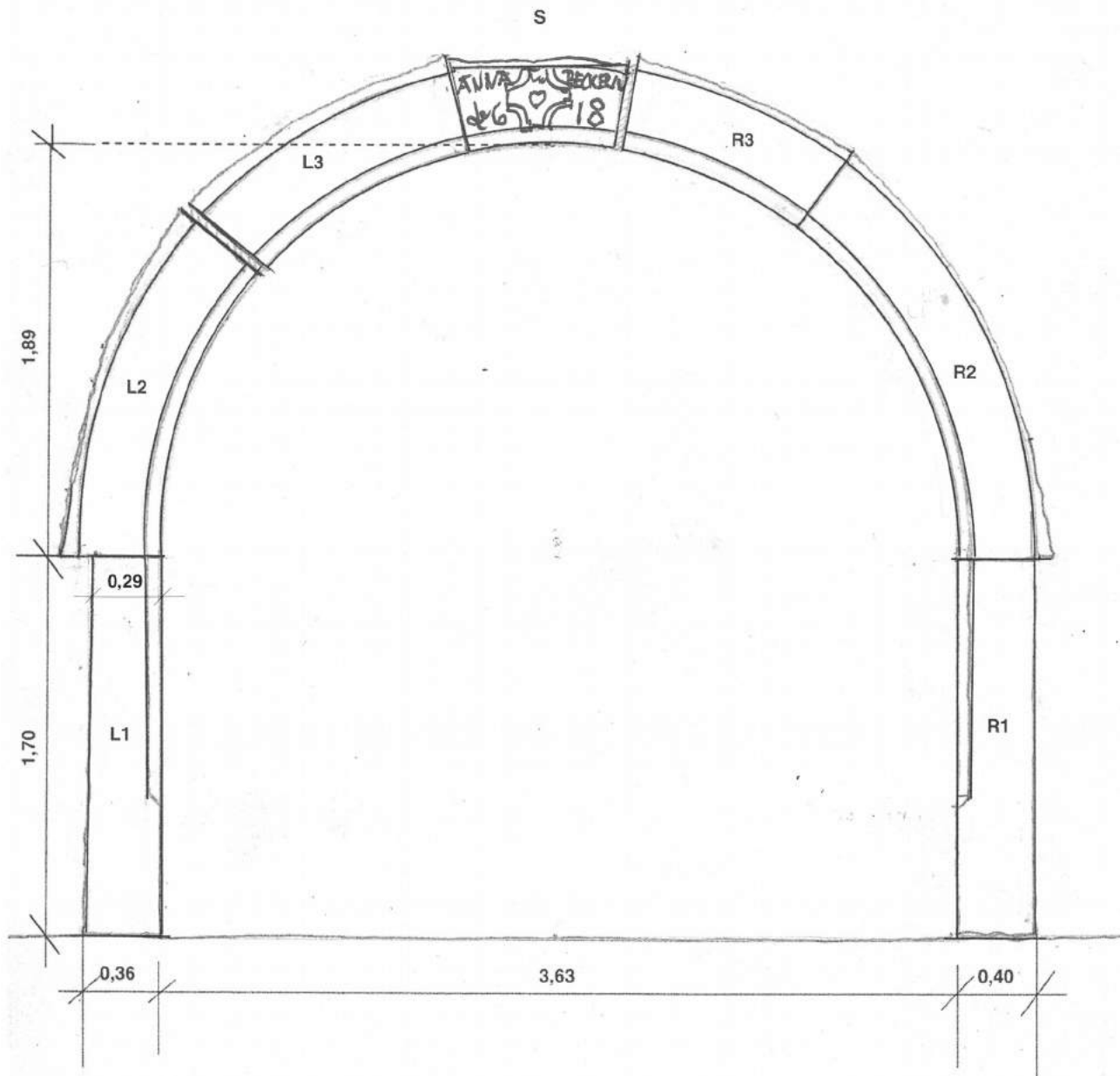
#### I.4. Objektbeschreibung



Torbogen in eingebautem Zustand vor dem Rückbau

Der fünfteilige halbkreisförmige Torbogen besteht aus rötlichem Sandstein regionaler Herkunft (vermutlich Pfinztaler Sandstein, dessen Abbau bereits in den 1980ern endgültig eingestellt wurde). Die Bogenansätze lagern auf massiven jeweils einteiligen Gewänden (s. nachfolgende Skizzen). Die Halterungen bzw. Kloben des zwei-flügeligen Holztors sind an den Leibungen angebracht, sodaß die Torflügel nach innen zu öffnen waren. Das gesamte Tor war vollständig in das Mauerwerk integriert und bündig zu den Wandungsflächen an- bzw. eingeputzt. Der Bogenverlauf wurde lediglich durch die Farbbeschichtung vom Mauerwerk optisch hervorgehoben – das Fugenbild bzw. der Fugenverlauf der Bogensegmente waren jedoch dadurch nicht bzw. kaum erkennbar. Auf dem Schlußstein befindet sich ein reliefartig hervorgehobener Wappen als Zierelement sowie die Jahreszahl und der Name der „Bauherrin“ (ANNA BECKERIN 1618).

Skizze 1 und 2: Darstellung und Bezeichnung der Bogensegmente aus Sandstein (ohne Maßstab):



1.)

Bezeichnung: L1 Gewände/Kämpfer links ; L2 unteres Bogensegment links ; L3 oberes Bogensegment links ; S Schlußstein ; R1 Gewände/Kämpfer rechts ; R2 unteres Bogensegment rechts ; R3 oberes Bogensegment rechts.

Ansicht v. links



Schnitt mittig



2.) Schnitt mittig stellt gleichzeitig die Ansicht der rechten Innenleibung dar



## I.5. Leistungsbeschreibung

Leistungsbeschreibung/Konzept (gemäß Angebot vom 6.12.2017 – erstellt nach Rückbau des Sandsteintors durch Rohbau firma – und den Vorgaben des Stadtkonservators bzw. LAD vom 2.03.2018 ):

Aufladen vor Ort mittels bauseitig vorhandenen Kran und Abtransport (evtl. 2 Fahrten) in Werkstatt zwecks Restaurierung, Ergänzung (Rekonstruktion eines Bogensegments und sonst. vorhandene Fehlstellen) , Zwischenlagern bis zum Zeitpunkt des Wiederaufbaus.

Leistungen im Einzelnen:

- Abtransport, Entladen und abschl. Einlagern
- Loses Zusammensetzen des Sandsteinrundbogens liegend im Werkstatthof zwecks Dimensionierung und Herstellen einer Schablone für zu ersetzendes Bogensegment
- Abtragen von Mörtelresten an den Fügungsflächen sowie der Farbbeschichtung (die oberen Schichten mechanisch, die untersten Schichten schonend im Niederdruck-Nebelstrahlverfahren Rotec) bis auf die Sandsteinoberfläche inkl. Dokumentation der Farbschichtenabfolge nach NCS , ggfs. Festlegung einer möglichen Farbfassung nach dem Wiederaufbau in Absprache mit den Denkmalbehörden.
- Einlagern auf Paletten bis zum Zeitpunkt des Wiederaufbaus.
- Herstellen und Liefern eines Bogensegmentes aus rötlichem Sandstein (Dimensionierung: ca. 1,50 x 0,30 x 0,40 m), Anpassen der Profilierung und Oberflächenbearbeitung an Bestand. Der zu verwendende Sandstein ist in Textur bzw. Oberflächenbeschaffenheit und Farbigkeit dem Bestand anzupassen. (petrografischer Nachweis)
- Herstellen der Bohrungen für die Verankerungen an allen Einzelsegmenten des Torbogens, Dimensionierung und Einpassen der jeweils zugehörigen Edelstahlanker (in V4A-Stahl) für den Wiederaufbau.
- Ergänzen von Fehlstellen mit Passstücken (Vierungen) einschliesslich Angleichen an Bestand.
- Anliefern und Aufbau der Einzelteile des Bogens im Zuge der Rohbauarbeiten, Herstellen einer Schablone für die bauseitig zu erstellende Setzrinne (Hilfskonstruktion aus Holz und Stahlstützen) – in Abstimmung mit Rohbaufirma.

Foto 1 und 2: Bogensegmente nach Rückbau bei erster Ortsbegehung und Bestandsaufnahme:



1.)



2.)

### Bestandsaufnahme vor Ort :

Bei erster Besichtigung bzw. Ortsbegehung befanden sich der bereits in seine sieben Einzelteile zerlegte Torbogen noch auf dem Baustellengelände, um von dort, aufgrund der nicht vorhandenen Lagerungsflächen, zur Restaurierung abtransportiert zu werden. Bei erster Inaugenscheinnahme ergab sich folgende Situation: An den Fügungsflächen der Einzelsegmente waren zum Teil noch dicke Zementmörtelschichten vorhanden. Das Bogensegment R3 war aufgeschiefert und in mehrere Teile zerbrochen – allerdings war ein Großteil des Segments bereits durch Beton hinterfüllt, sodaß der ursprüngliche Sandsteinquerschnitt im Vergleich zu den anderen Segmenten ohnehin nicht mehr vorhanden war. Dies liess bereits im Vorfeld den Schluß zu, daß der gesamte Torbogen bereits mindestens einmal zerlegt und wieder zusammengesetzt wurde. Die Abstände der Fügungsflächen



(teilweise bis zu 4 cm ) waren erheblich - erkennbar an den vorhandenen zentimeterdicken Vergussmörtelresten. Die Ansichtsflächen bzw. Sichtflächen des Sandsteins waren teilweise einerseits zwecks Ausgleich mit Kalkglätte überputzt und mit Farbe in erheblicher Schichtstärke deckend beschichtet sodaß die Oberflächenbearbeitung und Struktur des Sandsteins nicht mehr erkennbar war. Das Wappen und die vertieft eingehauene Inschrift des Schlußsteins als Zierelement war durch eine Goldlackfassung hervorgehoben.



3.)

#### Freilegung der Bogensegmente:

Nach Abtransport und Lagern in der Werkstatt wurde die Beschichtung der Bogensegmente vorsichtig abgetragen. Dies geschah einerseits durch manuell – mechanisches Abtragen der Putzschichten an den davon betroffenen Bereichen und maschinell, unter Verwendung des IOS-Verfahrens (Niederdruck-Partikelstrahlverfahren), zur behutsamen oberflächenschonenden und restlosen Ablösung der Farbbeschichtungen auf der Sandsteinoberfläche. Zuvor wurde eine stratigrafische Farbabfolgenuntersuchung durchgeführt, um die einzelnen und unterschiedlichen Farbfassungen den einzelnen Epochen zuzuordnen und zu dokumentieren. Ausserdem traten nach Freilegung des Sandsteins die unterschiedlichen vorhandenen Verwitterungsschäden zutage deren Muster nachfolgend eingeordnet bzw. definiert werden und teilweise auch an dem beschriebenen Sandsteinbogen zu erkennen sind:

#### Witterungsbedingte Schäden an Sandsteinen

Sandsteine bzw. Natursteine generell aber auch Werksteine sowie im Allgemeinen massive mineralische Baustoffe unterliegen unter dem Einfluss der Atmosphäre mehr oder weniger ausgeprägten Zerstörungsprozessen – der Verwitterung. Maßgebend für die Verwitterungsintensität sind neben klimatischen Einflüssen und Exposition auch die Materialbeschaffenheit. Nachfolgend wird eine kurze Übersicht der wesentlichen Verwitterungsmechanismen und die daraus resultierenden Verwitterungsschäden an mineralischen Baumaterialien insbesondere an Sandsteinen gegeben.

#### Verwitterungsarten

Verwitterung und die damit verbundenen Zerfallserscheinungen an Bauwerken aus Sandstein kann man auf diverse und zahlreiche Einzelprozesse zurückführen. Diese Einzelprozesse können in drei Hauptgruppen untergliedert werden - die physikalische, chemische und biologische Verwitterung. Allerdings stehen diese Einzelprozesse meistens in einem direkten Zusammenhang bzw. Abhängigkeit zueinander und treten selten gesondert für sich auf.

Die physikalische Verwitterung wird wesentlich durch mechanische Überbeanspruchung des Gesteins hervorgerufen – die Auswirkungen können von einer Lockerung bis hin zur vollkommenen Zerstörung des Bauteils reichen. Bei Temperatur bzw. Feuchteverwitterung werden durch die bereichsweise unterschiedlichen thermisch oder hygisch bedingt gesteinskädigende Spannungen aufgebaut. Der Frost-Tau-Verwitterung und Salzverwitterung geht durch entsprechende Kristallisationsprozesse eine Reduzierung des Porenraumes voraus - einhergehend mit einem Aufbau schädigender Innendrucke gegen die Porenwandungen – durch Osmose, Aus- bzw. Umkristallisation oder Kristallisation.

Die chemische Verwitterung wird dagegen durch eine stoffliche Veränderung verursacht, der eine Zersetzung oder sogar eine Auflösung chemisch anfälliger Gesteinskomponenten folgt – hier spricht man von Lösungsverwitterung, hydrolytische Verwitterung, Oxidationsverwitterung bzw. Kohlensäure – verwitterung.

Die biologische Verwitterung lässt sich im wesentlichen entweder auf eine physikalische oder eine chemische Verwitterung zurückführen – z.B. Wurzelwachstum von Pflanzen, die eine mechanische Beanspruchung bewirken (physikalische Verwitterung) oder saure Stoffwechselprodukte von Pflanzen und Tieren, die zu Auflösungen führen (chemische Verwitterung) – hier sind wahlweise mechanisch-biologische bzw. chemisch-biologische oder mikrobiologische Verwitterungsprozesse gegeben.

### Verwitterungsmechanismen

Eine besondere Bedeutung, gerade in unseren mitteleuropäischen Breitengraden, kommt der physikalischen Verwitterung zu. Viele Schäden an Natursteinbauwerken werden auf stetig wechselnde Temperatur- und Feuchteeinwirkungen in Verbindung mit Frost oder Eisbildung zurückgeführt:

Temperaturverwitterung – Verwitterungserscheinungen resultieren im Wesentlichen als Folge von temperaturabhängigen Volumenänderungen der Gesteinsminerale. Unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten der gesteinsbildenden Minerale und auch deren anisotropes Ausdehnungsverhalten infolge von Temperaturänderungen führen zu Zwängungen bzw. Verzerrungen innerhalb des Gefüges. Dies führt zu unterschiedlichen Ausdehnungen und damit zu Spannungen, die durch das Korngefüge kompensiert werden müssen. Wenn diese Spannungen die Zugfestigkeit des Materials erreicht, kommt es zur Gefügelockerung. Dabei ist nicht nur die Wärmedehnung der Minerale maßgeblich, sondern auch deren Salzgehalt. Bedingt durch die vergleichsweise hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Salze können diese zu höheren mechanischen Beanspruchungen des Gesteinsgefüges führen. Viele tonig gebundene Sandsteine (z.B. Maintäler Sandsteine, Schilfsandsteine etc.) neigen aufgrund der teils sehr elastischen Kornverbindungen zu einem Spannungsabbau – bei dichten Gesteinen (Granite, aber auch kieselensäuregebundene Sandsteine etc.) können dafür viel grössere Temperaturspannungen entstehen.

Einmalige Temperaturänderungen führen nicht gleich zu einer Schädigung des Sandsteins. Vielmehr ist der Schädigungsmechanismus auf Ermüdungseffekte zurückzuführen, die mit jedem Temperaturwechsel eine allmählich fortschreitende Schädigung bewirken.

Feuchteverwitterung – Wasseradsorptions- und desorptionsvorgänge innerhalb des zugänglichen Porenvolumens und im Bereich von quelfähigen Strukturen führen zur Expansion bzw. Kontraktion des Gesteinsgefüges und verursachen damit die für die Feuchteverwitterung verantwortlichen Gefügebelastungen. Die Größenordnung der Belastungen hängt dabei vom Grad der Durchfeuchtung sowie von der Porenraumstruktur ab. So bewirken tonige Bindemittel aufgrund ihrer ausgeprägten Quelfähigkeit deutlich höhere hygrische Verformungen als kieselige Bindemittel.

Auch hier vollzieht sich die Gesteinsschädigung allmählich als Folge von ständig sich wechselnden Feuchte-

schwankungen im Gestein. Allerdings verlaufen die entsprechenden Anpassungen der Feuchteverhältnisse im Gestein deutlich langsamer – im Gegensatz zu den relativ schnell ablaufenden Anpassungen in den oberflächennahen Gesteinsbereichen bei der Temperaturverwitterung.

Frost-Tau-Verwitterung – Eine Gesteinsschädigung durch einen einmaligen Frostangriff ist im Wesentlichen vom Sättigungsgrad des mit Wasser füllbaren Porenraums abhängig. Lediglich bei annähernd wassergesättigtem Porenraum treten irreversible Dehnungen durch die Sprengwirkung des gefrorenen Wassers auf, die durch die Volumenvergrößerung bei der Phasenumwandlung von Wasser zu Eis verursacht wird. Ausschlaggebend sind dabei die mit den Sprengdrücken einhergehenden Beanspruchungen der Bindungen, welche beim Überschreiten derer Tragfähigkeiten zu einer Zerstörung des Kornverbundes führen.

### Verwitterungsformen und –schäden an Sandsteinen

Ein Verwitterungsschaden liegt vor, wenn infolge von Einflüssen aus Klima und Umwelt eine negative Beeinträchtigung der Materialeigenschaften stattgefunden hat. Hierbei wird unterschieden, ob die Veränderungen mit oder ohne Materialverlust stattgefunden hat. Hauptaugenmerk liegt hierbei auf die Schädigungen infolge physikalischer Verwitterung, die im Wesentlichen mit den Veränderungen der thermisch-hygrischen und auch den mechanischen Materialeigenschaften einhergehen.

Zu den häufigsten Erscheinungsformen von verwitterungsbedingten Schädigungen an massiven mineralischen Baustoffen, vor allem Sandsteinen, zählen neben den Verfärbungen und Verschmutzungen der Oberflächen insbesondere und vor allem Rissbildungen sowie Rückverwitterungen bzw. Reliefbildungen. Obwohl mit Verfärbungen, Verschmutzungen aber auch Ausblühungen an den Oberflächen meistens Veränderungen der Oberflächeneigenschaften verbunden sind, stellen solche Verwitterungsformen lediglich eine (vorerst) ästhetische Beeinträchtigung der Oberfläche dar, die meist als Vorstufe ausgeprägter Verwitterungsschäden angesehen werden. Dagegen sind Rückverwitterungen und Reliefbildungen stets mit einem offensichtlichen Materialverlust verbunden – diese werden in Abhängigkeit von Ausmaß und Größe der sich ablösenden Gesteinspartikel auch als Absanden, Abbröckeln oder Schalenbildung bezeichnet. Bei Reliefbildung zeichnen sich im Gesteinsmaterial selbst unterschiedliche Festigkeitseigenschaften verantwortlich.

Im Folgenden werden die einzelnen Verwitterungsformen mit ihren jeweiligen Festigkeitsprofilen dargestellt und erläutert. Bei einem Auflockerungsprofil findet ein allmählicher, aber kontinuierlicher Übergang vom ungeschädigten Gestein über beispielsweise Rissbildungen oder Abbröckeln schwach gelockerte Zone bis zu einer absandenden Aussenschicht statt. In Abhängigkeit vom Grad der Auflockerung nimmt die Gesteinsfestigkeit von innen nach aussen langsam ab. Beim Schalenprofil dagegen folgt auf den inneren ungeschädigten Gesteinsbereich zunächst eine gelockerte Innenschicht mit reduzierter Festigkeit, eine feste Aussenschale. Ähnlich verläuft es bei Krustenprofilen bei denen stark anhaftende Ablagerungen bspw. als Folge von Verschmutzungen oder Salzablagerungen aber auch (Farb)Beschichtungen zu einer bemerkenswerten Festigkeit direkt an der Gesteinsoberfläche führen können.

Nachfolgend sind im Wesentlichen die in der Baupraxis grundsätzlich auftretenden Erscheinungsformen von Verwitterungsprofilen und die daraus folgenden Schadensbilder aufgeführt:

### **Rissbildungen**

Ein Überschreiten der Zugfestigkeit führt zu einem Versagen der Kornbindungen zueinander und somit immer zu Rissbildungen. Dabei unterscheidet man zwischen gerichteter und ungerichteter Rissbildung - gerichtete Rissbildungen sind abhängig von der Textur, der Schichtung bzw. Bänderung vor allem bei Sedimentgesteinen bei der schichtparallele Risse entlang von Inhomogenitäten (z.B. Tonlagen) entstehen. Ungerichtete Risse sind dagegen unabhängig von der Gesteinstextur und entstehen eher durch ausserordentliche mechanische Belastungen.

Risse sind Schäden, die keinen unmittelbaren Materialverlust zur Folge haben. Jedoch kann über Risse eine schnellere Aufnahme von Feuchtigkeit und Schadstoffen in die Substanz erfolgen und damit andere Verwitterungsabläufe beschleunigen.

### **Rückverwitterungen**

Eine Rückverwitterung wird durch einen mehr oder weniger gleichmässigen Materialverlust parallel zur Oberfläche charakterisiert. Verwitterungsformen der Rückverwitterung sind das Absanden bzw.

Abmehlen (je nach Korngrösse bzw. Beschaffenheit), die Schalenbildung und auch die Krustenbildung, wenn mit dem Abfallen der Kruste auch ein Verlust des (Gesteins)materials einhergeht, sowie das Abbröckeln.

1. Absanden bzw. Abmehlen – Durch eine Schwächung und folglich Durchtrennung der Kornverbindungen zwischen den oberflächennahen Kornlagen wird der Kornverband aufgelockert und es folgt ein Abrieseln der Einzelkörner – bei Abrieseln kleinerer Partikel als das sichtbare Korn bezeichnet man dies auch als Abmehlen. Erkennbar ist diese Verwitterungsform durch eine partielle Erhöhung der Oberflächenrauigkeit. Dadurch wird auch durch die vermeintliche Oberflächenvergrößerung eine erhöhte Feuchtaufnahmefähigkeit begünstigt, was wiederum weitere Schadensmechanismen auslösen kann.

2. Abbröckeln – Durch unregelmässig verlaufende Risse im Oberflächengefüge werden Gesteinspartikel ausgebrochen. Dies steht insoweit im Gegensatz zum Absanden, da hierbei keine einzelnen Körner bzw. Partikel abgelöst werden, sondern zusammenhängende Partikelagglomerate, die sich in einer Größenordnung von mehreren Quadratzentimetern bewegen können. Ein weiterer Unterschied zum Absanden besteht darin, daß das Abbröckeln eher bei homogenen Gesteinspartien erfolgt im Gegensatz zu einer ausgeprägten Schichtung (Sedimentation) beim Absanden.

3. Schalen- und Schuppenbildung – Schalenbildung zeichnet sich durch die Entstehung einer wenige Millimeter dicken, entfestigten, mehlig-sandigen Schicht bis in eine Tiefe von ca. 2 cm unter einer festen Gesteinsoberfläche aus. Es entsteht eine oberflächenparallele Schwächungszone zwischen gesundem Kerngestein und einer festen Aussenschicht. Mit fortschreitender Schädigung erweitert sich die geschwächte Zone soweit bis die Oberfläche den Zusammenhalt mit der Kernzone verliert und sich als Schale ablöst. Beeinflusst wird die Dicke der Schale durch die Wasseraufnahmefähigkeit, der Korngrößenverteilung und des Bindemittelgehaltes. Dicke Schalen bilden sich vor allem bei grobkörnigen Gesteinen, dünne Schalen eher bei feinkörnig-bindemittelreichen Gesteinen. Von Schuppenbildung spricht man dann, wenn die sich ablösenden Gesteinsbereiche eine geringe Grösse und Dicke aufweisen. Schuppen- bzw. Schalenbildungen können einander begünstigen.

4. Krustenbildung - Krusten bilden sich auf der Oberfläche durch stark anhaftende Ablagerungen von atmosphärischem Staub, Rußpartikel, Salzen und Staub und haben meist eine dunkle, schwarze bzw. graue Färbung. Sie bilden sich vorwiegend an wettergeschützten Bereichen, wo diese Ablagerungen nicht durch Witterungseinflüsse ausgewaschen und damit entfernt werden können und sich deshalb dort anreichern. Durch ihre meist dichtere Struktur entsteht durch Krusten ein Feuchtigkeitsstau und kann dadurch den Zerfall beschleunigen, da durch Ablösung der Kruste daran anhaftendes Gestein mit abfällt.

Der Vollständigkeit wegen sollen auch noch **Reliefbildungen** als Verwitterungsform kurz beschrieben werden, obwohl diese bei dem untersuchten Objekt eine untergeordnete bis gar keine Rolle spielen: Bei Reliefbildungen unterscheidet man prinzipiell, ob eine partielle oder selektive Verwitterung einzelner niederfester Bereiche erfolgt. Erscheinungsformen der partiellen Verwitterung sind die sog.

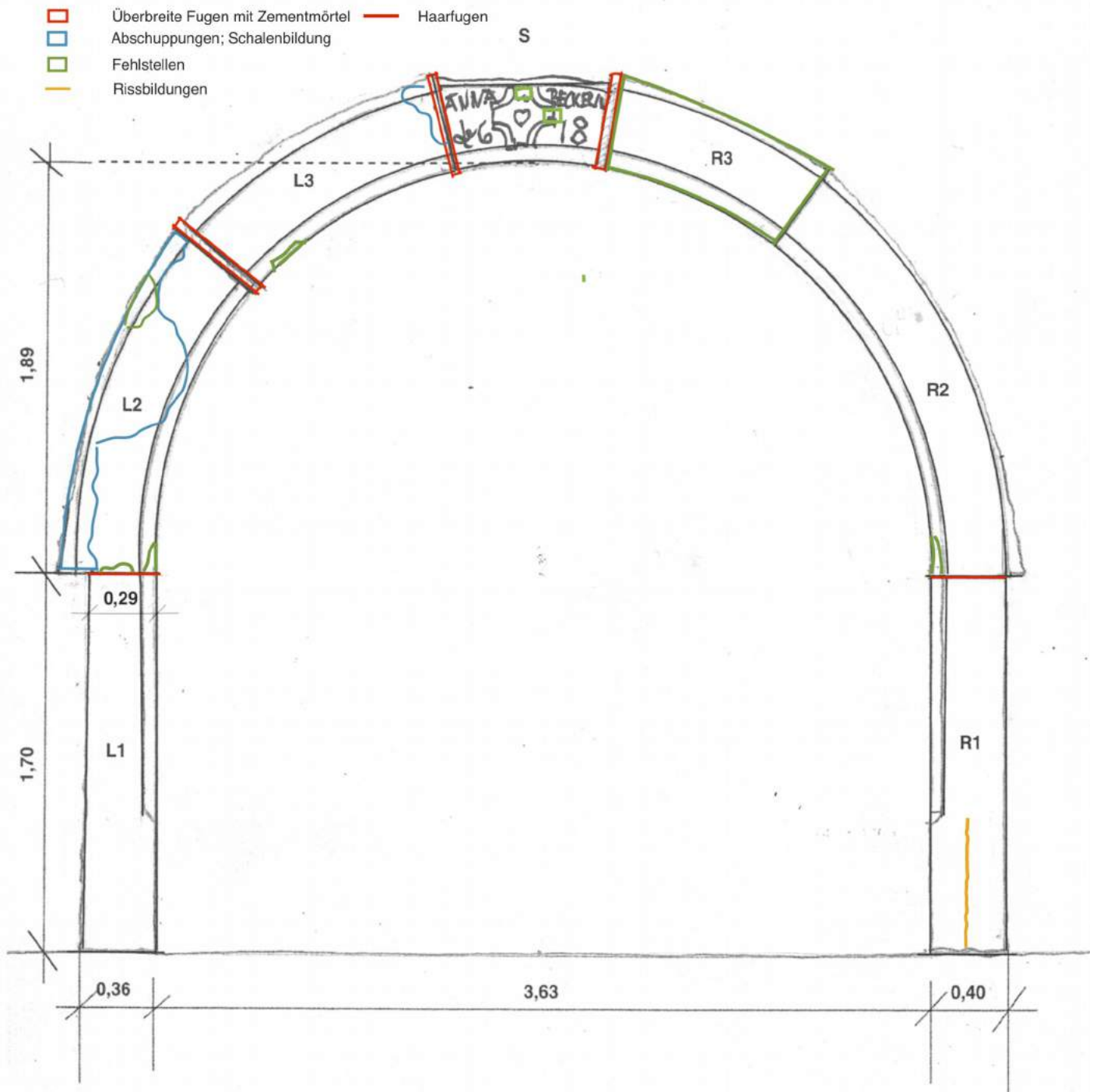
Wollsackverwitterung und die Alveolarverwitterung. Die Wollsackverwitterung erkennt man an abgerundeten Ecken sowie Kanten beispielsweise an Steinquadern im Mauerwerksverband – die zentralen Bereiche der Einzelquader bleiben dabei weitestgehend erhalten. Im umgekehrten Fall, wenn der Randbereich gut erhalten ist, jedoch der zentrale Bereich durch bspw. einer Muldenbildung abgewittert ist, spricht man von einer Rahmenverwitterung. Wenn mehrere einzelne Vertiefungen die Reliefbildung charakterisieren nennt man dies Alveolarverwitterung.

Wenn die Verwitterung im Zusammenhang mit der Textur, d.h. Schichtung bzw. Bänderung, steht im

Sinne von verwitterungsanfälligen Gesteinskomponenten spricht man von einer selektiven Verwitterung. Diese verwitterungsanfälligeren Bereiche können sowohl Toneinlagerungen, sogenannte Ton- bzw. Lehmester, wie auch fossile Rückstände bzw. Bruchstücke sein.

Nach Beschreibung und Charakterisierung der hier dargestellten Verwitterungsformen bleibt nochmals anzumerken, daß meistens eine Kombination unterschiedlicher Schädigungsmechanismen maßgeblichen Einfluss auf das jeweilige Schadensbild hat. Das Zusammenspiel mehrerer Einwirkungen führt zunächst zur Lockerung des Gefüges und stellt somit erst dann die Angriffsflächen für grössere Schädigungen.

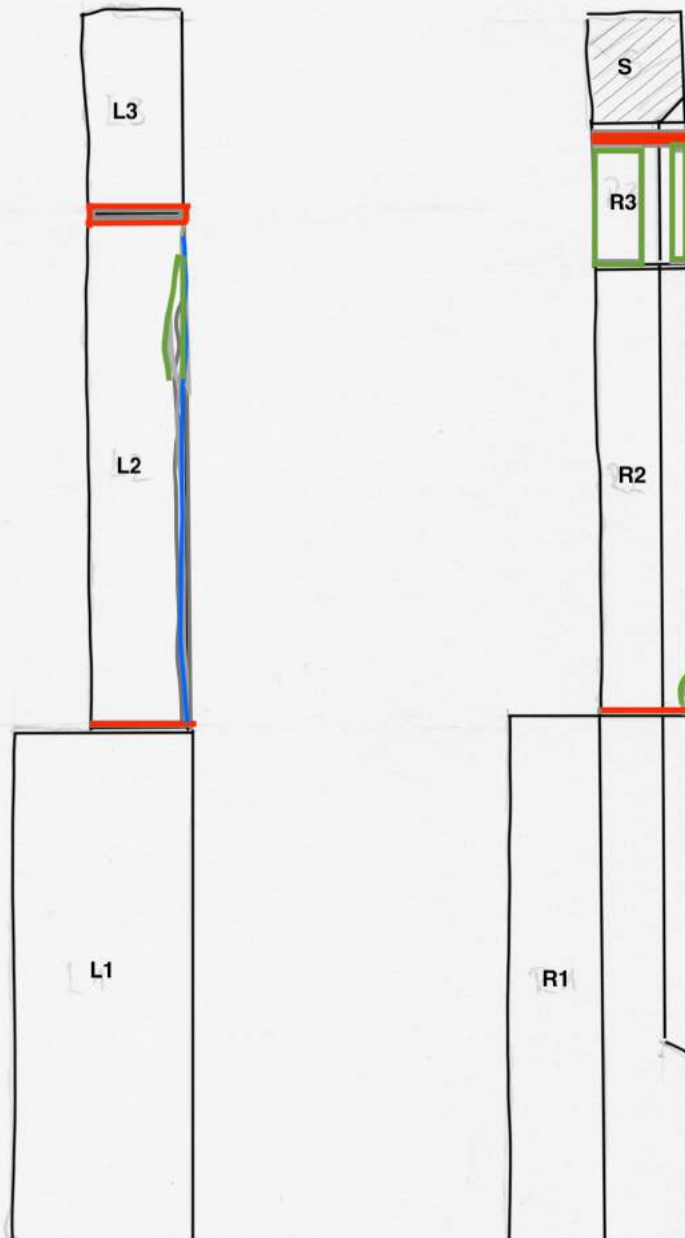
#### Schadenskartierung:



Zeichnung 3.) Ansicht von NO

Ansicht v. links

Schnitt mittig



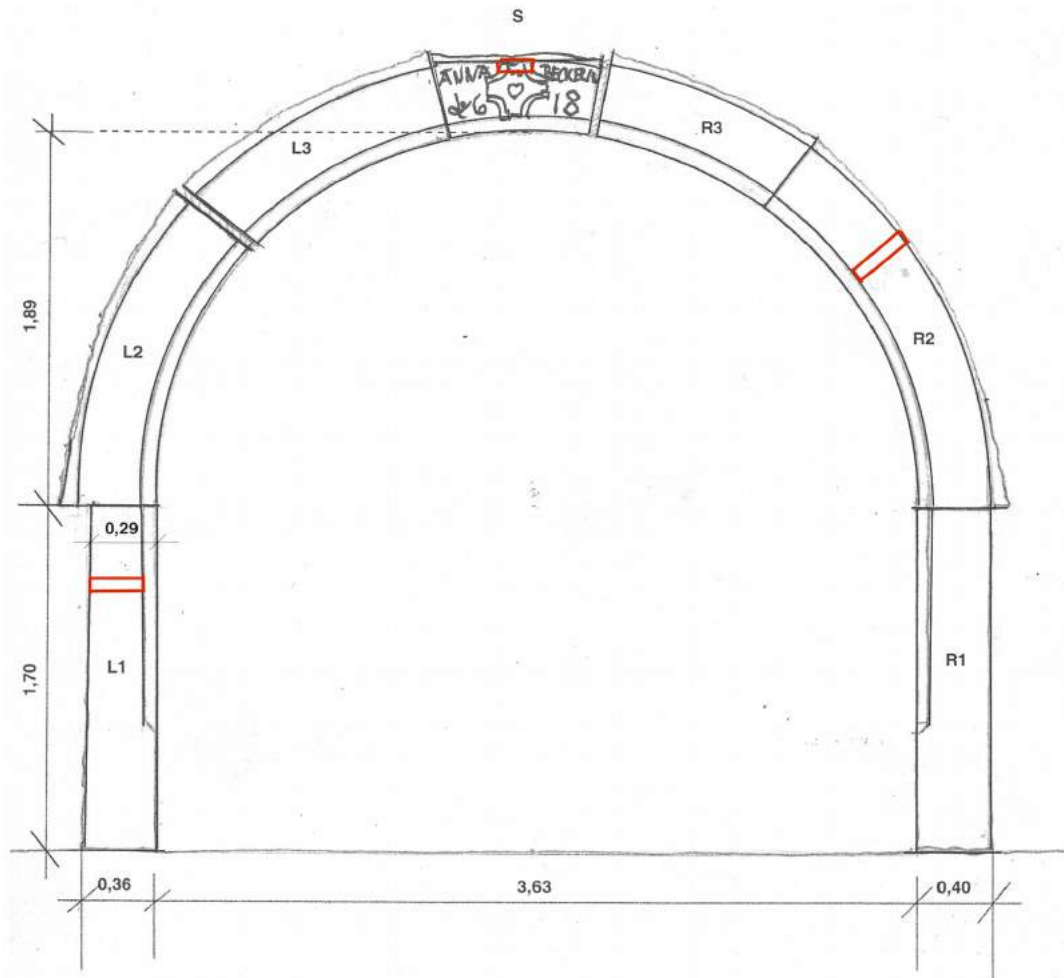
-  Haarfugen und Überbreite Fugen mit Zementmörtelrest
-  Abschuppungen und Schalenbildung
-  Fehlstellen

Zeichnung 4.) Schnitte

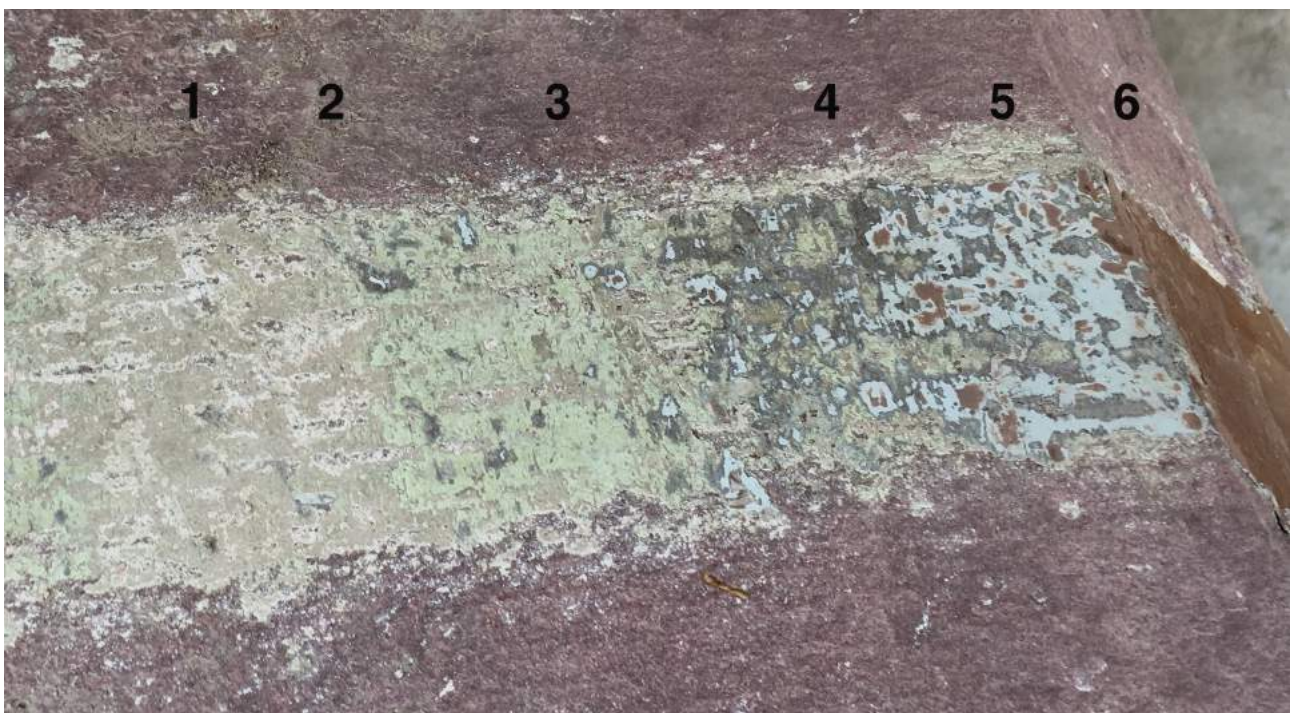


## Befunduntersuchung und Dokumentation der Farbfassungen

Lage der untersuchten Bereiche (rot markiert):



Befund Bauteil L1 (Gewand linke Seite):





Freigelegte Farbabfolge (Stratigraphie) ergaben 6 unterschiedliche Farbschichten

| Schichtenfolge                    |               | NCS-Zuordnung                                                                                        |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schicht                           | Fassung       |                                                                                                      |
| 0 Sandstein                       |               |                                                                                                      |
| 1 Farbschicht (Leimfarbe ?)       | Hellocker     | <br>S 20230 Y20 R |
| 2 Farbschicht (Leimfarbe ?)       | Dunkelocker   | <br>S 4020 Y30 R  |
| 3 Farbschicht                     | Blassgrün     | <br>S 2010 G60 Y  |
| 4 Anstrich Ölfarbe                | Umbra dunkel  | <br>S 8005 Y80 R  |
| 5 Anstrich Ölfarbe                | Weiß bläulich | <br>S 0505 R90 B  |
| 6 Anstrich Aussendispersionsfarbe | Dunkelbraun   | <br>S 6020 Y50 R  |

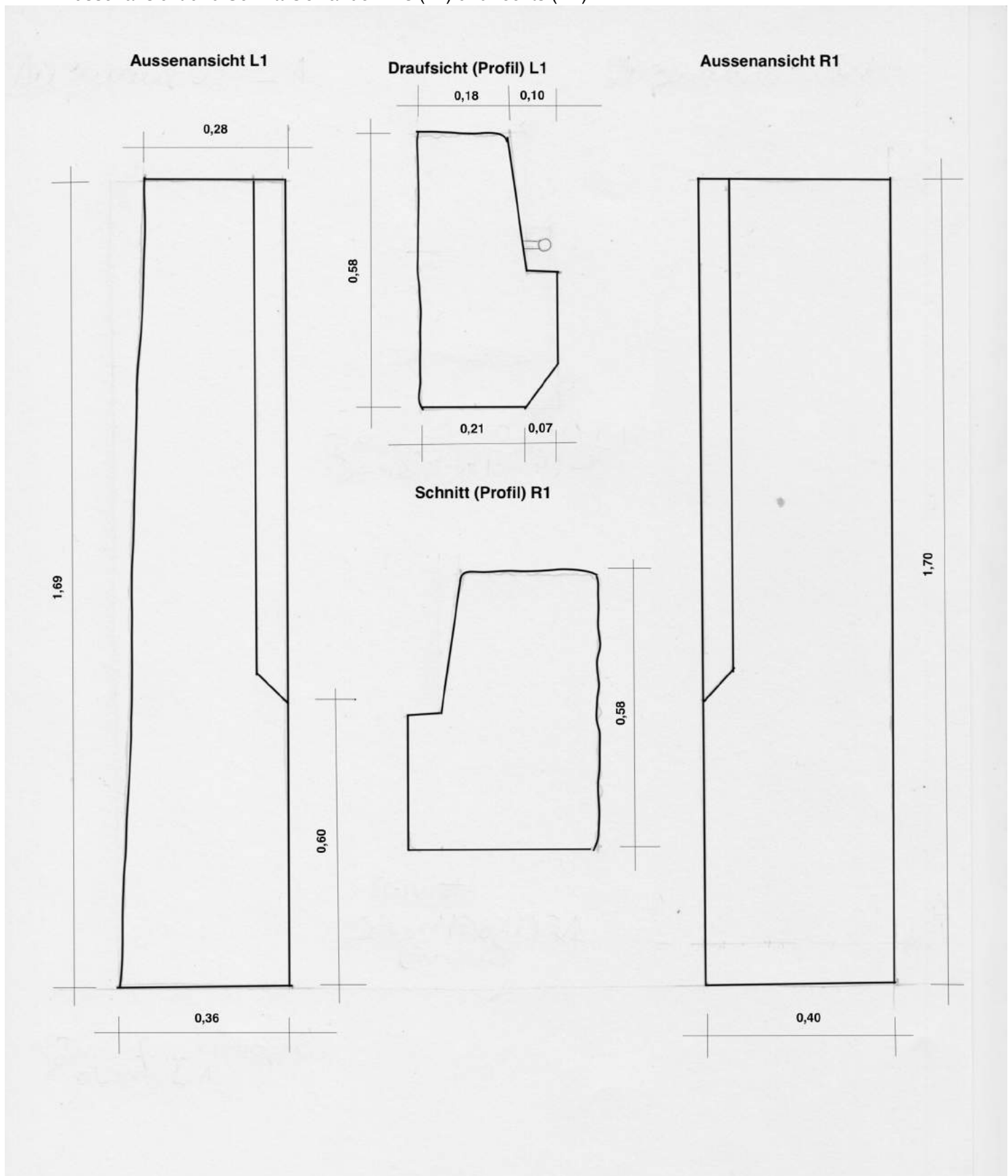
Befund Bauteil R 2 (Bogensegment rechte Seite):



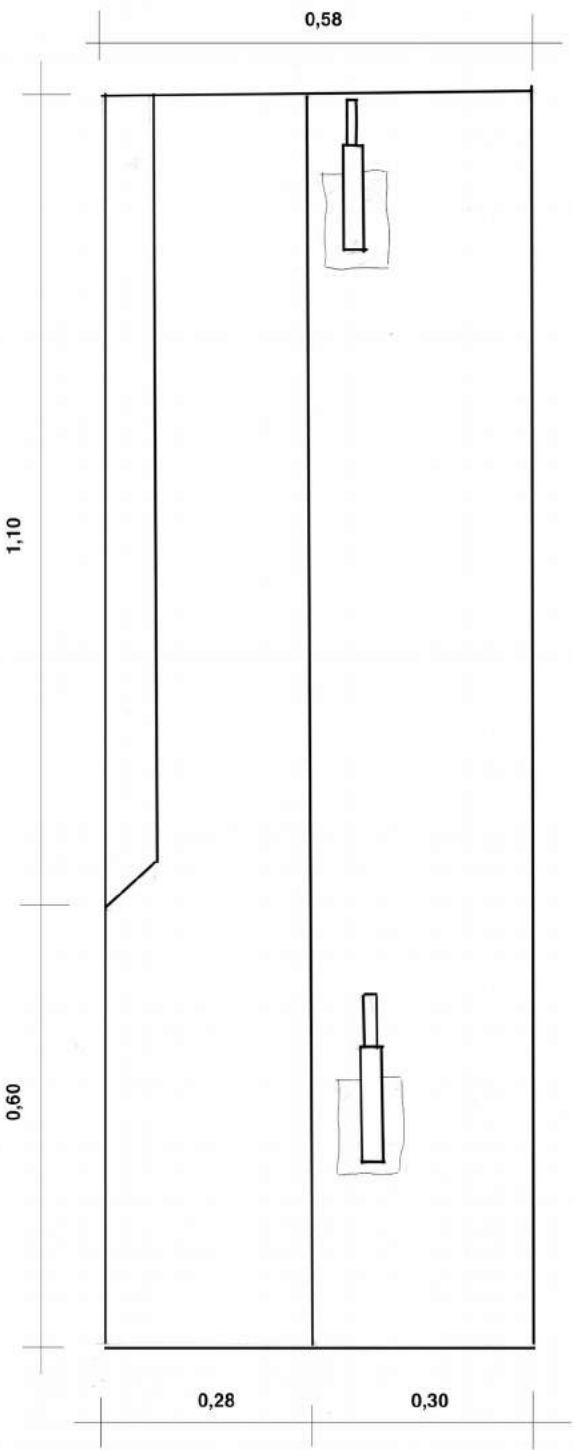
Die Farbabfolgen entsprechen sich an allen Bauteilen

## Zeichnerische Bestandsaufnahme der Sandsteinsegmente

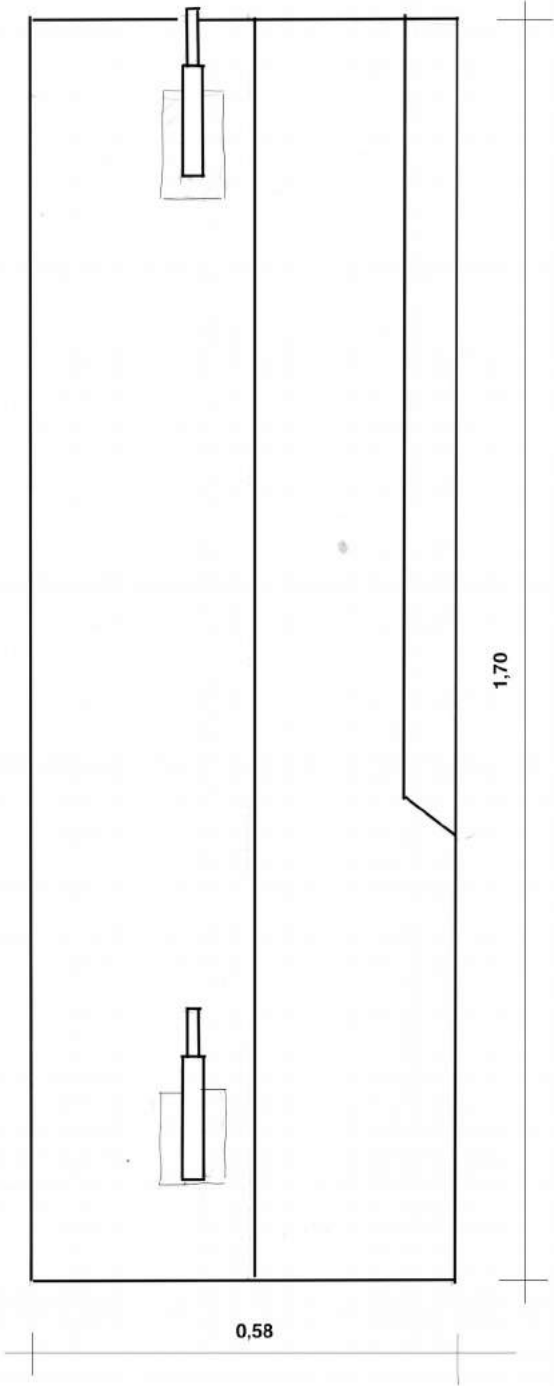
Aussenansicht und Schnitt Gewände links (L1) und rechts (R1)



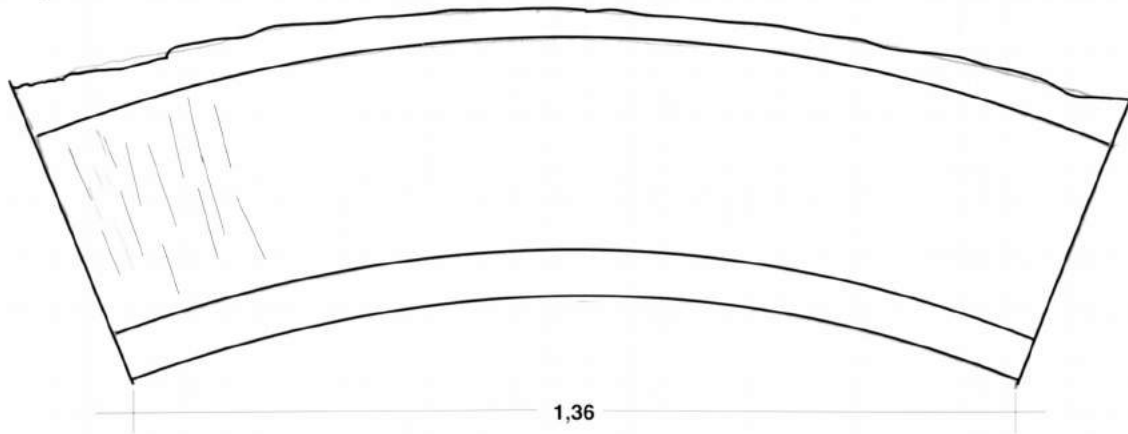
Leibung innen - Ansicht L1



Leibung innen - Ansicht R1



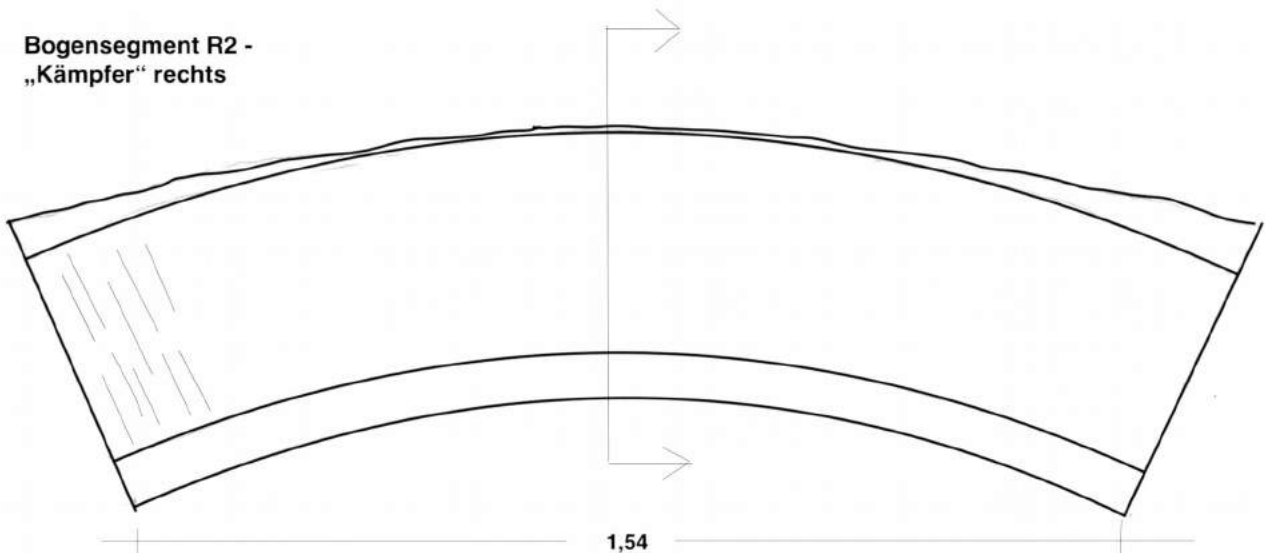
**Bogensegment L2 -  
„Kämpfer“ links**



Anschluß unten an Gewände L1

Anschluß Bogensegment L3

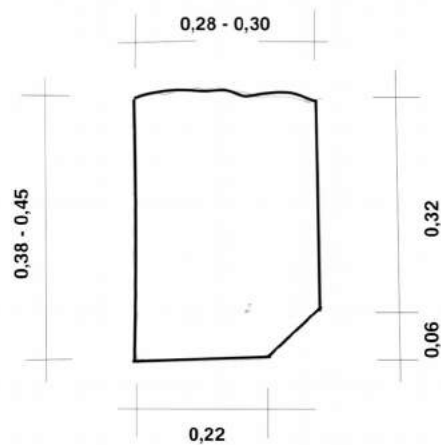
**Bogensegment R2 -  
„Kämpfer“ rechts**



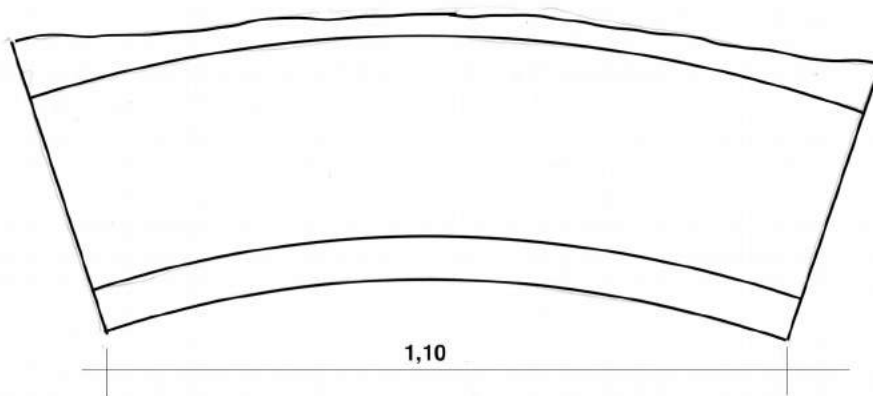
Anschluß Bogensegment R3

Anschluß unten an Gewände R1

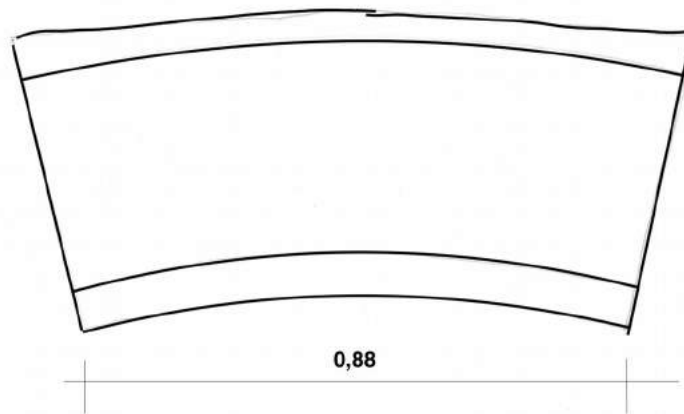
**Querschnitt R2**



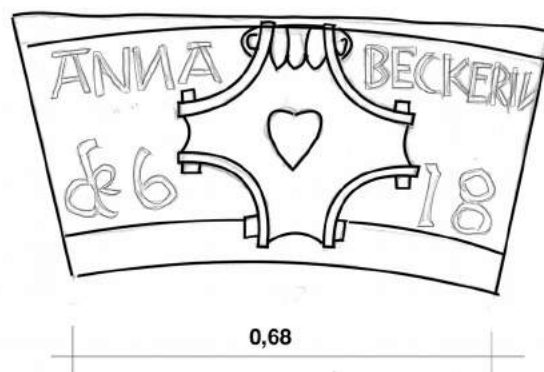
**Bogensegment L3**



**Bogensegment R3**

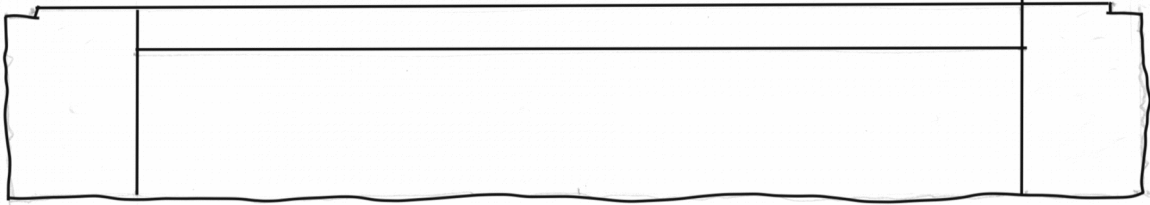


**Schlußstein S**

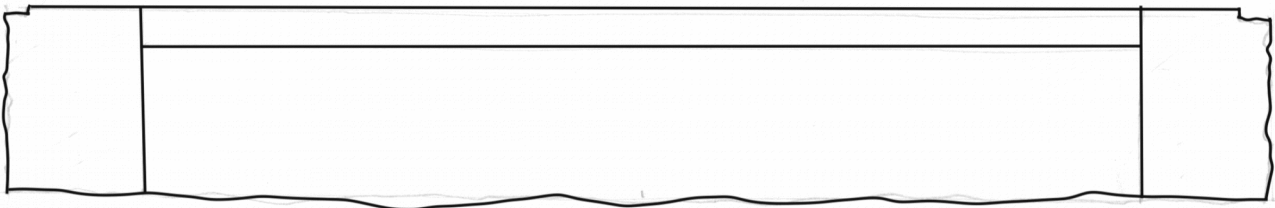




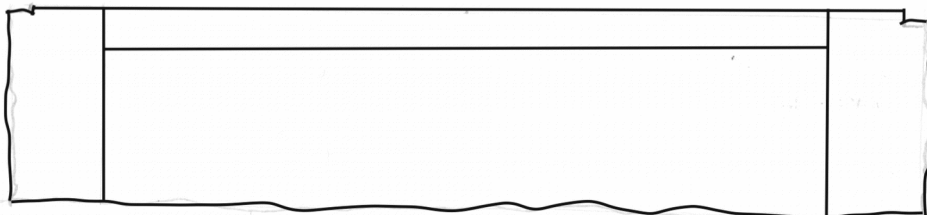
## L2 Leibung - Untersicht



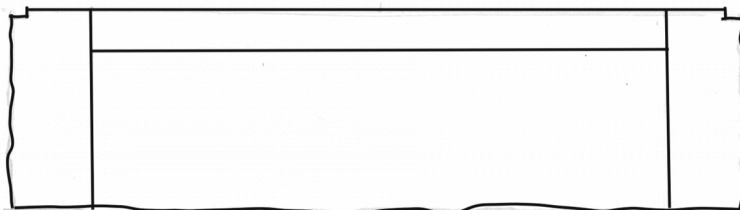
## R2 Leibung - Untersicht



## L3 Leibung - Untersicht



## R3 Leibung - Untersicht



**Fotodokumentation der einzelnen Restaurierungsschritte nach Abbau und temporärer Einlagerung.**

**1.)**

Manueller bzw. mechanischer Abtrag der oberen zwei bis drei Farbbeschichtungen (s. Schichtenabfolge: Nr. 6 bis Nr. 4) und der rückseitig zum Teil noch vorhandenen Putzschicht. Die unteren und älteren Farbfassungen (Nr. 3 bis Nr.1) wurden im IOS-Verfahren oberflächen- und substanzschonend abgetragen :



Bogensegment R2 und L3 – teilweise sind unter der Beschichtung abschuppende Bereiche vorhanden (L3)



Gewände (Kämpfer) rechte Seite (R1) – während und nach der kompletten Freilegung (im IOS-Verfahren)





Oberes Bogensegment links (L 3)- nach manueller Freilegung der oberen 2 Farbschichten



Oberes Bogensegment links (L 3) nach Freilegung im IOS – Verfahren





Unteres Bogensegment links (L 2) nach Freilegung im IOS-Verfahren





- 2.) Zusammensetzen des Torbogens liegend zur Rekonstruktion des zerstörten und nur noch in Teilen vorhandenen Bogensegments R 3 (rechte Seite oben)







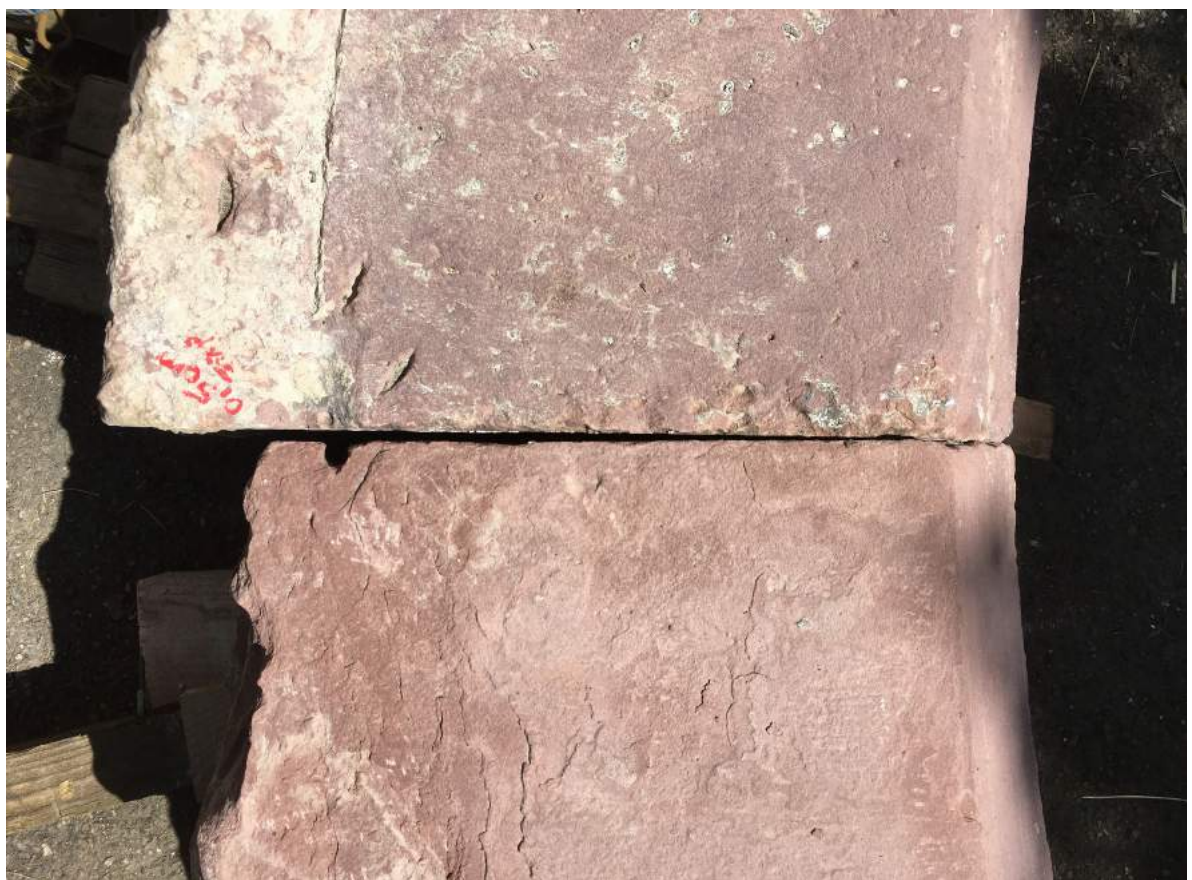




3.) Schalenbildung und Abschuppungen an dem Bogensegment L 2 und L 3









- 4.) Einsatz einer Vierung am Bogensegment L2 aufgrund eines geringen Querschnitts im mittleren Bereich der Oberkante.





5.) Rekonstruktion des Bogensegments R3 aufgrund irreparabler Schädigung des Originals







6.) Zusammensetzen vorab (liegend) auf dem Werkplatz und Anpassen der Edelstahlanker





## 7.) Aufbau des Torbogens am Bestimmungsort













## Material-/Herstellernachweis und Bezugsquellen

### 1. Steinfestiger auf Kieselsäureethylester-Basis - Vor-/ Nachfestigung:

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| KSE 300 Steinfestiger OH  | Fa. Remmers Baustofftechnik GmbH |
| KSE 300 E (elastifiziert) | Postfach 1255                    |
| V KSE Verdünner           | D - 49624 Lönigen                |

### 2. KSE Modul-System zur Herstellung von Hinterfüllmassen, Rissverpressmassen, Anböschmörtel, Steinerfüllmassen, Schlämmen und Lasuren :

|                                                   |                                  |
|---------------------------------------------------|----------------------------------|
| KSE 300 E (elastifiziert)                         |                                  |
| KSE 500 STE (elastifiziert/hoher Feststoffanteil) |                                  |
| V KSE Verdünner                                   |                                  |
| KSE Füllstoff A (Quarzmehl)                       | Fa. Remmers Baustofftechnik GmbH |
| KSE Füllstoff B (Mineralmehl)                     | Postfach 1255                    |
| Quarzsand F 36                                    | D - 49624 Lönigen                |

#### Pigmente:

|                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| Umbra dkl. , Umbra grünl. | Fa. Deffner u. Johann GmbH     |
| Caput mortuum, Ocker,     | Mühlackerstr. 13               |
| Oxidschwarz, englischrot  | D – 97520 Röthlein/Schweinfurt |

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Ludox XP30        | D – 88317 Aichstetten / Allgäu |
| (ehem. Syton X30) |                                |

### 3. Fugenrestaurierung :

|                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| Restauriermörtel RM 214 |                                  |
| Restauriermörtel RM 001 | Fa. Remmers Baustofftechnik GmbH |
| Fugenmörtel ZF          | Postfach 1255                    |
|                         | D - 49624 Lönigen                |

### 4. Befestigungstechnik :

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| V4A Gewindestahl 12 mm | Fa. Würth GmbH u. Co KG |
|                        | D – 74650 Künzelsau     |

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| Epoxidharzkleber Akepox 2040 | Fa. J. König GmbH u. Co KG |
| Acrylharz 2 k flüssig        | D - 76227 Karlsruhe        |

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| Walzblei, Bleidraht | Fa. J. König GmbH u. Co KG |
|                     | Dieselstr. 2               |
|                     | D - 76227 Karlsruhe        |

### 5. Sandsteine (für Vierungen und Ersatz)

Grès des Vosges rot - Vogesensandstein (s. Bauhysikalisches und petrografisches Datenblatt im Anhang)

## PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-7

Auftraggeber: **CARRIERE LOEGEL ROTHBACH**  
Francine LÖEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

Handelsname  
des Gesteins:

**GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX**  
**SANDSTEIN**  
Bearbeitung der oberfläche: gesägt

### MAUERSTEIN

## BESTIMMUNG DER DRUCKFESTIGKEIT

*Prüfung gemäß der Norm NF EN 772-1 von August 2011*

Clamart, den 27/04/2012

  
Sandrine SEREIN  
Verantwortliche für die Prüfungen von Produkten  
CTMNC - Prüfstelle

  
Damien MEINIER  
Verantwortlicher für die Prüfung  
CTMNC - Prüfstelle

Nur die Vervielfältigung des vollständigen Prüfberichts wird gestattet. Er umfaßt 2 Seiten. Dieser Prüfbericht bescheinigt ausschließlich die Kennzeichen der Probe und setzt die Kennzeichen der gleichartigen Produkte nicht voraus. Er ist also kein Konformitätsbewertung der Produkte gemäß dem Paragraph L115-27 des französischen Verbrauchsgesetzbuches von geändert dem französischen 04/08/2008-Gesetz (n°2008-776 - art. 137(V)).

Seite 1/2

**PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-7**  
**MAUERSTEIN**  
**BESTIMMUNG DER DRUCKFESTIGKEIT**  
*Prüfung gemäß der Norm NF EN 772-1 von August 2011*

**Probenentnahme durch:** den Auftraggeber  
**Probenahmeverfahren:** nicht mitgeteilt

**Auftraggeber:** CARRIERE LOEGEL ROTHBACH  
Francine LOEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

**Probe:** GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX  
**SANDSTEIN**  
**Bearbeitung der oberfläche:** gesägt

**Anzahl der Probekörper:** 10 **Anlieferungsdatum:** 21/03/2012  
**Probengröße:** 70 x 70 x 70 mm (Länge x Breite x Höhe)  
**Prüfzeit: von:** 13/04/2012 **bis:** 27/04/2012

**Verfahren zur Konditionierung:** Lufttrocken (§7.3.2.) - Verfahren : Lagerung mindestens 14 Tage

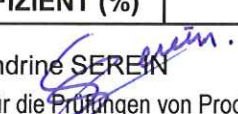
**Verfahren der Oberflächenbehandlung:** Schneiden

**Belastungsrichtung:** senkrecht zu den Anisotropieebenen

| Probekörper-Nr      | Probengröße (mm) | belastete Fläche (mm <sup>2</sup> ) | Bruchlast F (x 10 <sup>3</sup> N) | Druckfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1R                  | 69,5 x 70        | 4865,00                             | 259,69                            | 53,4                                 |
| 2R                  | 69,9 x 70        | 4893,00                             | 316,39                            | 64,7                                 |
| 3R                  | 69,8 x 70,2      | 4899,96                             | 334,92                            | 68,4                                 |
| 4R                  | 70,2 x 70,8      | 4970,16                             | 335,98                            | 67,6                                 |
| 5R                  | 69,1 x 69,7      | 4816,27                             | 311,83                            | 64,7                                 |
| 6R                  | 69,9 x 69,9      | 4886,01                             | 302,49                            | 61,9                                 |
| 7R                  | 69,8 x 69,8      | 4872,04                             | 344,22                            | 70,7                                 |
| 8R                  | 69,4 x 69,5      | 4823,30                             | 324,55                            | 67,3                                 |
| 9R                  | 69,5 x 69,9      | 4858,05                             | 318,65                            | 65,6                                 |
| 10R                 | 70,2 x 69,9      | 4906,98                             | 315,00                            | 64,2                                 |
| <b>Bemerkungen:</b> |                  |                                     |                                   | <b>MITTELWERT (N/mm<sup>2</sup>)</b> |
|                     |                  |                                     |                                   | <b>64,9</b>                          |
|                     |                  |                                     |                                   | <b>VARIATIONS KOEFFIZIENT (%)</b>    |
|                     |                  |                                     |                                   | <b>7,7</b>                           |

  
**Damien MEINIER**

Verantwortlicher für die Prüfung

  
**Sandrine SEREN**

Verantwortliche für die Prüfung von Produkten

Nur die Vervielfältigung des vollständigen Prüfberichts wird gestattet. Er umfaßt 2 Seiten. Dieser Prüfbericht bescheinigt ausschließlich die Kennzeichen der Probe und setzt die Kennzeichen der gleichartigen Produkte nicht voraus. Er ist also kein Konformitätsbewertung der Produkte gemäß dem Paragraph L115-27 des französischen Verbrauchsgesetzbuches von geändert dem französischen 04/08/2008-Gesetz (n°2008-776 - art. 137(V)).



**ANHANG**  
**STATISTISCHE AUSWERTUNG**  
**DER PRÜFERGEBNISSE**  
**PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-7**

**MAUERSTEIN**  
**BESTIMMUNG DER DRUCKFESTIGKEIT**  
*Prüfung gemäß der Norm NF EN 772-1 von August 2011*

**Probenentnahme durch:** den Auftraggeber  
**Probenahmeverfahren:** nicht mitgeteilt

**Auftraggeber:** CARRIERE LOEGEL ROTHBACH  
Francine LOEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

**Probe:** GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX  
**SANDSTEIN**

**Bearbeitung der oberfläche:** gesägt

**Anzahl der Probekörper:** 10 **Anlieferungsdatum:** 21/03/2012  
**Probengröße:** 70 x 70 x 70 mm (Länge x Breite x Höhe)  
**Prüfzeit: von:** 13/04/2012 **bis:** 27/04/2012  
**Verfahren zur Konditionierung:** Lufttrocken (§7.3.2.) - Verfahren : Lagerung mindestens 14 Tage  
**Verfahren der Oberflächenbehandlung:** Schneiden  
**Belastungsrichtung:** senkrecht zu den Anisotropieebenen

|                                             |                |      |
|---------------------------------------------|----------------|------|
| Anzahl der Meßwerte                         | $n$            | 10   |
| Mittelwert (N/mm <sup>2</sup> )             | $\bar{x}$      | 64,9 |
| Standardabweichung (N/mm <sup>2</sup> )     | $\sigma$       | ±5   |
| Variationskoeffizient                       | $v$            | 0,08 |
| logarithmischer Mittelwert                  | $\bar{x}_{ln}$ | 4,2  |
| logarithmische Standardabweichung           | $\sigma_{ln}$  | ±0   |
| Maximalwert (N/mm <sup>2</sup> )            | $\bar{x}_M$    | 70,7 |
| Minimalwert (N/mm <sup>2</sup> )            | $\bar{x}_m$    | 53,4 |
| unterer Erwartungswert (N/mm <sup>2</sup> ) | $E_-$          | 55,0 |
| Quantilenfaktor                             | $k_\sigma$     | 2,1  |

Clamart, den 27/04/2012

Die statistische Prüfergebnisverarbeitung wird nach der geltenden europäischen Normen durchgeführt. Für die Berechnung des Mittelwertes ( $\bar{x}$ ) der Standardabweichung ( $\sigma$ ) und des Variationskoeffizienten ( $v$ ) wird von einer Normalverteilung ausgegangen. Für die Berechnung des unteren Erwartungswertes ( $E_-$ ) wird von einer logarithmischen Normalverteilung ausgegangen. Der untere Erwartungswert entspricht dem 5%-Quantil einer logarithmischen Normalverteilung bei einem Vertrauensniveau von 75%.

| Referenzen      | N°                  | Index |
|-----------------|---------------------|-------|
| MQR-FE-PV       | FC-01 <sub>DE</sub> | 1     |
| Anwendungsdatum | 13/04/2012          |       |

Aktenzeichen  
CTMNC/ROC/12/018

## PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-2

Auftraggeber: **CARRIERE LOEGEL ROTHBACH**  
Francine LOEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

Handelsname  
des Gesteins:

**GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX**  
**SANDSTEIN**  
Bearbeitung der oberfläche: gesägt

### NATURSTEIN BESTIMMUNG DER BIEGEFESTIGKEIT UNTER MITTELLINIENLAST

*Prüfung gemäß der Norm NF EN 12372 von Mai 2007*

Clamart, den 20/04/2012

  
**Sandrine SEREIN**  
Verantwortliche für die Prüfungen von Produkten  
CTMNC - Prüfstelle

  
**Pierre LE DANTEC**  
Verantwortlicher für die Prüfung  
CTMNC - Prüfstelle

Nur die Vervielfältigung des vollständigen Prüfberichts wird gestattet. Er umfaßt 2 Seiten. Dieser Prüfbericht bescheinigt ausschließlich die Kennzeichen der Probe und setzt die Kennzeichen der gleichartigen Produkte nicht voraus. Er ist also kein Konformitätsbewertung der Produkte gemäß dem Paragraph L115-27 des französischen Verbrauchsgesetzbuches von geändert dem französischen 04/08/2008-Gesetz (n°2008-776 - art. 137(V)). Die Akkreditierung des französischen Komitees für Akkreditierung (COFRAC) bestätigt die Kompetenz der Laboratorien für die Prüfen, die von der Akkreditierung erfasst werden.





| Referenzen      | N°                  | Index |
|-----------------|---------------------|-------|
| MQR-FE-PV       | FC-01 <sub>DE</sub> | 1     |
| Anwendungsdatum | 13/04/2012          |       |

CTMNC/ROC/12/018

**PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-2**  
**NATURSTEIN**  
**BESTIMMUNG DER BIEGEFESTIGKEIT UNTER MITTELLINIENLAST**  
*Prüfung gemäß der Norm NF EN 12372 von Mai 2007*

**Probenentnahme durch:** den Auftraggeber  
**Probenahmeverfahren:** nicht mitgeteilt

**Auftraggeber:** CARRIERE LOEGEL ROTHBACH  
Francine LOEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

**Probe:** GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX  
SANDSTEIN

Bearbeitung der oberfläche: gesägt

**Anzahl der Probekörper:** 10      **Anlieferungsdatum:** 21/03/2012  
**Probengröße:** 300 x 50 x 50 mm (Länge x Breite x Höhe)  
**Datum der Probenvorbereitung:** 12/04/2012      **Prüfdatum:** 18/04/2012  
**Richtung der Last:** Lastaufbringung senkrecht zu den Anisotropieebenen  
**Belastungsgeschwindigkeit:** 0,25 ± 0,05 MPa/s  
**Auflagerabstand:** 250 mm

| Probekörper-Nr                   | Probengröße (mm) |      | Bruchlast F (N) | Bruchstelle                 | Biegefestigkeit R <sub>tf</sub> (MPa) |
|----------------------------------|------------------|------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------|
|                                  | Breite           | Höhe |                 |                             |                                       |
| 1FC                              | 50,0             | 51,3 | 2200            | 28mm von der Mitte entfernt | 6,3                                   |
| 2FC                              | 50,5             | 49,2 | 1890            | mittlere Querachse          | 5,8                                   |
| 3FC                              | 49,8             | 49,4 | 1750            | mittlere Querachse          | 5,4                                   |
| 4FC                              | 50,2             | 49,9 | 1900            | mittlere Querachse          | 5,7                                   |
| 5FC                              | 50,1             | 49,3 | 1420            | mittlere Querachse          | 4,4                                   |
| 6FC                              | 50,1             | 49,8 | 1750            | mittlere Querachse          | 5,3                                   |
| 7FC                              | 49,8             | 51,2 | 1280            | mittlere Querachse          | 3,7                                   |
| 8FC                              | 49,7             | 49,6 | 1710            | mittlere Querachse          | 5,2                                   |
| 9FC                              | 50,1             | 49,3 | 1400            | mittlere Querachse          | 4,3                                   |
| 10FC                             | 49,6             | 49,7 | 1840            | mittlere Querachse          | 5,6                                   |
| <b>Mittelwert (MPa)</b>          |                  |      |                 |                             | <b>5,2</b>                            |
| <b>Standardabweichung (MPa)</b>  |                  |      |                 |                             | <b>0,8</b>                            |
| <b>Variationskoeffizient (%)</b> |                  |      |                 |                             | <b>15,5</b>                           |

Bemerkungen:

  
**Pierre LE DANTEC**

Verantwortlicher für die Prüfung

  
**Sandrine SEREIN**

Verantwortliche für die Prüfungen von Produkten

Nur die Vervielfältigung des vollständigen Prüfberichts wird gestattet. Er umfasst 2 Seiten. Dieser Prüfbericht bescheinigt ausschließlich die Kennzeichen der Probe und setzt die Kennzeichen der gleichartigen Produkte nicht voraus. Er ist also kein Konformitätsbewertung der Produkte gemäß dem Paragraph L115-27 des französischen Verbrauchergesetzbuches von geändert dem französischen 04/08/2008-Gesetz (n°2008-776 - art. 137(V)). Die Akkreditierung des französischen Komitees für Akkreditierung (COFRAC) bestätigt die Kompetenz der Laboratorien für die Prüfen, die von der Akkreditierung erfasst werden.

**Siege et adresse postale**

Département Tuiles et Briques – Département Roches Ornamentales et de Construction  
17, rue Letellier – 75015 Paris

**Services administratifs et techniques**

200, avenue du Général de Gaulle – 92140 Clamart

Établissement d'utilité publique Loi 48-1228 du 22 juillet 1948 et Code de la Recherche (Articles L342-1 à L342-13) / N° TVA Intracommunautaire: FR 05 775 697 196

Fax: 01 44 37 07 20

SIRET 775 697 196 000 35 – Code NAF 731 Z

Site web: [www.ctmnc.fr](http://www.ctmnc.fr)

Tél.: 01 45 37 77 77 – Fax: 01 45 37 77 97

SIRET 775 697 196 000 27 – Code NAF 742 C



Seite 2/2





| Referenzen      | N°                  | Index |
|-----------------|---------------------|-------|
| MQR-FE-PV       | FC-01 <sub>DE</sub> | 1     |
| Anwendungsdatum | 13/04/2012          |       |

CTMNC/ROC/12/018

**ANHANG**  
**STATISTISCHE AUSWERTUNG**  
**DER PRÜFERGEBNISSE**  
**PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-2**

**NATURSTEIN**  
**BESTIMMUNG DER BIEGEFESTIGKEIT UNTER MITTELLINIENLAST**  
*Prüfung gemäß der Norm NF EN 12372 von Mai 2007*

**Probenentnahme durch:** den Auftraggeber  
**Probenahmeverfahren:** nicht mitgeteilt

**Auftraggeber:** CARRIERE LOEGEL ROTHBACH  
Francine LOEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

**Probe:** GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX  
SANDSTEIN

Bearbeitung der oberfläche: gesägt

**Anzahl der Probekörper:** 10      **Anlieferungsdatum:** 21/03/2012  
**Probengröße:** 300 x 50 x 50 mm      (Länge x Breite x Höhe)  
**Datum der Probenvorbereitung:** 12/04/2012      **Prüfdatum:** 18/04/2012  
**Richtung der Last:** Lastaufbringung senkrecht zu den Anisotropieebenen  
**Belastungsgeschwindigkeit:** 0,25 ± 0,05 MPa/s  
**Auflagerabstand:** 250 mm

|                                   |                |      |
|-----------------------------------|----------------|------|
| Anzahl der Meßwerte               | $n$            | 10   |
| Mittelwert (MPa)                  | $\bar{x}$      | 5,2  |
| Standardabweichung (MPa)          | $\sigma$       | ±0,8 |
| Variationskoeffizient             | $v$            | 0,15 |
| logarithmischer Mittelwert        | $\bar{x}_{ln}$ | 1,6  |
| logarithmische Standardabweichung | $\sigma_{ln}$  | ±0,2 |
| Maximalwert (MPa)                 | $\bar{x}_M$    | 6,3  |
| Minimalwert (MPa)                 | $\bar{x}_m$    | 3,7  |
| unterer Erwartungswert (MPa)      | $E^-$          | 4,0  |
| Quantilenfaktor                   | $k_\sigma$     | 2,1  |

Clamart, den 20/04/2012

Die statistische Prüfergebnisseverarbeitung wird nach der geltenden europäischen Normen durchgeführt. Für die Berechnung des Mittelwertes ( $\bar{x}$ ) der Standardabweichung ( $\sigma$ ) und des Variationskoeffizienten ( $v$ ) wird von einer Normalverteilung ausgegangen. Für die Berechnung des unteren Erwartungswertes ( $E^-$ ) wird von einer logarithmischen Normalverteilung ausgegangen. Der untere Erwartungswert entspricht dem 5%-Quantil einer logarithmischen Normalverteilung bei einem Vertrauensniveau von 75%.



**Siège et adresse postale**  
Département Tuiles et Briques – Département Roches Ornamentales et de Construction  
17, rue Letellier – 75015 Paris

**Services administratifs et techniques**  
200, avenue du Général de Gaulle – 92140 Clamart

Établissement d'utilité publique Loi 48-1228 du 22 juillet 1948 et Code de la Recherche (Articles L342-1 à L342-13) / N° TVA Intracommunautaire: FR 05 775 697 196

Fax: 01 44 37 02 00  
SIRET 775 697 196 000 35 – Code NAF 731 Z  
Site web: [www.ctmnc.fr](http://www.ctmnc.fr)

Tél.: 01 45 37 77 77 – Fax: 01 45 37 77 97  
SIRET 775 697 196 000 27 – Code NAF 742 C



| Referenzen      | N°                  | Index |
|-----------------|---------------------|-------|
| MQR-FE-PV       | PO-01 <sub>DE</sub> | 1     |
| Anwendungsdatum | 13/04/2012          |       |

Aktenzeichen  
**CTMNC/ROC/12/018**

## PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-1

Auftraggeber: **CARRIERE LOEGEL ROTHBACH**  
Francine LOEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

Handelsname  
des Gesteins:

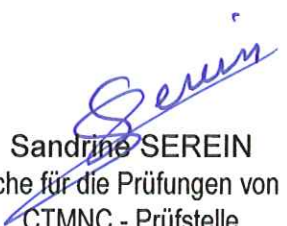
**GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX**  
**SANDSTEIN**  
Bearbeitung der oberfläche: gesägt

**NATURSTEIN**

### **BESTIMMUNG DER REINDICHTE DER ROHDICHTE DER OFFENEN POROSITÄT UND DER GESAMTPOROSITÄT**

*Prüfung gemäß der Norm NF EN 1936 von Mai 2007*

Clamart, den 20/04/2012

  
**Sandrine SEREIN**  
Verantwortliche für die Prüfungen von Produkten  
CTMNC - Prüfstelle

  
**Pierre LE DANTEC**  
Verantwortlicher für die Prüfung  
CTMNC - Prüfstelle

Nur die Vervielfältigung des vollständigen Prüfberichts wird gestattet. Er umfaßt 2 Seiten. Dieser Prüfbericht bescheinigt ausschließlich die Kennzeichen der Probe und setzt die Kennzeichen der gleichartigen Produkte nicht voraus. Er ist also kein Konformitätsbewertung der Produkte gemäß dem Paragraph L115-27 des französischen Verbrauchsgesetzbuches von geändert dem französischen 04/08/2008-Gesetz (n°2008-776 - art. 137(V)). Die Akkreditierung des französischen Komitees für Akkreditierung (COFRAC) bestätigt die Kompetenz der Laboratorien für die Prüfen, die von der Akkreditierung erfasst werden.



Seite 1/2



| Referenzen      | N°                  | Index |
|-----------------|---------------------|-------|
| MQR-FE-PV       | PO-01 <sub>DE</sub> | 1     |
| Anwendungsdatum | 13/04/2012          |       |

CTMNC/ROC/12/018

## PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-1 NATURSTEIN

### BESTIMMUNG DER REINDICHTE DER ROHDICHTE DER OFFENEN POROSITÄT UND DER GESAMTPOROSITÄT

Prüfung gemäß der Norm NF EN 1936 von Mai 2007

**Probenentnahme durch:** den Auftraggeber  
**Probenahmeverfahren:** nicht mitgeteilt

**Auftraggeber:** CARRIERE LOEGEL ROTHBACH  
Francine LOEGEL  
Route de Lichtenberg  
67340 Rothbach

**Probe:** GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX  
SANDSTEIN

Bearbeitung der oberfläche: gesägt

**Anzahl der Probekörper:** 6 **Anlieferungsdatum:** 21/03/2012

**Probengröße:** 70 x 70 x 70 mm (Länge x Breite x Höhe)

**Datum der Probenvorbereitung:** 23/03/2012 **Prüfdatum:** 30/03/2012

| Probekörper-Nr               | Rohdichte $\rho_b$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | offene Porosität $p_o$<br>(%) |
|------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|
| 1MP                          | 2160                                       | 17,9                          |
| 2MP                          | 2140                                       | 18,9                          |
| 3MP                          | 2130                                       | 19,3                          |
| 4MP                          | 2090                                       | 20,5                          |
| 5MP                          | 2150                                       | 18,5                          |
| 6MP                          | 2150                                       | 18,4                          |
| <b>MITTELWERT</b>            | 2140                                       | 18,9                          |
| <b>Standardabweichung</b>    | 20                                         | 0,9                           |
| <b>Variationskoeffizient</b> | 1                                          | 5                             |

#### Bemerkungen:

  
**Pierre LE DANTEC**  
Verantwortlicher für die Prüfung

  
**Sandrine SEREIN**  
Verantwortliche für die Prüfungen von Produkten

Nur die Vervielfältigung des vollständigen Prüfberichts wird gestattet. Er umfasst 2 Seiten. Dieser Prüfbericht bescheinigt ausschließlich die Kennzeichen der Probe und setzt die Kennzeichen der gleichartigen Produkte nicht voraus. Er ist also kein Konformitätsbewertung der Produkte gemäß dem Paragraph L115-27 des französischen Verbrauchersbuches von geändert dem französischen 04/08/2008-Gesetz (n°2008-776 - art. 137(V)). Die Akkreditierung des französischen Komitees für Akkreditierung (COFRAC) bestätigt die Kompetenz der Laboratorien für die Prüfen, die von der Akkreditierung erfasst werden.



Seite 2/2



| Referenzen      | N°                  | Index |
|-----------------|---------------------|-------|
| MQR-FE-PV       | PO-01 <sub>DE</sub> | 1     |
| Anwendungsdatum | 13/04/2012          |       |

CTMNC/ROC/12/018

ANHANG  
**STATISTISCHE AUSWERTUNG  
 DER PRÜFERGEBNISSE  
 PRÜFBERICHT CTMNC/ROC/12/018-1**

NATURSTEIN

**BESTIMMUNG DER REINDICHTE DER ROHDICHTE  
 DER OFFENEN POROSITÄT UND DER GESAMTPOROSITÄT**

*Prüfung gemäß der Norm NF EN 1936 von Mai 2007*

**Probenentnahme durch:** den Auftraggeber  
**Probenahmeverfahren:** nicht mitgeteilt

**Auftraggeber:** CARRIERE LOEGEL ROTHBACH  
 Francine LOEGEL  
 Route de Lichtenberg  
 67340 Rothbach

**Probe:** GRES DES VOSGES DE ROTHBACH - 1ER CHOIX  
 SANDSTEIN

Bearbeitung der oberfläche: gesägt

**Anzahl der Probekörper:** 6 **Anlieferungsdatum:** 21/03/2012

**Probengröße:** 70 x 70 x 70 mm (Länge x Breite x Höhe)

**Datum der Probenvorbereitung:** 23/03/2012 **Prüfdatum:** 30/03/2012

|                                   |                      | offene Porosität p <sub>o</sub><br>(%) |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------------------------|
| Anzahl der Meßwerte               | <i>n</i>             | 6                                      |
| Mittelwert                        | $\bar{x}$            | 18,9                                   |
| Standardabweichung                | $\sigma$             | ±0,9                                   |
| Variationskoeffizient             | <i>v</i>             | 0,05                                   |
| logarithmischer Mittelwert        | $\bar{x}_{ln}$       | 2,9                                    |
| logarithmische Standardabweichung | $\sigma_{ln}$        | ±0                                     |
| Maximalwert                       | $\bar{x}_M$          | 20,5                                   |
| Minimalwert                       | $\bar{x}_m$          | 17,9                                   |
| größer Erwartungswert             | <i>E+</i>            | 21,1                                   |
| Quantilenfaktor                   | <i>k<sub>σ</sub></i> | 2,34                                   |

Clamart, den 20/04/2012

Die statistische Prüfergebnisseverarbeitung wird nach der geltenden europäischen Normen durchgeführt. Für die Berechnung des Mittelwertes ( $\bar{x}$ ) der Standardabweichung ( $\sigma$ ) und des Variationskoeffizienten (*v*) wird von einer Normalverteilung ausgegangen. Für die Berechnung des größten Erwartungswertes (*E+*) wird von einer logarithmischen Normalverteilung ausgegangen. Der größer Erwartungswert entspricht dem 5%-Quantil einer logarithmischen Normalverteilung bei einem Vertrauensniveau von 75%.

KIT-Campus Süd | Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine |  
Holzbau und Baukonstruktionen | 76049 Karlsruhe

CARRIERE LOEGEL ROTHBACH  
Route de Lichtenberg  
BP 20033  
F-67340 Rothbach  
FRANKREICH

Reinhard-Baumeister-Platz 1  
76131 Karlsruhe

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) J. Born  
Telefon: +49 721 608- 4 2213  
Sekretariat - 4 2710  
Fax: +49 721 608- 4 4081  
E-Mail: Juergen.Born@kit.edu  
Web: <http://holz.vaka.kit.edu>

Unser Zeichen: Bo  
Datum: 20.08.2012

## Prüfbericht Nr. 12 7201

---

### Prüfung von Naturstein - Vogesensandstein aus Rothbach -

---

#### 1 Allgemeines

Am 20.06.2012 wurden der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) von der Firma CARRIERE LOEGEL ROTHBACH, in F-67340 Rothbach (Frankreich) eine Auswahl von insgesamt

36 Sandsteinwürfel, Kantenlänge ca. 70 mm

34 Prismen, Kantenlänge ca. 50 mm x 50 mm x 300 mm

zur Durchführung von Frost-Tau-Wechsel-Prüfungen angeliefert.

Laut Angabe der Antragstellerin handelt es sich bei dem Material um den Naturstein "Vogesensandstein" aus dem firmeneigenen Steinbruch in F-67340 Rothbach / Frankreich und war aus verschiedenen Probestücken nass herausgesägt worden. Die Gesteinsproben waren nicht amtlich entnommen.

Auftragsgemäß sollten die Sandsteinproben einem Frost-Tau-Wechselversuch nach DIN 52 008 "Prüfverfahren für Naturstein - Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit" unterworfen werden.

Die Prüfung erfolgte gemäß DIN 52 008:2006-03, Anhang D "Frost-Tau-Wechselversuch mit Frostbeanspruchung unter Wasser" mit insgesamt 25 Frost-Tau-Wechseln (FTW).

## 2 Durchführung und Ergebnisse der Prüfungen

Im Rahmen der Frost-Tau-Wechsel-Prüfung wurden zehn Würfel sowie zehn Prismen zur Trockenmassenbestimmung bei  $110 \pm 5 \text{ °C}$  bis zur Massenkonzanz getrocknet. Die anschließende Wassertränkung der Proben erfolgte nach Anhang D vorgenannter Norm bei Atmosphärendruck.

Nach der Wassertränkung wurden die Proben augenscheinlich auf Risse, Kantenabplatzungen u. ä. untersucht und dann dem Frost-Tau-Wechselversuch mit 25 Frost-Tau-Wechseln unterzogen.

Die Lagerung der Proben beim Frostversuch (Temperatur an der Referenzmessstelle:  $-17,5 \pm 2,5 \text{ °C}$ ) und das anschließende Auftauen im Wasserbad (bei  $20 \pm 3 \text{ °C}$ ) erfolgten ebenfalls nach Anhang D der DIN 52008.

Nach jeweils fünf FTW wurden die Proben erneut augenscheinlich auf Risse, Kantenabplatzungen, Absplitterungen bzw. Veränderungen u.ä. untersucht.

Während der FTW-Prüfung und nach Abschluss der vereinbarten 25 FTW wurden an den Sandsteinproben augenscheinlich weder Veränderungen noch Absplitterungen festgestellt. Im Anschluss an die 25 FTW wurden die Proben gewogen, zuerst im wassergetränkten, dann im getrockneten Zustand. Die Einzelwerte des nach der FTW-Prüfung festgestellten prozentualen Massenverlustes wurden mit  $\leq 0,10 \text{ %}$  festgestellt.

Die Ergebnisse sind in den **Tabellen 1 und 2** (Anlage 2) zusammen mit den Trockenmassen (vor und nach der Frostprüfung) sowie dem Nassgewicht (nach der Frostprüfung) zusammengefasst.

Die **Bilder 1 und 2** (Anlage 2) zeigen die Prüfkörper nach Abschluss der Frost-Tau-Wechselprüfungen in getrocknetem Zustand.



Nach Abschluss des Frost-Tau-Wechsel-Prüfverfahrens

### Prüfung DIN 52 008 - Anhang D

mit insgesamt 25 Frost-Tau-Wechseln, wurden an den untersuchten Sandsteinproben aus Frankreich "Vogesensandstein aus Rothbach" augenscheinlich keine Veränderungen wie Risse, Absplitterungen oder Abplatzungen festgestellt.

Der Sachbearbeiter:

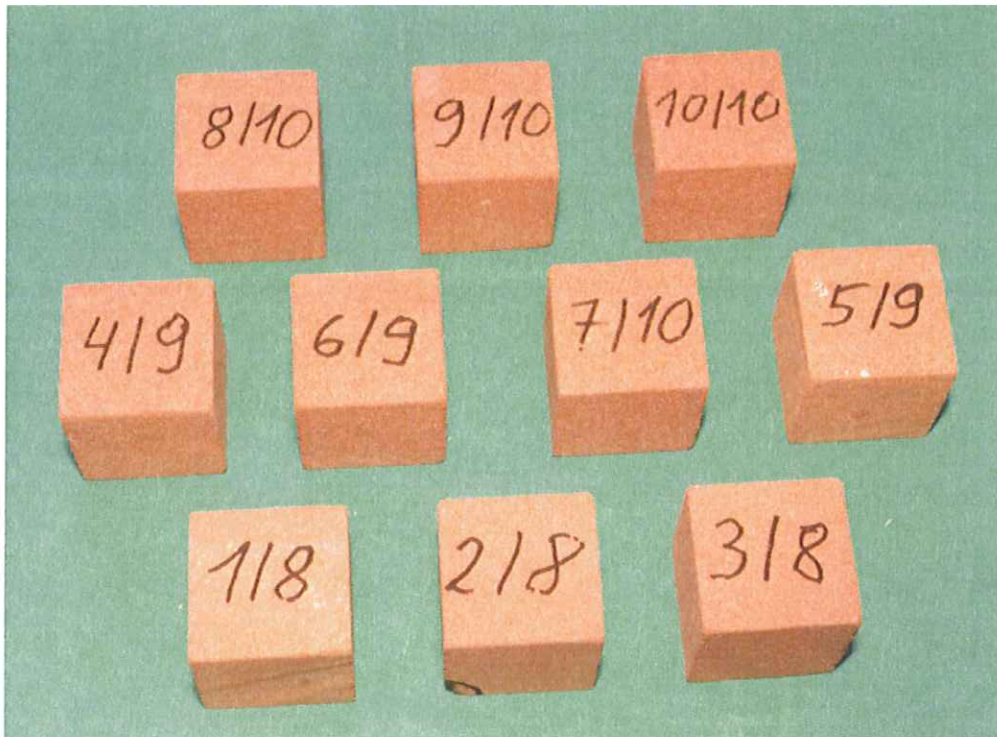
  
Dipl.-Ing. (FH) J. Born



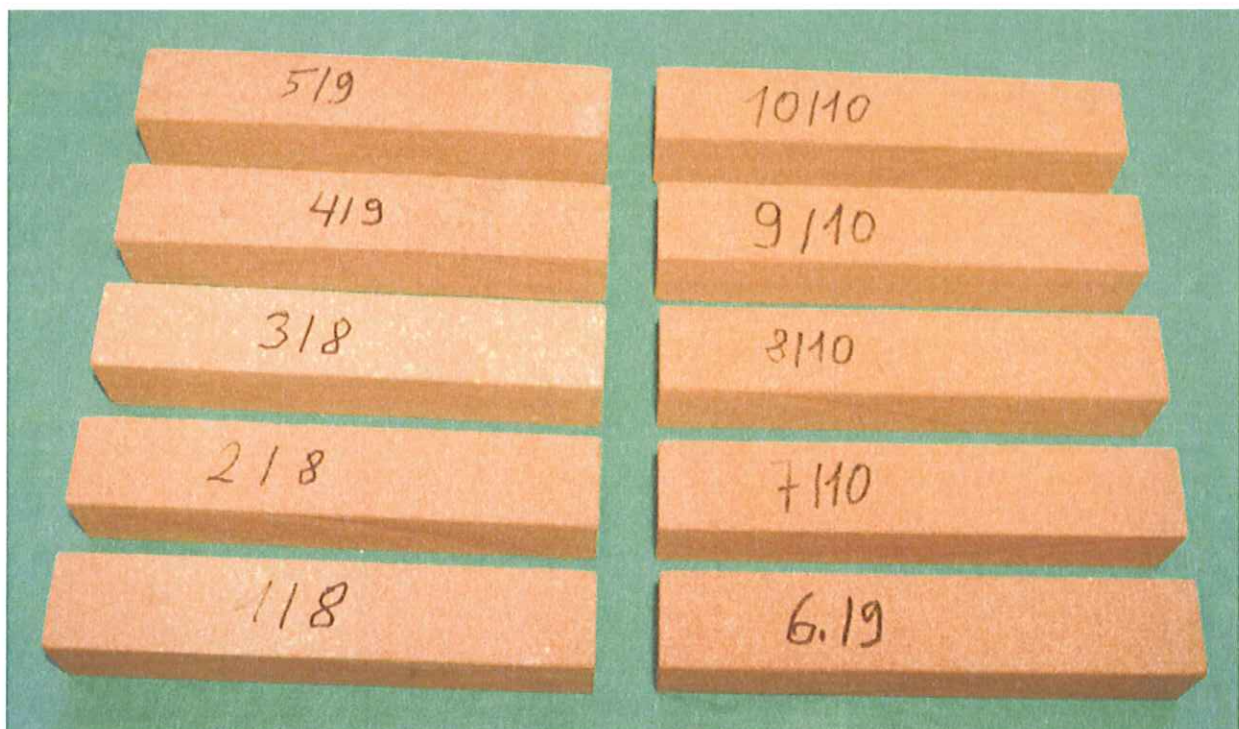
Der Abteilungsleiter:

  
Dr.-Ing. R. Görlacher

## 2 Anlagen



**Bild 1:** Natursteinproben (Würfel: Kantenlänge ca. 7 cm) nach der Frost-Tau-Wechselprüfung (Vogesensandstein aus Rothbach)



**Bild 2:** Natursteinproben (Prismen: ca. 5 cm x 5 cm x 30 cm) nach der Frost-Tau-Wechselprüfung (Vogesensandstein aus Rothbach)

| Probe<br>Nr. | Trockenmasse<br>vor dem<br>1. FTW<br>$m_{d,0}$ | Masse nach<br>dem 25.FTW<br>(Nassgewicht)<br>$m_{s,25}$ | Trockenmasse<br>nach dem<br>25. FTW<br>$m_{d,25}$ | Änderung der<br>Trockenmasse<br>bezogen auf<br>$m_{d,0}$ |
|--------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|              | [ g ]                                          | [ g ]                                                   | [ g ]                                             | [%]                                                      |
| 1-8          | 745,5                                          | 787,0                                                   | 745,2                                             | 0,04                                                     |
| 2-8          | 738,9                                          | 784,6                                                   | 738,4                                             | 0,06                                                     |
| 3-8          | 726,9                                          | 776,0                                                   | 726,6                                             | 0,05                                                     |
| 4-9          | 708,7                                          | 762,5                                                   | 708,3                                             | 0,05                                                     |
| 5-9          | 751,7                                          | 794,1                                                   | 751,5                                             | 0,03                                                     |
| 6-9          | 713,3                                          | 764,8                                                   | 712,9                                             | 0,05                                                     |
| 7-10         | 707,2                                          | 758,7                                                   | 706,7                                             | 0,07                                                     |
| 8-10         | 709,9                                          | 760,5                                                   | 709,5                                             | 0,06                                                     |
| 9-10         | 686,9                                          | 740,6                                                   | 686,3                                             | 0,08                                                     |
| 10-10        | 688,8                                          | 742,2                                                   | 688,1                                             | 0,10                                                     |
| Mittelwert   | -                                              | -                                                       | -                                                 | 0,06                                                     |

**Tabelle 1:** Massenänderung der Würfel (Kantenlängen ca. 7 cm)  
bei der Frost-Tau-Wechselprüfung (nach 25 FTW)

| Probe<br>Nr. | Trockenmasse<br>vor dem<br>1. FTW<br>$m_{d,0}$ | Masse nach<br>dem 25.FTW<br>(Nassgewicht)<br>$m_{s,25}$ | Trockenmasse<br>nach dem<br>25. FTW<br>$m_{d,25}$ | Änderung der<br>Trockenmasse<br>bezogen auf<br>$m_{d,0}$ |
|--------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|              | [ g ]                                          | [ g ]                                                   | [ g ]                                             | [%]                                                      |
| 1-8          | 1657,3                                         | 1756,1                                                  | 1656,3                                            | 0,06                                                     |
| 2-8          | 1626,4                                         | 1732,7                                                  | 1625,3                                            | 0,07                                                     |
| 3-8          | 1644,5                                         | 1744,8                                                  | 1643,6                                            | 0,05                                                     |
| 4-9          | 1642,0                                         | 1735,7                                                  | 1641,4                                            | 0,04                                                     |
| 5-9          | 1550,9                                         | 1667,4                                                  | 1549,7                                            | 0,08                                                     |
| 6-9          | 1538,9                                         | 1655,2                                                  | 1537,9                                            | 0,07                                                     |
| 7-10         | 1539,4                                         | 1652,4                                                  | 1538,3                                            | 0,07                                                     |
| 8-10         | 1552,8                                         | 1669,5                                                  | 1551,6                                            | 0,08                                                     |
| 9-10         | 1587,2                                         | 1695,0                                                  | 1585,7                                            | 0,10                                                     |
| 10-10        | 1588,2                                         | 1700,8                                                  | 1587,0                                            | 0,07                                                     |
| Mittelwert   | -                                              | -                                                       | -                                                 | 0,07                                                     |

**Tabelle 2:** Massenänderung der Prismen (ca. 5 cm x 5 cm x 30 cm)  
bei der Frost-Tau-Wechselprüfung (nach 25 FTW)