



**Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse
und messtechnische Erfassungen**

25. März 2011

Fraunhofer IRB  Verlag

naturstein sanierung stuttgart 2011

Gabriele Patitz, Gabriele Grassegger, Otto Wölbert (Hrsg.)

Natursteinsanierung Stuttgart 2011

**Neue Natursteinrestaurierungsergebnisse und messtechnische Erfassungen
sowie Sanierungsbeispiele**

Tagung am 25. März 2011 in Stuttgart

Herausgeber

Dr.-Ing. Gabriele Patitz

Ingenieurbüro IGP für Bauwerksdiagnostik und Schadensgutachten
Alter Brauhof 11, 76137 Karlsruhe
Telefon: (0721) 3 84 41 98
Telefax: (0721) 3 84 41 99
Email: mail@gabrielepatitz.de
www.gabrielepatitz.de

Prof. Dr. Gabriele Grassegger

Fakultät Bauingenieurwesen, Fachgebiet: Bauchemie und Baustoffkunde
Hochschule für Technik (HFT)
Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart

mit Unterstützung des

Landesamtes für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart
Berliner Straße 12, 73726 Esslingen am Neckar

Satz und Layout

Manuela Gantner – punkt, STRICH – Karlsruhe

Druck und Bindung

Fraunhofer IRB Verlag – Stuttgart

Einband

Ulmer Münster, Südlicher Chorturm

Foto: Blick in das Ziegelgewölbe der Oktogonhalle – Münsterbauamt Ulm (Archiv)
Photogrammetrie erstellt durch: Ingenieurbüro Fischer – Photogrammetrie + Vermessung – Müllheim

1. Auflage

2011 Fraunhofer IRB Verlag,
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

ISBN 978-3-8167-8461-6

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung von Frau Prof. Dr. Grassegger und Frau Dr. Patitz unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Warenbezeichnungen, Handels- oder Gebrauchsnamen sind nicht als frei im Sinne der Markenschutz- und Warenzeichengesetze zu betrachten. Dies gilt auch dann, wenn sie nicht eigens als geschützte Bezeichnungen gekennzeichnet sind.

Für den Inhalt der Beiträge und die Rechte an den verwendeten Abbildungen sind die Autoren verantwortlich.

Spannanker im historischen Mauerwerk Bohren, Einbauen und Verpressen

von Georg Suckmann und Hansjörg Stepper



Im Juli 2009 hat die Fa. August Wolfsholz Ingenieurbau GmbH in Leonberg den Auftrag für die Herstellung von Spannankern im Mauerwerk des Groß Rodendorfer Hauses der Burg Eltz erhalten. Unser Bauherr und Auftraggeber war Dr. Karl Graf zu Eltz.



Abb. 1: Groß Rodendorfer Haus mit Arbeitsgerüst.

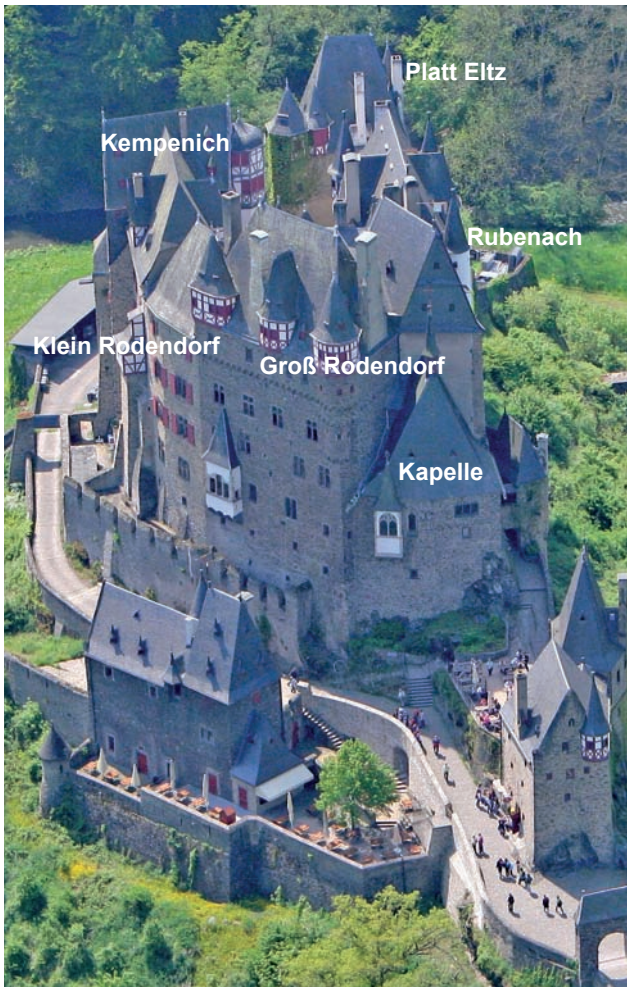


Abb. 2: Burg Eltz, Wohnbereiche.

1 Baugeschichte

Die Burg Eltz befindet sich seit nunmehr 850 Jahren im Besitz der Familie Eltz.

Dr. Karl Graf zu Eltz ist Eigentümer der Burg und hat die Aufgabe übernommen, die Burg für die Öffentlichkeit zugänglich zu halten, ihre Substanz zu sichern und die Burg an die 34. Generation weiterzugeben.

Die Burg Eltz wurde an einem Weg erbaut, der die Mosel mit der Eifel und dem fruchtbaren Maifeld verbindet.

Die Burg wird auf drei Seiten von der Elz umflossen und ragt auf einem bis zu 70 Meter hohen, elliptischen Felskopf empor, der für die gesamte Burg als Fundament dient. Die Erbauer orientierten sich bei der Anlage an der natürlichen Form der Felsformation. Dadurch entstanden teilweise die ungewöhnlichen Grundrisse der einzelnen Räume.

Zu einer ersten Stammesteilung der Herren von Eltz kam es 1268 unter den Brüdern Elias, Wilhelm und Theoderich, wobei die Burg und die dazugehörigen Güter unter den drei Brüdern aufgeteilt wurden. Dabei entstanden die drei Hauptlinien, die sich noch heute in den Namen der Teilbauten der Burg widerspiegeln:

- Eltz vom goldenen Löwen (Kempenich)
- Eltz vom silbernen Löwen (Rubenach)
- Eltz von den Büffelhörnern (Rodendorf)

Die Burg Eltz war fortan eine Ganerbenburg, in der mehrere Linien des Hauses Eltz in einer Ganerben-gemeinschaft zusammenlebten.

Bei Ganerbenburgen handelt es sich um Burgen, die sich früher mehrere Adelsfamilien teilten. Das Wort „gan“ stammt aus dem Althochdeutschen und bedeutet so viel wie „gemeinsam“.

Die ursprüngliche Kernburg wurde im Laufe der Jahrhunderte ergänzt durch Wohnbauten und Wohntürme.

Zwischen 1490 und 1520 wurden auf der Burg Eltz das später so genannten Rodendorfer Haus errichtet, während das südlich angrenzende Klein Rodendorfer Haus als Teil der Kernburg bereits gegen 1290 errichtet wurde.

Ende des 15. Jahrhunderts wurde der romanische Pallas der Kernburg mit einem weiteren Stockwerk und einem neuen Dach überbaut. Dieses Haus wird Klein Kempenich genannt. Das angrenzende Haus Groß Kempenich beruht in seiner heutigen Erscheinung im Wesentlichen auf die Zeit von 1604 bis 1661, welches insbesondere für das frühbarocke Fachwerk und das vorgebaute Kempenicher Torhaus gilt. Die

unteren fünf Geschosse eines gotischen Wohnturms der Kernburg sowie die gemeinschaftliche Zisterne der Burg aus dem 12. Jahrhundert bilden die Basis von Groß Rodendorf.

Die Burg Eltz besteht somit aus den Häusern Kempnich, Rübenach und Rodendorf.

Die einzelnen Wohnbauten haben bei der Erbauung keinen Mauerwerksverbund zum Nachbargebäude bekommen. Der fehlende Verbund sowie mangelhafte systematische Lastableitung innerhalb der einzelnen Gebäude führte zu unterschiedlichen Bewegungsmechanismen der schlanken Burgbauten. Die Bewegungen der Burgteile führten zu Rissbildungen im Mauerwerk (Abb. 3).

2 Vorbereitende Arbeiten

Unsere Aufgabe war es, die weitere Rissbildung durch den Einbau von Spannankern zu stoppen. Die planerischen und statischen Leistungen hat das Ingenieurbüro Barthel & Maus in Mainz und München erbracht.

Herr Dr. Maus überwachte die konstruktiven Sicherungsarbeiten.

Für die gesamte Bauüberwachung war das Ingenieurbüro P. Schmitt in Pommern eingeschaltet.

Unsere statisch-konstruktiven Maßnahmen sind Hand in Hand mit begleitenden restauratorischen Arbeiten ausgeführt worden.

Schon Wochen vor Beginn der Bohrarbeiten haben wir alle angrenzenden Räume mit der Architektin besichtigt und Schutzmaßnahmen besprochen.

Hauptsächlich die Ausstellungsräume sowie die Ausstellungsexponate sollten vor eventuellem Staub sowie Injektionsaustritten geschützt werden. Es handelt sich hier ausschließlich um Kunstschatze, die über Jahrhunderte in der Burg gesammelt wurden.

Um die Räume vor Staub- und Injektionsaustritten zu schützen, wurden vor jeder Wand Schutzwände aus Kanthölzern und Folie gebaut (Abb. 4 und 5). Die Schutzwände standen in einem Abstand von ca. 1,0 m vor der jeweiligen Raumwand, um einen Sichtkontakt zur Wand zu ermöglichen. Durch die transparente Schutzwand konnten wir jederzeit den Staub- bzw. Injektionsgutaustritt lokalisieren und entsprechend abdichten. Eventuell entstandene Verschmutzungen am Putz konnten somit sofort vom begleitenden Restaurator beseitigt werden.

Besonders wichtig war die Erkundung der offenen Kamine. Die Kaminzüge verlaufen in den Wänden nicht senkrecht, sondern schräg Richtung Dach, so dass ein offener Kamin im Erdgeschoss über verschiedene, oben liegende Räume verläuft.

Sollte bei Bohrarbeiten ein unbekannter Kaminzug getroffen werden, kann wegen der Druckluft eine Russwolke in einen Ausstellungsraum eindringen und



Abb. 3: Risse im Groß Rodendorfer Haus.



Abb. 4: Staubschutzwände.



Abb. 5: Staubschutzwände.

sämtliches Mobiliar einstauben. Werden bei dieser Gelegenheit alte, wertvolle Gemälde eingerußt, ist der Versicherungsschaden enorm.

Aus diesem Grund wurden zusätzlich alle offenen Kamine eingehaust. Dieser relativ hohe Aufwand für vorbereitende Maßnahmen war deshalb so wichtig, weil die Bohr- und Ankerarbeiten während der laufenden Besichtigungen vonstatten gehen mussten.

Nach gründlichen Erkundungs- und Schutzmaßnahmen konnte das Bohrgerät zum Einsatz kommen.

3 Ausführung der Bohrarbeiten

Gefordert waren zielgenaue, trockene und erschütterungsarme Spannankerbohrungen im Drehbohrkernverfahren mit einer Zielgenauigkeit von max. 0,5% Abweichung von der Sollachse. Die Bohrungen mit einem Durchmesser von ca. 76mm hatten eine Länge von ca. 5,0m bis ca. 20,0m.

Vor Beginn der Bohrungen wurde das Mauerwerk in der Bohrachse vorverpresst. Durch die Vorverpressung ist in der Regel der Spannanker-Bohrbereich so verfestigt, dass der Bohrkanal standfest und ohne Nachfall bleibt. Das vorinjizierte Mauerwerk im Ankerbereich erleichtert außerdem durch seine erhöhte Homogenität die zielgerichtete Führung der Kernbohrung.

Für die Zielgenauigkeit war das exakte Einrichten des Bohrgerätes am Bohransatzpunkt entscheidend. Daher musste das Arbeitsgerüst mit einer Tragfähigkeit von 400kg/m² und einer Tiefe von 2,0m sehr stabil und gut verankert sein.

Das Befestigen der Bohrlafette am Mauerwerk war grundsätzlich nicht zugelassen. Da wir an der Burg Eltz für die Bohrarbeiten stabile und ausreichend tiefe Gerüste zur Verfügung hatten, konnten wir die Bohrlafette gut einrichten (Abb. 6).

Ein gutes Arbeitsgerüst ist eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Bohrung. Die Bohrlafette mit der Länge von 2,0 m kann dann auf das Arbeitsgerüst montiert werden. Mit zusätzlichen Gerüststangen wird ein Auflager für die Bohrlafette eingerichtet (Abb. 7).

Nach der Bekanntgabe der Bohrachse wurde ein Schnursystem aufgebaut, um die Bohrrichtung festzulegen. Wenn ein Aufbau vom Schnursystem nicht möglich ist, kommt eine Schlauchwasserwaage zum Einsatz. Grundsätzlich kann die Einrichtung des Bohrgerätes bis ca. 10 Stunden dauern.

Das Mauerwerk am Groß Rodendorfer Haus besteht überwiegend aus kleinformatiger, schiefziger Grauwacke. Die Mauerwerksstruktur sowie die enorme Steinhärte stellten hier eine besondere Herausforderung für unseren Bohrmeister dar.

Die Herstellung der Trockenkernbohrungen mit Luftspülung führte zu enormen Staubentwicklungen am Bohrlochmund. Da während unserer Bohrarbeiten die Burgbesucher auf dem Gelände unterwegs waren, mussten wir den Staub einfangen. Für den Bohrmeister ist es jedoch wichtig, den austretenden Staub zu beobachten. Wenn der Staub aus dem Bohrlochmund nicht mehr austritt, ist es ein Alarmzeichen für den Bohrmeister. Der Staub hat dann neue Wege im Gebäude gefunden und kann in die Ausstellungsräume bzw. im Kaminzug eindringen. Der am Steuertisch wirkende Bohrmeister muss dann unverzüglich die Luftzufuhr einstellen.

Das Zusammenspiel von Bohrgeräteeinrichtung, Bohrvorschub, Bohrgeschwindigkeit und das ständige Beobachten des Bohrlochmundes sowie der angrenzenden Wände und Räume muss ein erfahrener Bohrmeister sehr gut beherrschen. Während der Bohrarbeiten müssen zusätzliche Arbeitskräfte die Räumlichkeiten ständig wegen Bohrstaubaustritt beobachten und über Funk ständigen Kontakt zum Bohrmeister am Steuertisch halten. Von aussen nicht zu erkennende Bohrhindernisse aus Stahl oder Holz, die auf frühere Umbauarbeiten zurückzuführen sind, sorgten für zusätzliche Schwierigkeiten. Die Bohrzeiten wurden hierdurch oft vervielfacht. Unsere Spannankerbohrungen haben wir mit einer Abweichung von max. 0,25% von der Sollachse herstellen können.

Die Bohrungen für Nadelanker für die Mauerwerksvernadelung sowie für die Querzug-Nadelanker im Ankerkopfbereich wurden händisch drehend und gedämpft schlagend hergestellt.

4 Einbau der Spannanker

Nach der Herstellung von 24 Bohrkanälen haben wir nach den Plänen der Tragwerksplaner die Stahlglieder eingebaut. Eingebaut wurde Edelstahl System Staifix, Werkstoff 1.4429 mit einem Durchmesser von 30mm. Da der Staifix ein gerippter Stahl ist, mussten die Endstücke sowie die Koppelstücke für Muffen mit einem Gewinde M30 versehen werden, um die Muttern M30 sowie die Muffen aufdrehen zu können.

Es sind zwei Typen von Zugankern (Spannankern) zum Einsatz gekommen, nämlich so genannte einseitige und zweiseitige Spannanker.



Abb. 6: Einrichten der Bohrlafette am Bohrpunkt.



Abb. 7: Kernbohrgerät mit Steuertisch.

Ein zweiseitiger Zuganker hat an beiden Enden eine Kopfverankerung. Die Kopfverankerung besteht aus einer Ankerplatte, Werkstoff A4/D4, 200x200x20 mm, mit einer mittigen Bohrung sowie dazugehörigen Muttern. Für die Kopfverankerung wurde ein Ausbruch im Mauerwerk mit den Abmessungen von 30x30x30 cm hergestellt. Die Ankerplatte wurde auf Betonpolster gesetzt. Nach den Verpress- und Spannarbeiten wurden die Ausbrüche mit Originalsteinen wieder verblendet und verfugt.

Ein einseitiger Zuganker besteht aus einer Kopf- und einer Haftverankerung. Die Haftverankerung wird dann eingesetzt, wenn keine Möglichkeit für die Herstellung einer Kopfverankerung besteht. Im Falle einer Haftverankerung wird eine vorgeschriebene Ankerstrecke von ca. 3,0–5,0 m vorverpresst und die-

se ersetzt dann die Kopfverankerung. Die Haftverankerungsstrecke muss besonders sorgfältig verpresst und vernadelt werden, damit diese den Zugkräften standhält.

Die Haftstrecken für die einseitigen Zuganker haben wir mit einem Zement „Sulfadur Doppel“ verpresst. Nach dem Anspannen der Anker wurden dann die restlichen Ankerstrecken verpresst.

Für die Kopfverankerung wurde ein Ausbruch im Mauerwerk mit den Abmessungen von 30x30x30 cm hergestellt. Die Ankerplatte wurde auf Betonpolster oder Mörtelbett gesetzt. Nach den Verpress- und Spannarbeiten wurden die Ausbrüche mit Originalsteinen wieder verblendet und verfugt.

Schnitt A-A, M=1:50

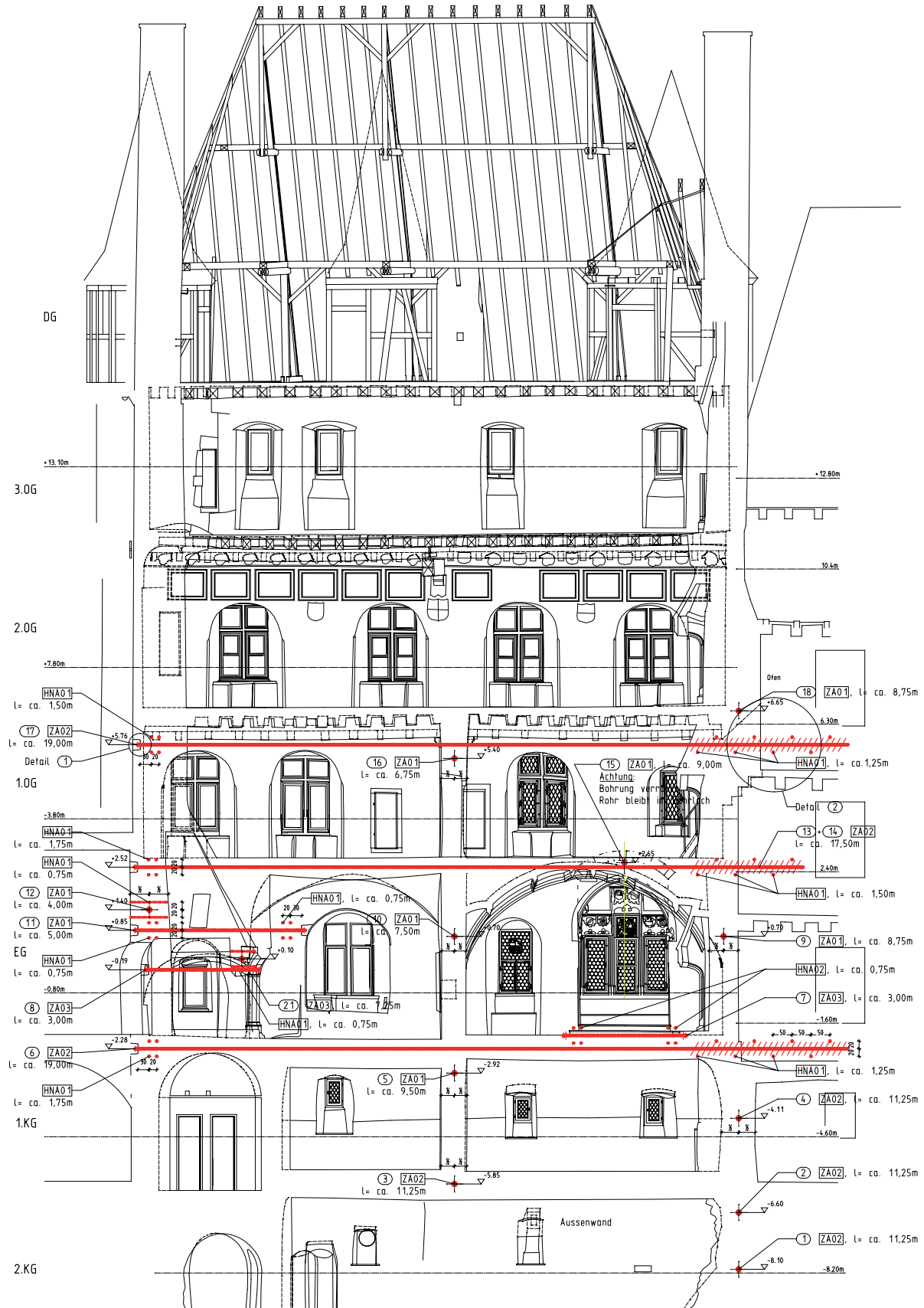
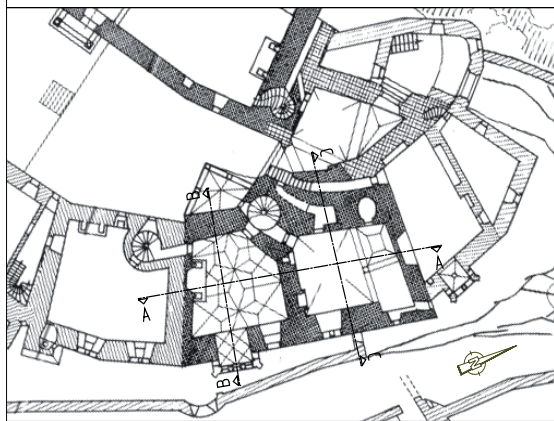


Abb. 8: Schnitt A-A Lage der Spannanker Nr. 6; 8; 11; 12; 17.

Übersicht, ohne Maßstab



Zuganker (ZA), Nadelanker (NA)

<p>ZA 01</p>	<p>Zuganker: Zielgerichtete Kernbohrung ca. \varnothing 70 mm. Edelstahl-Zuganker \varnothing 30 mm, System "Staifix" o. glw. in Werkstoff, Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung und Korrosionsbeständigkeit, mit je 2x aufgerollten Gewinden M30, 2x Muttern, 2x Kontermuttern, 2x U-Scheiben und 2x Kopfplatten 300/300/30mm. Injektionsgut: Im Bereich Zuganker Trasskalkverpressmörtel HS</p>
<p>ZA 02</p>	<p>Haftzuganker: Zielgerichtete Kernbohrung ca. \varnothing 70 mm. Edelstahl-Zuganker \varnothing 30 mm mit Haftverankerung, System "Staifix" o. glw. in Werkstoff, Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung und Korrosionsbeständigkeit, mit 1x aufgerolltes Gewinde M30, 1x Mutter, 1x Kontermutter, 1x U-Scheibe und 1x Kopfplatte 300/300/30mm. Injektionsgut: Im Bereich Zuganker Trasskalkverpressmörtel HS Im Bereich Haftverankerung Trasszement HS</p>
<p>ZA 03</p>	<p>Zuganker: Zielgerichtete Kernbohrung ca. \varnothing 70 mm. Edelstahl-Zuganker \varnothing 16 mm, System "Staifix" o. glw. in Werkstoff, Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung und Korrosionsbeständigkeit, mit je 2x aufgerollten Gewinden M16, 2x Muttern, 2x Kontermuttern, 2x U-Scheiben und 2x Kopfplatten 100/100/15mm. Injektionsgut: Im Bereich Zuganker Trasskalkverpressmörtel HS</p>
<p>HNA 01</p>	<p>Horizontaler Nadelanker: Zielgerichtete Kernbohrung ca. \varnothing 50 mm, Mauerwerk nicht durchbohren! Nadelanker, gerippt \varnothing 12 mm, System "Ripinox" o. glw. in Werkstoff, Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung und Korrosionsbeständigkeit. Injektionsgut: Im Bereich Nadelanker Trasszement HS</p>
<p>HNA 02</p>	<p>Horizontaler Nadelanker: Vollbohrung \varnothing 12 mm, Mauerwerk nicht durchbohren! Nadelanker aus Edelstahl-Gewindestange M10, Werkstoff-Nr. 1.4401 o.glw., in Werkstoff, Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung und Korrosionsbeständigkeit. Klebmörtel: System "Hilti Hit HY 70" o. glw.</p>

Allgemeines Vorgehen

- Alle Bohrungen für die Zuganker sind vorab mit der Bauleitung genau festzulegen. Die Bohrungen sind erschütterungsarm in Drehbohrkernverfahren trocken herzustellen. Kontrollöffnungen können wegen des denkmalgeschützten Bestandes **nicht** hergestellt werden. Sollten vorab entlang der Bohrstrecke restauratorische Schutzmaßnahmen aus Sicht d. Firma notwendig sein, sind diese von der Bohrfirma vorab anzumelden!
- Die Öffnungen für die Ankerköpfe sind mit dem Trennschleifer vorzuschneiden und **nicht größer** als angegeben auszubrechen. Nach Einbau und Vorspannen der Anker werden die Öffnungen mit ortsüblichem Steinmaterial u. dem Bestand angepaßtem Fugenbild wieder vermauert.
- Baufugen zwischen Haus 14+13 sind vorab lokal mit geeignetem Mörtel zu injizieren.

Bemerkung:

- Plangrundlage: Bauaufmaß von Daniel Kirsch, Dipl.-Ing. (FH), v. 26.10.08 (Posteingang)
- Die Standsicherheit der Konstruktion muß in jedem Bauzustand gewährleistet sein. Ggf. Rücksprache mit Tragwerksplaner.
- Alle Maße in Verbindung mit dem Bestand sind ca. Maße und ggf. anzupassen.

Pläne nur zu Präsentationszwecken geeignet.

gleichgestellt mit geprüftem Exemplar 4. Prüfbericht
Prüf-Nr. 2345/07 vom 14.01.2008 gezeichnet Dr. Linse

Vorabzug

c			
b	Plan zu Präsentationszwecken für überarbeitet, Änderungen im Plankopf	26.01.2011	Petry
a	Freigabe Prüfer	15.01.08	GA
INDEX	ÄNDERUNG/ERGÄNZUNG	DATUM	Name

BAUHERR	Dr. Karl Graf und Sophie Gräfin zu Eltz
PROJEKT	Burg Eltz - Rodendorfer Haus (Nr.14) bei Münstermaifeld
ÖRTLICHE BAULEITUNG	SIAP Schmitt Architekten und Ingenieure Pommern Architektin, Maja Petry Dipl.-Ing. (FH), majapetry@gmail.com Bachstraße 7a 56829 Pommern / Mosel
PLANINHALT/BAUTEIL	Maßnahmenplan Mauerwerkssicherung Schnitt A-A, Ankereinbau

	DATUM	NAME	PRJ BE 4208	PLANNUMMER	INDEX
Bearb.	02.09.08	Dr. H. Maus	M 1:50	M-04	a
Stand	27.02.09	Lutter	Format: 0,71m ²		
Geprüft	27.02.09	Dr. H. Maus			

Barthel & Maus

Beratende Ingenieure

Infanteriestr. 11a Grauelstraße 14
80797 München 55 129 Mainz
Fon: 089/286860-0 Fon: 06 13 1/48020-92
Fax: 089/286860-20 Fax: 06 13 1/48020-94

e-mail: info@barthelundmaus.de

Für die Nadelanker sowie die Querschnittdübeln haben wir einen nicht rostenden, gerippten Stahl „System Ripinox“ mit einem Durchmesser von 12 mm eingebaut.

5 Ausführung der Verpressarbeiten

Die Sanierungsarbeiten begannen mit der Schließung von Rissen, offenen Fugen und Spalten. Die Risse wurden gereinigt, angebohrt, mit Injektionsstutzen besetzt und mit einem Mörtel wieder geschlossen. Auf der Burg Eltz haben wir ausschließlich mit NHL-Mörtel (Fabr. Tubag) gearbeitet. Für die Riss-

und Mauerwerksverpressung haben wir einen NHL-Verpressmörtel (Fabr. Tubag) eingesetzt. Um die Mauerwerkshomogenität in den Zugankerachsen zu verbessern, wurden die Ankerstrecken vorverpresst.

Die Herstellung der Zugankerkanäle musste so erfolgen, dass kein Nachfall im Bohrkanal entstehen konnte. Sollte es zum Nachfall kommen, muss der Bohrkanal verpresst und wieder aufgebohrt werden. Nach dem Anspannen der Zuganker wurden diese mit einem NHL-Verpressmörtel verpresst.



Abb. 9: Ankerkopf mit Ausbruch, Ankerstahl, Ankerplatte und Mutter.



Abb. 10: Eingebauter Zuganker Staifix gerippt mit Endgewinde.



Abb. 11: Verpressstützen entlang der Ankerstrecke.

Während der Verpressarbeiten mussten die benachbarten Räumlichkeiten beobachtet werden. Bei Suspensionsaustritt wurde der Vorgang sofort unterbrochen und die Austrittsstellen mit Werg abgedichtet. Ein Restaurator hat unsere Verpressarbeiten begleitet, so dass eine fachliche Kompetenz bei eventuellen Reinigungsarbeiten am wertvollen Putz ständig anwesend war. Bis auf wenige und geringfügige Maßnahmen musste er nicht einschreiten.

Da die NHL-Mörtel sehr langsam die Festigkeit entwickeln, ist die Anwendung dieser Mörtel, vor allem der Verpressmörtel, nur zwischen den Monaten April und Mitte September möglich. Ansonsten könnten Frostschäden entstehen. Diese langsame Erhärtungszeit ist im Bauzeitenplan unbedingt zu berücksichtigen.

Der gesamte Arbeitsablauf auf der Baustelle musste somit mit der Einsetzbarkeit der NHL-Mörtel abgestimmt werden.

Die Gesamtmaßnahme wurde im März 2010 abgeschlossen.

Literatur und Anmerkungen

Zur Baugeschichte: Wikipedia

Ergänzungen von

Dr. Karl Graf zu Eltz

Fotos:

Ingenieurbüro P. Schmitt

Bachstr. 7a, 56829 Pommern

Plan Abbildung 8:

Barthel & Maus

Beratende Ingenieure

Grauelstr. 14, 55129 Mainz und

Infanteriestr. 11a, 80797 München