

August Wolfsholz

Ingenieurbau GmbH



Dokumentation

Bauvorhaben: **Stadtmauer Gransee – 6. und 7. Bauabschnitt**
Konstruktive Sicherung des Feldsteinmauerwerks

Auftraggeber: Amt Gransee und Gemeinden
Abteilung Planung
Baustraße 56
16775 Gransee

über BSG
Brandenburgische Stadterneuerungs GmbH
Ludwig-Richter-Straße 23
14467 Potsdam

Objektüberwachung: Dipl.-Ing. Thomas Bolze
Bauingenieur-Steintechniker
Bruno-Taut-Straße 7C
14469 Potsdam

Auftragnehmer: August Wolfsholz Ingenieurbau GmbH
Mollenbachstraße 25
71229 Leonberg

Ausführung: 6. Bauabschnitt
Beginn: 25.09.2006 Fertigstellung: 05.06.2007
7. Bauabschnitt
Beginn: 02.05.2007 Fertigstellung: 20.03.2008

Inhalt

Vorbemerkung	Seite 3
1. Angaben zum Bauwerk	Seite 5
2. Veranlassung der Maßnahmen	Seite 7
3. Beschreibung der Maßnahmen	Seite 9
3.01 Injektionsarbeiten	Seite 9
3.02 Vernadelungen	Seite 12
3.03 Flankierende Maßnahmen	Seite 16
3.04 Instandsetzung des eingestürzten Bereichs zwischen den Weichhäusern 20 und 21	Seite 17

Anlage 1 – Fotodokumentation

Anlage 2 – Untersuchungsberichte der FEAD GmbH

Anlage 3 – Technische Merkblätter

 sicotan – Verpress- und Injektionsmörtel VP I–Trass-HS

 sicotan – PLB-Konzentrat 6 (flüssig)

 Ripinox Edelstahl

 Otterbein - Calcidur NHL 2

 Otterbein - Calcidur NHL 3,5

 Märker – Trasskalkmörtel

 Maxit clay AS 104 Trockenschüttung

Anlage 4 – Übersichtsplan / Lageplan

Anlage 5 – Pläne Maßnahmedokumentation

- Plan - Nr. BA 6 – 1 Abschnitt zwischen Weichhaus 1 und 2
- Plan - Nr. BA 6 – 2 Abschnitt zwischen Weichhaus 11 und 12
- Plan - Nr. BA 6 – 3 Abschnitt zwischen Weichhaus 14 und 15
- Plan - Nr. BA 6 – 4 Abschnitt zwischen Weichhaus 15 und 16
- Plan - Nr. BA 6 – 5 Abschnitt zwischen Weichhaus 16 und 17
- Plan - Nr. BA 6 – 6 Abschnitt zwischen Weichhaus 17 und 18
- Plan - Nr. BA 6 – 7 Abschnitt zwischen Weichhaus 18 und 19
- Plan - Nr. BA 6 – 8 Abschnitt zwischen Weichhaus 28 und 29
- Plan - Nr. BA 6 – 9 Abschnitt zwischen Durchgang und Weichhaus 32
- Plan - Nr. BA 6 – 10 Abschnitt zwischen Durchgang und Weichhaus 33
- Plan - Nr. BA 6 – 11 Abschnitt zwischen Weichhaus 33 und 34
- Plan - Nr. BA 7 – 1 Abschnitt zwischen Weichhaus 4 und 5
- Plan - Nr. BA 7 – 2 Abschnitt zwischen Weichhaus 5 und 6
- Plan - Nr. BA 7 – 3 Abschnitt zwischen Weichhaus 6 und 7
- Plan - Nr. BA 7 – 4 Abschnitt zwischen Weichhaus 7 und 8
- Plan - Nr. BA 7 – 5 Abschnitt zwischen Weichhaus 8 und 9
- Plan - Nr. BA 7 – 6 Abschnitt zwischen Weichhaus 12 und 13
- Plan - Nr. BA 7 – 7 Abschnitt zwischen Weichhaus 13 und 14
- Plan - Nr. BA 7 – 8 Abschnitt zwischen Weichhaus 20 und 21
- Plan - Nr. BA 7 – 9 Abschnitt zwischen Weichhaus 25 und 26
- Plan - Nr. BA 7 – 10 Abschnitt zwischen Weichhaus 30 und 31

Vorbemerkung

Im September 2006 wurde die

August Wolfsholz Ingenieurbau GmbH
Mollenbachstraße 25
71229 Leonberg

mit den Leistungen des 6. Bauabschnitts zur Sanierung der Stadtmauer Gransee durch das

Amt Gransee und Gemeinden
Abteilung Planung
Baustraße 56
16775 Gransee

über

BSG
Brandenburgische Stadterneuerungs GmbH
Ludwig-Richter-Straße 23
14467 Potsdam

beauftragt.

Mit den Bauabschnitten 1 bis 5 wurde die Stadtmauer abschnittsweise instandgesetzt, wobei im Wesentlichen Ergänzungen des Mauerwerks und die Sanierung der Verfugungen durchgeführt wurden.

Der 6. Bauabschnitt umfasste die konstruktive Sicherung und Instandsetzung einzelner Abschnitte der Stadtmauer.

Im April 2007 erfolgte die Beauftragung mit den Leistungen des 7. Bauabschnittes, der die konstruktive Sicherung und Instandsetzung weiterer Abschnitte der Stadtmauer sowie die Instandsetzung des Mauerabschnitts zwischen den Weichhäusern 20 und 21 in getrennten Losen umfasste.

Die Aufteilung der Leistungen in Bauabschnitte erfolgte auf der Grundlage einer Bauzustandserfassung der

FEAD GmbH
Forschungs- und Entwicklungslabor für Altbausanierung und Denkmalpflege
Volmerstraße 5
12489 Berlin,

nach der die Abschnitte der durch Weichhäuser gegliederten Stadtmauer in Zustandskategorien eingeteilt wurde.

Die Objektüberwachung erfolgte durch das

Ingenieurbüro

Dipl.-Ing. Thomas Bolze

Bauingenieur-Steintechniker

Bruno-Taut-Straße 7 C

14469 Potsdam

Für die Abschlussdokumentation wurden durch das Ingenieurbüro Thomas Bolze die in der Anlage 2 beigefügten Untersuchungsberichte, der Übersichtsplan sowie Pläne mit Mauerabwicklungen und verschiedene Fotos digital zur Verfügung gestellt.

Da der 6. und 7. Bauabschnitt im wesentlichen die gleichen Leistungen und Maßnahmen umfasste werden im Folgenden beide Abschnitte zusammenfassend dokumentiert.

Gransee / Leonberg, März / April 2008

1. Angaben zum Bauwerk

Die Stadtbefestigung Gransee stellt in ihrer komplexen und bis auf die heutige Zeit recht umfassend überkommenen Bausubstanz neben wenigen anderen, eher kleinstädtischen Anlagen der Mittel- und Uckermark, eine Besonderheit dar. Das Kunst und Denkmalinventar erfasste schon im ausgehenden 19. Jahrhundert diese Denkmal einer über Jahrhunderte entstandenen mittelalterlichen Befestigungsanlage.

Der von dieser Befestigung umfasste Stadtraum geht in seiner planmäßigen Entstehung auf die 1. Hälfte des 13. Jahrhunderts zurück und wurde vermutlich von den brandenburgischen Markgrafen Johann I. und Otto III. initiiert.

Die Entstehungszeit der Befestigungsanlage, zu deren ursprünglichen Bestand ein Wall mit Stadtgraben vor dem geschlossenen ovalen, durch mindestens 36 Weichhäuser gegliederten Mauerring mit Stadttoren, Zwingeranlagen und Pulverturm gehörte, umfasst wohl das gesamte Mittelalter seit Stadtgründung bis zum Aufkommen der Feuerwaffen.

Die Stadtmauer besteht zum größten Teil aus Feldstein, zu einem geringen Teil auch aus Ziegelmauerwerk. Die Feldsteine wurden teils gespalten, teils auch unbearbeitet verarbeitet. Die Vermauerung zeigt eine charakteristische Struktur, die durch eine Lagenausbildung von ca. 1 m Höhe gekennzeichnet ist. Hier wurde das Mauerwerk jeweils mit Steinen kleineren Formats abgeglichen. Durch das Abgleichen der Mauerebenen wurden in regelmäßigen Höhen neue Ebenen geschaffen, die das Auflager für den nächsten Mauerwerksstreifen bildeten.

Die Mauer wurde in Schalenmauertechnik aufgeführt. Die innere und äußere Mauerwerkschale wurden bis zu einer bestimmten Höhe verbandsgerecht und sauber ausgezwickelt aufgemauert, der innere Mauerwerkskern besteht aus geschüttetem Feldsteinmauerwerk in Kalkmörtel.

Nachdem die Mauer ihre Bedeutung als Verteidigungsanlage verloren hatte, wurden in den Jahren 1714 bis 1734 der vorgelagerte Wall und der Graben eingeebnet. Die Mauer wurde an vielen Stellen durchbrochen, um den Bürgern Zutritt zu ihren Gärten zu gewähren, die sie vor der Mauer angelegt haben.

Die Stadtmauer wird durch die ursprünglich mindestens 36 Lug- oder Weichhäuser (Wykhäuser), von denen einige nicht mehr erhalten sind, sowie durch die Stadttore und den Pulverturm in Abschnitte von ca. 30 bis 40 m Länge gegliedert.

In Bereichen, in denen die Mauer noch in annähernd voller Höhe erhalten ist, beträgt die Höhe 6 bis 7 m, wobei das Geländeniveau stadtseitig in der Regel etwas höher liegt als auf der Feldseite. Der Höhenversprung bewegt sich zwischen 0,50 m und ca. 1,60 m.

Die Mauer wurde mit einseitiger, in der Regel der Feldseite zugewandter Böschung errichtet. Während die Dicke des Mauerwerks am Fußpunkt ca. 1,70 beträgt, verjüngt sie sich nach oben auf ca. 0,70 bis 1,25 m.

Zur Gliederung der Mauerabschnitte wurden die Weichhäuser beginnend mit dem Weichhaus nördlich des Pulverturms von Weichhaus 1 bis Weichhaus 37 entgegen dem Uhrzeigersinn nummeriert. Die Bezeichnung der Mauerabschnitte richtet sich nach den Nummern der begrenzenden Weichhäuser.

2. Veranlassung der Maßnahmen

In den 1990er Jahren wurde die Stadtmauer in Einzelabschnitten äußerlich instand gesetzt. Im Wesentlichen wurde hierbei die Verfugungen und Ergänzung des Sichtmauerwerks der Außenschalen ausgeführt.

Ende März 2006 kam es zu einem Schadensfall im Mauerabschnitt zwischen den Weichhäusern 20 und 21 wobei ein Teilbereich der Mauer einstürzte.

Der Einsturz der Stadtmauer erfolgte überwiegend an der feldseitigen Außenschale des Mauerwerks und durch nachrutschendes Füllmauerwerk. Die stadtseitige Außenschale ist im unteren Bereich stehen geblieben. Hier war der obere Bereich (ca. 1/3 der Gesamthöhe) nachgestürzt.

An den Abbruchkanten des eingestürzten Mauerbereichs war eine Ablösung der feldseitigen Mauerwerksschale deutlich erkennbar.

Deutlich wurde auch ein Auseinanderdriften der Schalen an einem durchgehenden Riss im Sturz und in den Gewänden des Durchgangs in der Mauer zu einem feldseitigen Garten, der im Zuge der Sanierungsmaßnahmen ausgedrückt und geschlossen wurde, sich aber bereits wieder um 1 bis 2 cm erweitert und geöffnet hat.

Es erfolgten zahlreiche Untersuchungen zur Ermittlung der Schadensursachen, bei denen die gesamte Stadtmauer hinsichtlich weiter gehender Schäden mit einbezogen wurde. Dabei wurden bereichsweise große Hohlräume, in denen nur wenig Mörtel vorhanden ist, festgestellt.

Die Feldsteine waren zum Teil kaum noch durch Mörtel miteinander verbunden. Der Zustand des unteren Bereichs der Stadtmauer wurde als sehr desolat bezeichnet.

Weiterführende Bausubstanzuntersuchungen im Jahr 2006 ergaben das Erfordernis konstruktiver Sicherungsmaßnahmen.

Die gesamte Stadtmauer wurde in Vorbereitung des 6. Bauabschnitts – Konstruktive Instandsetzung – mit dem Ziel, Bereiche mit großen Hohlstellen zu ermitteln und deren Ausbreitung zu lokalisieren, abschnittsweise endoskopisch untersucht.

Der Zustand der Mauerwerksabschnitte wurde nach drei Kategorien bewertet:

- Kategorie I – Sanierung noch in 2006 notwendig
- Kategorie II – Sanierung notwendig
- Kategorie III – Sanierung abhängig von den Ergebnissen der anderen Abschnitte

Der 6. Bauabschnitt umfasste die Mauerabschnitte der Kategorie I und II:

1. Abschnitt zwischen Weichhaus 1 und 2
2. Teilabschnitt zwischen Weichhaus 11 und 12
3. Abschnitt zwischen Weichhaus 14 und 15
4. Abschnitt zwischen Weichhaus 15 und 16
5. Abschnitt zwischen Weichhaus 16 und 17
6. Abschnitt zwischen Weichhaus 17 und 18
7. Abschnitt zwischen Weichhaus 18 und 19
8. Abschnitt zwischen Weichhaus 28 und 29
9. Abschnitt zwischen Weichhaus 32 und 33
10. Abschnitt zwischen Weichhaus 33 und 34

An Hand der Erfahrungen aus dem 6. Bauabschnitts wurde die Notwendigkeit der konstruktiven Instandsetzung weiterer Abschnitte der Stadtmauer abgeleitet.

Diese bildeten den 7. Bauabschnitt:

1. Abschnitt zwischen Weichhaus 4 und 5
2. Abschnitt zwischen Weichhaus 5 und 6
3. Abschnitt zwischen Weichhaus 6 und 7
4. Abschnitt zwischen Weichhaus 7 und 8
5. Abschnitt zwischen Weichhaus 8 und 9
6. Abschnitt zwischen Weichhaus 12 und 13
7. Abschnitt zwischen Weichhaus 13 und 14
8. Abschnitt zwischen Weichhaus 20 und 21
9. Abschnitt zwischen Weichhaus 25 und 26
10. Abschnitt zwischen Weichhaus 30 und 31

Die konstruktive Sicherung des Feldsteinmauerwerks der Stadtmauer wurde durch Injizieren von niedrigviskosen Trass-Injektionsmörteln, die die Hohlräume und Risse im Mauerwerk verfüllen und durch den Einbau von Vernadelungen vorgenommen.

3. Beschreibung der Maßnahmen

3.01 Injektionsarbeiten

Zur Verfüllung von Hohlräumen im Füllmauerwerk sowie von Rissen und Spalten zwischen den äußeren Mauerschalen und dem Füllmauerwerk wurde ein Verpress- und Verfüllmörtel, der durch Zugabe eines Schaumbildners modifiziert wurde, in das Mauerwerk injiziert.

Verwendet wurde der Verpress- und Injektionsmörtel VPI-Trass-HS des Herstellers SICO-TAN GmbH Osnabrück. Dieser Mörtel mit hohem Sulfatwiderstand ist bauphysikalisch auf Natursteinmauerwerk abgestimmt, chloridfrei, niedrigviskos und pumpfähig.

Technische Daten	W/F-Wert 0,30	W/F-Wert 0,43
(bei 20°C / 65 % rel. Wasserdampfdruck):	ca. 9 l	ca. 13 l
Luftfeuchtigkeit):	Druckfestigkeit (28 d):	ca. 10 N/mm ²
	Luft- und	
	Untergrundtemperatur:	≥ +5°C
	(Unterschiedliche Temperaturen beeinflussen den Erstarrungs- und Erhärtungsverlauf)	
	Quellmaß:	≥ 0,1 %
	Ergiebigkeit:	ca. 21 l je Gebinde (30 kg Papiersack)

Durch den relativ großen Hohlraumanteil des Mauerwerks (in Einzelabschnitten 10% bis 17% des Mauervolumens) ergab sich das Erfordernis, für die Verpress- und Injektionsarbeiten einen Schaummörtel einzusetzen, der sich durch eine geringere Dichte auf Grund des Luftporengehalts auszeichnet. Damit wurden in das Mauerwerk geringere Lasten und auch reduzierte Feuchte aus dem Injektionsmaterial eingetragen.

Der Schaumbildner auf der Basis von Protein wurde separat aufgeschäumt und anschließend in einem Zwangsmischer in den Injektionsmörtel untergemischt.

Verwendet wurde der Schaumbildner PLB-Konzentrat 6 des Herstellers SICOTAN GmbH Osnabrück.

Für die Einbringung des Injektionsmörtels wurden in einem festgelegten Raster Injektionsbohrungen von einer Seite in das Mauerwerk hergestellt, die in ihrer Tiefe annähernd über den gesamten Querschnitt des Füllmauerwerks reichten.

In die Injektionsbohrungen wurden Injektionspacker aus einem Verfüllschlauch mit Verschlussstück vermörtelt eingesetzt.

Beginnend in den unteren Bauteilbereichen wurde das Injektionsgut mit einer Verpressanlage lagenweise in das Mauerwerk eingepresst. Dabei wurde der Injektionsdruck und der Injektionsfluss laufend überwacht, um Deformationen des Mauerwerks durch das Injektionsgut auszuschließen.

Die Verteilung des Injektionsgutes wurde durch Beobachtung der dem zu befüllenden Injektionspacker benachbarten Packer beobachtet.

Bei den Injektionsarbeiten wurden die Sichtmauerwerksflächen auf beiden Seiten der Stadtmauer ständig auf ggf. über undichte Fugen austretendes Injektionsmaterial beobachtet, dass ggf. sofort nach Verschließen der Austrittöffnungen durch Kalfatern (Verstopfen mit Werg) durch gründliches Abwaschen entfernt wurde.

In Einzelbereichen waren zusätzliche Maßnahmen zur Abdichtung der Mauerflächen gegen austretendes Injektionsgut erforderlich (Anschnitt 3.03 Flankierende Maßnahmen).

Nach Abschluss der Maßnahmen wurden die Injektionspacker entfernt und die Öffnungen mit Fugenmörtel, rezeptiert nach Angaben von Frau Dr. Arnold, Brandenburgisches Landesdenkmalamt für Denkmalpflege und Archäologisches Museum, Wünsdorf, geschlossen.

Rezeptur Fugenmörtel:

- 0,5 RT natürlicher hydraulischer Kalkmörtel Otterbein NHL 3
- 0,5 RT natürlicher hydraulischer Kalkmörtel Otterbein NHL 5
- 3 RT einheimische ungewaschene Sande

Der hydraulische Kalk wurde von der Firma

Zement- und Kalkwerke Otterbein GmbH + Co.KG, 36137 Großenlütder-Müs

Bezogen.

In den einzelnen Mauerabschnitten wurden folgende Mengen an Injektionsmörtel in kg Werk-trockenmörtel eingebracht. Die Lage der Injektionsbohrungen ist in den Plänen zur Maßnah-medokumentation Anlage 5 dargestellt.

6. Bauabschnitt

Abschnitt zwischen Weichhaus 1 und 2

Südlich des Pulverturms	5.000 kg
Nördlich des Pulverturms	2.660 kg

Teilabschnitt zwischen Weichhaus 11 und 12	5.300 kg
--	----------

Abschnitt zwischen Weichhaus 14 und 15	10.800 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 15 und 16	11.250 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 16 und 17	15.600 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 17 und 18	12.000 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 18 und 19	15.600 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 28 und 29	13.200 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 32 und 33	
Durchgang bis Weichhaus 32	10.350 kg
Durchgang bis Weichhaus 33	12.750 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 33 und 34	9.600 kg
<u>7. Bauabschnitt</u>	
Abschnitt zwischen Weichhaus 4 und 5	7.770 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 5 und 6	10.950 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 6 und 7	7.200 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 7 und 8	5.400 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 8 und 9	5.400 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 12 und 13	6.000 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 13 und 14	8.880 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 20 und 21	12.840 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 25 und 26	8.400 kg
Abschnitt zwischen Weichhaus 30 und 31	13.200 kg

3.02 Vernadelungen

Zur Reduzierung der Schubkräfte des Füllmauerwerks auf die äußeren Mauerwerksschalen sowie zur Anbindung der Mauerwerksschalen an das Füllmauerwerk wurden Querbewehrungen mit Verpressankern in das Füllmauerwerk, in der Baupraxis auch als Vernadelung bezeichnet, eingebaut.

Dazu wurden Bohrlöcher in einer Tiefe annähernd über den gesamten Querschnitt des Füllmauerwerks hergestellt. In die Bohrlöcher wurden Ankerstäbe aus RIPINOX (rostfreier Betonrippenstahl BSt 500 NR), Durchmesser 12 mm, mit Abstandhaltern zentrisch eingesetzt und mit einer zementhaltigen Bindemittelsuspension verpresst. Der erhärtete Verpresskörper stellt den Verbund zum Mauerwerk her.

Die Länge der Nadeln richtete sich jeweils nach dem Mauerquerschnitt.

Der Einbau der Vernadelungen erfolgte in einem Raster von ca. 1 x 1 m. In den oberen Mauerwerksbereichen wurde der horizontale Abstand der Vernadelungen auf bis zu 2 m erweitert. In den Ansichtsflächen des Mauerwerks wurden die Öffnungen für die Vernadelungen mit Fugenmörtel wie unter 3.01 beschrieben verschlossen.

In den einzelnen Mauerabschnitten wurden folgende Vernadelungen eingebaut. Die Lage der Vernadelungen ist in den Plänen zur Maßnahmedokumentation Anlage 5 dargestellt.

6. Bauabschnitt

Abschnitt zwischen Weichhaus 1 und 2

Südlich des Pulverturms

15 Stück a 1,15 m =	17,25 m
15 Stück a 1,10 m =	16,50 m
15 Stück a 1,00 m =	15,00 m
15 Stück a 0,90 m =	13,50 m
Gesamt	62,25 m

Nördlich des Pulverturms

11 Stück a 1,15 m =	12,65 m
11 Stück a 1,10 m =	12,10 m
11 Stück a 1,00 m =	11,00 m
11 Stück a 0,90 m =	9,90 m
6 Stück a 0,70 m =	4,20 m
Gesamt	49,85 m

Teilabschnitt zwischen Weichhaus 11 und 12

18 Stück a 1,15 m =	20,70 m
18 Stück a 1,10 m =	19,80 m
18 Stück a 1,00 m =	18,00 m
18 Stück a 0,90 m =	17,10 m
6 Stück a 0,80 m =	4,80 m
6 Stück a 0,70 m =	4,20 m
Gesamt	84,60 m

Abschnitt zwischen Weichhaus 14 und 15	37 Stück a 1,05 m = 33,85 m 35 Stück a 1,00 m = 35,00 m 38 Stück a 0,95 m = 36,10 m 38 Stück a 0,80 m = 30,40 m 20 Stück a 0,60 m = 12,00 m <u>19 Stück a 0,50 m = 9,50 m</u> Gesamt 161,85 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 15 und 16	33 Stück a 1,10 m = 36,30 m 31 Stück a 1,00 m = 31,00 m 35 Stück a 0,90 m = 31,50 m 34 Stück a 0,80 m = 27,20 m 18 Stück a 0,70 m = 12,60 m <u>15 Stück a 0,60 m = 9,00 m</u> Gesamt 147,60 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 16 und 17	30 Stück a 1,05 m = 31,50 m 28 Stück a 1,00 m = 28,00 m 28 Stück a 0,95 m = 26,60 m 29 Stück a 0,80 m = 23,20 m 15 Stück a 0,65 m = 9,75 m <u>16 Stück a 0,55 m = 8,80 m</u> Gesamt 127,85 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 17 und 18	88 Stück a 1,00 m = 88,00 m 31 Stück a 0,80 m = 24,80 m <u>30 Stück a 0,65 m = 19,50 m</u> Gesamt 132,30 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 18 und 19	90 Stück a 1,00 m = 88,00 m 28 Stück a 0,80 m = 22,40 m <u>30 Stück a 0,55 m = 16,50 m</u> Gesamt 128,90 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 28 und 29	33 Stück a 1,05 m = 34,65 m 32 Stück a 1,00 m = 32,00 m <u>33 Stück a 0,90 m = 29,70 m</u> Gesamt 96,35 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 32 und 33 Durchgang bis Weichhaus 32	31 Stück a 1,10 m = 34,10 m 30 Stück a 1,00 m = 30,00 m 31 Stück a 0,95 m = 29,45 m <u>30 Stück a 0,90 m = 27,00 m</u> Gesamt 120,55 m

Durchgang bis Weichhaus 33

16 Stück a 1,10 m =	17,60 m
30 Stück a 1,05 m =	31,50 m
29 Stück a 1,00 m =	29,00 m
29 Stück a 0,90 m =	26,10 m
16 Stück a 0,75 m =	12,00 m
<u>15 Stück a 0,70 m =</u>	<u>10,50 m</u>
Gesamt	126,10 m

Abschnitt zwischen Weichhaus 33 und 34

34 Stück a 1,05 m =	35,70 m
33 Stück a 0,90 m =	29,70 m
34 Stück a 0,75 m =	25,50 m
33 Stück a 0,65 m =	21,45 m
<u>17 Stück a 0,55 m =</u>	<u>9,35 m</u>
Gesamt	121,70 m

7. Bauabschnitt

Abschnitt zwischen Weichhaus 4 und 5

35 Stück a 1,10 m =	38,50 m
30 Stück a 1,05 m =	31,50 m
34 Stück a 1,00 m =	34,00 m
32 Stück a 0,90 m =	28,80 m
19 Stück a 0,60 m =	11,40 m
<u>18 Stück a 0,55 m =</u>	<u>9,90 m</u>
Gesamt	126,10 m

Abschnitt zwischen Weichhaus 5 und 6

34 Stück a 1,20 m =	40,80 m
33 Stück a 1,15 m =	37,95 m
35 Stück a 1,00 m =	35,00 m
36 Stück a 0,90 m =	32,40 m
19 Stück a 0,70 m =	13,30 m
<u>19 Stück a 0,60 m =</u>	<u>11,40 m</u>
Gesamt	170,85 m

Abschnitt zwischen Weichhaus 6 und 7

34 Stück a 1,05 m =	35,70 m
33 Stück a 1,00 m =	33,00 m
36 Stück a 0,90 m =	32,40 m
37 Stück a 0,80 m =	29,60 m
18 Stück a 0,70 m =	12,60 m
<u>18 Stück a 0,60 m =</u>	<u>10,80 m</u>
Gesamt	154,10 m

Abschnitt zwischen Weichhaus 7 und 8	23 Stück a 1,10 m = 25,30 m 27 Stück a 1,05 m = 28,35 m 29 Stück a 0,95 m = 27,55 m 30 Stück a 0,80 m = 24,00 m 15 Stück a 0,70 m = 10,50 m <u>9 Stück a 0,60 m = 5,40 m</u> Gesamt 121,10 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 8 und 9	31 Stück a 1,05 m = 32,55 m 28 Stück a 0,95 m = 26,60 m 31 Stück a 0,85 m = 26,35 m 29 Stück a 0,75 m = 21,75 m 17 Stück a 0,55 m = 9,35 m <u>16 Stück a 0,50 m = 8,00 m</u> Gesamt 124,60 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 12 und 13	32 Stück a 1,10 m = 35,20 m 28 Stück a 1,00 m = 28,00 m 33 Stück a 0,90 m = 29,70 m 31 Stück a 0,80 m = 24,80 m 17 Stück a 0,70 m = 11,90 m <u>18 Stück a 0,50 m = 9,00 m</u> Gesamt 138,60 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 13 und 14	25 Stück a 1,10 m = 27,50 m 25 Stück a 1,05 m = 26,25 m 27 Stück a 1,00 m = 27,00 m 29 Stück a 0,90 m = 26,10 m 15 Stück a 0,80 m = 12,00 m <u>14 Stück a 0,70 m = 9,80 m</u> Gesamt 128,65 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 20 und 21 Nadeln im erhaltenen Bereich	21 Stück a 1,20 m = 25,20 m 15 Stück a 1,10 m = 16,50 m 20 Stück a 1,00 m = 20,00 m 18 Stück a 0,90 m = 16,20 m 17 Stück a 0,80 m = 13,60 m <u>17 Stück a 0,70 m = 11,90 m</u> Gesamt 103,40 m
Nadeln im neu aufgemauerten Bereich	22 Stück a 0,80 m = 17,60 m 5 Stück a 0,70 m = 3,50 m <u>17 Stück a 0,60 m = 10,20 m</u> Gesamt 31,30 m

Abschnitt zwischen Weichhaus 25 und 26	46 Stück a 1,20 m = 55,20 m
	24 Stück a 1,00 m = 24,00 m
	22 Stück a 0,90 m = 19,80 m
	Gesamt 99,00 m
Abschnitt zwischen Weichhaus 30 und 31	31 Stück a 1,20 m = 37,20 m
	30 Stück a 1,10 m = 33,30 m
	32 Stück a 1,00 m = 32,00 m
	30 Stück a 0,90 m = 27,00 m
	17 Stück a 0,85 m = 14,45 m
	5 Stück a 0,80 m = 4,00 m
	Gesamt 147,95 m

3.03 Flankierende Maßnahmen

In Einzelbereichen mussten besondere flankierende Maßnahmen zur Verhinderung des Austritts von Injektionsmaterial bei den Verpressarbeiten ausgeführt werden, da durch ein Verstopfen der Austrittöffnungen mit Werg keine ausreichende Abdichtung gewährleistet werden konnte.

Die Mauer weist zahlreiche Öffnungen im Sichtmauerwerk auf, in die bei der Erbauung Gerüsthölzer eingelegt wurden (Gerüstlöcher). Diese Öffnungen blieben unverschlossen und sollten auch bei der Instandsetzung erhalten werden. In den Gerüstlöchern waren die Fugen unzugänglich und konnten nicht geschlossen oder abgedichtet werden.

Die Gerüstlöcher wurden deshalb vollständig mit Lehm verfüllt. Die Lehmverfüllung wurde nach Abschluss der Injektionsarbeiten ausgebaut und mit Hochdruckwasser vollständig ausgewaschen.

An der Feldseite wurden in mehreren Gärten Gartenhäuser oder Schuppen an die Stadtmauer angebaut. Da die durch die Anbauten abgedeckten Bereiche nicht einsehbar sind, wurde die Verfugung nicht oder unzureichend ausgeführt. Soweit die Mauerflächen zugänglich waren, wurde die Verfugung als Spritzverfugung nachgebessert oder hergestellt.

Die Zugänglichkeit der Mauerflächen war jedoch nicht gegeben, wenn in den angebauten Gebäuden eine Wandbekleidung oder Mauerwerksschale in geringem Abstand vor das Mauerwerk der Stadtmauer gesetzt wurde. Hier wurde der Zwischenraum zwischen Bekleidung oder Vorsatzschale und Stadtmauer mit einer Blähtonfüllung 2 – 4 mm (maxit clay AS 104) ver-

füllt. Das austretende Injektionsgut konnte die Blähtonfüllung lediglich einige Zentimeter tief penetrieren und kam dann zum Stillstand.

Weitere Mauerbereiche mit unzureichend verschlossenen Fugen befanden sich in Bereichen mit Efeubewuchs, der bei den Sanierungsarbeiten des 1. bis 5. Bauabschnitts erhalten wurde. Hier musste der Efeu teilweise abgenommen und die Verfugungen nachgebessert werden.

3.04 Instandsetzung des eingestürzten Bereichs zwischen den Weichhäusern 20 und 21

Die Maßnahmen des Loses 2 des 7. Bauabschnittes umfassten die Instandsetzung des im April 2006 eingestürzten Bereichs der Stadtmauer zwischen den Weichhäusern 20 und 21.

Bereits vor Beginn der Winterperiode 2006 wurde das Mauerwerk der stadtseitig stehen gebliebene Mauerwerksschale durch Spritzmörtel gesichert.

Im folgenden wurden dann die angrenzenden Mauerwerksbereiche durch Injektion von Schaummörtel und den Einbau von Vernadelungen gesichert.

Im Juli 2007 wurde dann mit der Wiedererrichtung des Mauerwerks begonnen.

Zunächst wurde die Einsturzstelle beräumt. Die Feldsteine des eingestürzten Mauerwerks wurden aussortiert und gelagert. Bauschutt wurde entsorgt.

Die Reste eines unter den Einsturzmassen begrabenen Schuppens wurden geborgen und gesondert gelagert.

Bei der Beräumung des Einsturzbereichs musste das jeweils freigelegte Mauerwerk abschnittsweise durch Spritzmörtel gesichert werden.

Der Wiederaufbau des Mauerwerks erfolgte streng nach dem Vorbild des im Bestand erhaltenen Mauerwerks der angrenzenden Abschnitte. Insbesondere wurde die charakteristische Struktur, die durch eine Lagenbildung von ca. 1 m Höhe gekennzeichnet ist, wieder hergestellt. Hier wurde das Mauerwerk jeweils mit Steinen kleineren Formats abgeglichen. Durch das Abgleichen der Mauerebenen wurden in regelmäßigen Höhen neue Ebenen geschaffen, die das Auflager für den nächsten Mauerwerksstreifen bildeten. Dazu mussten die geborgenen Steine vor dem Einbau nach ihrer Größe sortiert werden.

Das Mauerwerk wurde mit Trasskalkmörtel der Mörtelgruppe III hergestellt.

Verwendet wurde Märker-Trasskalkmörtel des Herstellers HASIT Trockenmörtel GmbH, Freising, ein mineralischer Werk-Trockenmörtel der III bzw. M 10 (bei erdfeuchter Konsis-

tenz im verdichteten Zustand) nach DIN EN 998-2, auf Basis von hochhydraulischem Trasskalk (DIN 1060) und ausgesuchten Sanden (0-4 mm Körnung).

Die Verfugung des Mauerwerks erfolgte mit dem unter 3.01 beschriebenen Fugenmörtel im Spritzverfahren.

Die Mauerkrone wurde mit einer nach den Außenseiten gewölbten Mörtelabdeckung versehen.