

Holmen, Magazingebäude

MB Projekt ApS nahm an den Sanierungsarbeiten der alten Magazingebäude auf den Holmen (dänisch: "Holmen" = kleine, oftmals unbewohnte Insel) in Kopenhagen teil, wo aufsteigende Feuchtigkeit in bis zu 1 Meter dicken Wänden zu Problemen führte. Es folgen die Beschreibungen einiger Problemstellungen und die dafür gewählten Lösungen.

Die Geschichte des Holmen

Seit die dänische Flotte 1995 von den Holmen wegzog, hat das Gebiet eine große Wandlung erlebt. Einige der Magazine sind restauriert und zu Wohnungen umgebaut worden und das bekannte Kopenhagen kann nun aus neuen Blickwinkeln gesehen werden. Von dort aus können die neuen Einwohner die großartige Aussicht mit Blick auf den Hafen, den Springbrunnen des Amaliegartens, das Profil des Königenschlosses Amalienborg, die Marmorkirche, und jetzt auch auf das neue Opernhaus genießen. Am Frederiksholm befinden sich Wohnungen in den nördlichen und südlichen Hauptmagazinen, die in den Jahren 1767-72 gebaut wurden.

Von je her ist Kopenhagen nicht nur der größte Hafen Dänemarks gewesen, sondern hat auch von Anfang des 16. Jahrhunderts an die Flotte beherbergt. Diese Entscheidung war kein Zufall, da Kopenhagen in der am meisten genutzten Durchfahrt zwischen der Nord- und Ostsee, dem Öresund, liegt, welcher schon damals ein vermessenes Gewässer mit ausreichender Tiefe für große Schiffe war. Im Jahre 1692 wurden die ersten Werkstatt- & Magazingebäude auf Nyholm fertig gestellt. Der große Nordische Krieg und die nachfolgende Rezession hatten einen vorübergehenden Stillstand für die Entwicklung des Gebiets zur Folge und erst gegen Ende der 1720'er Jahre wurde die Bebauung wieder fortgesetzt.



Bilder von den alten Holmen, wo noch viele erhaltungswürdige Gebäude stehen.

Aus erhaltenen Zeichnungen ist bekannt, dass die meisten Gebäude Grundmauern haben. Die Werkstattgebäude sind architektonisch mit vielen Details versehen. Auf Nyholm ist dies besonders gut sichtbar. Hier findet man noch heute eine Reihe von Gebäuden die kurz nach dem großen Nordischen Krieg gebaut wurden. Ein Ausdruck für die Qualität und Solidität der Bauten. Diese Gebäude sind in den letzten Jahren zu Wohnungen, Ateliers und Büros umgebaut geworden.

Problemstellung

Nach dem Wegzug der Flotte von den Holmen im Jahre 1995, wurden viele interessante Projekte im Zusammenhang mit dem Umbau und der Sanierung der alten Gebäude und Infrastruktur durchgeführt. **MB Projekt ApS** hat an vielen dieser Projekte teilgenommen, wobei die Bekämpfung aufsteigender Feuchtigkeit mit Hilfe von Horizontalsperren eines der interessantesten war.

Der Untergrund auf den Holmen ist stark wasserführend. Das hat in mehreren Gebäuden mit tief liegenden Grundmauern zu großen Problemen geführt. Es ist zu beachten, dass der Wasserspiegel im Kanal des Kopenhagener Hafens nur ungefähr einen Meter unter dem Terrain liegt.

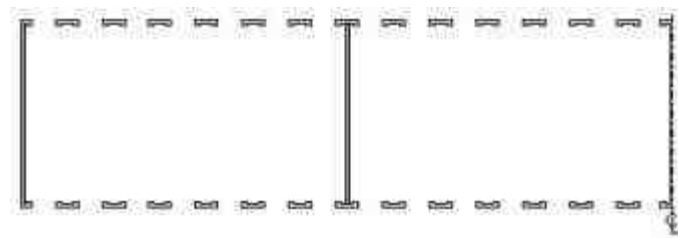


Südliches Magazin nach dem Umbau zu Wohnungen.

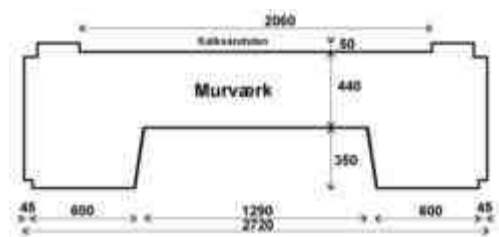


Torpedowerkstatt nach dem Umbau zu einem IT-Betrieb.

Im Herbst 1999 wurden wir gebeten dabei behilflich zu sein, die aufsteigende Feuchtigkeit im alten, südlichen Magazin, das am Frederiksholm liegt, zu stoppen. Das Gebäude sollte zu Luxuswohnungen umgebaut werden. Das südliche Magazin ist ein Ziegelsteinbauwerk ohne abgedichtete Grundmauern. Im unteren Stockwerk befinden sich in den Fassaden 28 Tore mit 27 Sektionen im Mauerwerk. Außerhalb der Türöffnungen sind die Giebelwände und die mittleren quer laufenden Mauern massiv. Die Dicke und Beschaffenheit der Mauern führte dazu, dass es sich keine der angefragten Firmen zutraute diese Aufgabe in Angriff zu nehmen. Die Situation sah wie folgt aus:



Grundriss des südlichen Magazins (nur der südlichen Hälfte). Maße für die einzelnen Mauersektionen sind rechts erkenntlich.



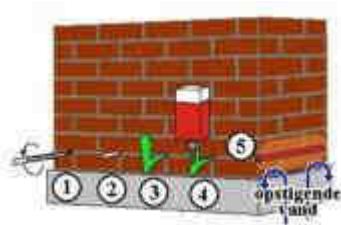
Grundriss von einer Mauersektion im südlichem Magazin. (Maße in mm).

Lösung

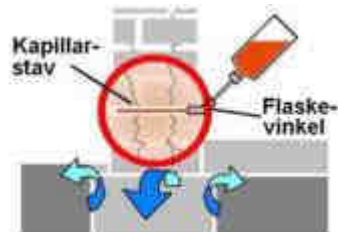
Eine Horizontalsperre mit KÖSTER CRISIN® 76 wurde mittels druckloser Injektion installiert. Diese wurde mit einer Vertikalsperre aus KÖSTER NB-Dichtungsschlämme I grau kombiniert. Beide Produkte sind von der KÖSTER BAUCHEMIE AG.

Im Vergleich zu anderen Produkten besitzt KÖSTER CRISIN® 76 eine Reihe einzigartiger Eigenschaften:

- das Material saugt sich durch die Kapillaren selbst in das Mauerwerk hinein
- funktioniert sowohl in nassem als auch trockenem Mauerwerk
- funktioniert unabhängig von der Anwesenheit verschiedener Salze



1. Bohrung des Lochs
2. Einführen d. Kapillarstäbchen
3. Montage d. Saugwinkel
4. Montage d. Kartuschen
5. Installation d. Horizontalsperre



Kapillarstäbchen bildet eine Brücke über Hohlräume.



CRISIN®-Kartuschen mit der ersten Winkelgeneration.

Die Horizontalsperre ist eine chemische Sperre im gesamten Querschnitt der Mauer. Mit einem Abstand, der von der Dicke der Mauer abhängt, werden eine Reihe von Löchern in die Fugen gebohrt. Durch ein Kapillarstäbchen in jedem Loch, wird KÖSTER CRISIN® 76 in die Kapillaren des Mauerwerks gesaugt. KÖSTER CRISIN® 76 wird in Kartuschen geliefert, deren Menge genau so dosiert ist, dass die Kapillaren rund um jedes Loch gefüllt werden. KÖSTER CRISIN® 76 dringt überall dort ein, wo auch Wasser eindringen kann.

Die vertikale Sperre ist eine Abdichtung des Mauerwerkes, das direkten Kontakt mit dem Boden hat, bis zur Horizontalsperre.

Bestimmung des Feuchtgehaltes



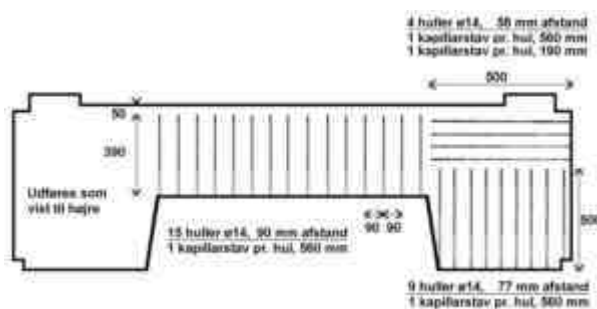
Um auf diese Aufgabe einzugehen, verlangten wir, dass die Effektivität der Lösung erst auf einer Probefläche mit Vollskala dokumentiert würde. Zuerst wurde dem Mauerwerk eine Probe entnommen, um den Feuchtgehalt zu messen. Das AEC-Labor stellte 21 Gewichts-% fest. Die Probe war also komplett mit Wasser gesättigt.

Hiernach wurde das Feuchteniveau des Gebäudes – auf ungefähr 100 mm über Oberkante Erdreich – gemessen, dort, wo die Horizontalsperre in diesem Fall platziert werden musste. Die Werte variierten zwischen 10 und 68 Einheiten, wobei 12 - 15 eine normale trockene Wand ist.

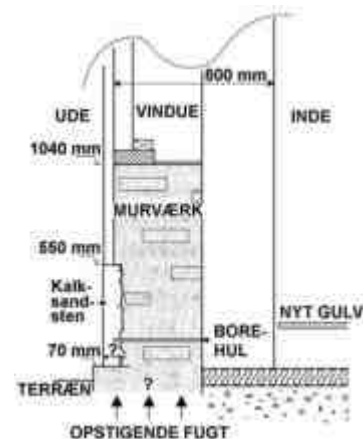
Die Dokumentation des AEC-Labors über den Feuchtgehalt kann zur Verfügung gestellt werden.

Aufstellen der Probefläche

Um die Horizontalsperre zu installieren, wurde ein Plan für die Bohrarbeit erstellt. In die äußeren, unteren Kalksandsteine durfte aufgrund des Denkmalschutzes nicht gebohrt werden, weshalb alle Löcher von der Innenseite gebohrt wurden. Es wurde auch Berücksichtigt, dass nur eine Kartusche CRISIN® 76 per Loch verwendet werden sollte. Die untenstehenden Bilder zeigen die Platzierungen der Bohrlöcher.



Die Löcher wurden wie gezeigt platziert, um eine möglichst gleichmäßige Bohrarbeit zu erreichen.

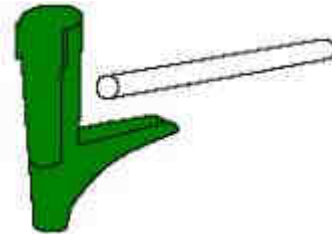


Die Bohrlöcher sind gleich unter dem neuen Boden platziert. Die Mauer vom alten Boden bis zu den Löchern ist mit 2 Schichten NB-Dichtungsschlämme I grau abgedichtet.

Bei der Bohrarbeit war es an vielen Stellen sowohl sicht- als auch spürbar dass die Mauer nass war. Es entstand kein Bohrstaub, aber ein pastenartiger Matsch. Zudem waren viele Hohlräume erkennbar. Hier konnte das patentierte System mit den Kapillarstäbchen seine Stärke ausspielen, mit dem die Flüssigkeit an Hohlräumen vorbeigeführt wird.

Alle Löcher wurden mit Druckluft und Staubsauger gereinigt. Einige Löcher mussten nachgebohrt werden, um nachfallendes Material aus den Hohlräumen zu entfernen. Die genutzten Kapillarstäbchen waren ca. 750 mm lang und ragten (mit Rücksichtnahme auf die korrekte Montage der KÖSTER Saugwinkel) 50 - 80 mm aus der Wand heraus. Deshalb mussten einige der Kapillarstäbchen verlängert werden, indem ein weiteres Stäbchen nachgeschoben wurde.

Die Kapillarstäbchen wurden mit dem KÖSTER Saugwinkel zusammen montiert. Dabei wurde das Stäbchen in den Vorratsbehälter des Winkels geklemmt. Um zu vermeiden, dass die Flüssigkeit neben die Kapillarstäbchen läuft, wurden diese in den Saugwinkeln vorgeätzt (damit die Kapillarstäbchen aufquellen) und teilweise mit KÖSTER NB-Dichtungsschlämme I grau rund um die Saugwinkel abgedichtet. Im Vorratsbehälter der Saugwinkel wird KÖSTER CRISIN® 76 von den Kapillarstäbchen aufgesaugt, und drucklos injiziert.



Die Saugwinkel sind deutlich verbessert worden, und auch längere Kapillarstäbchen können geliefert werden (bis 96 cm).

Nach der Montage mussten die Kartuschen mindestens 24 Stunden an ihrer Position bleiben. Nach 72 Stunden wurde eine Sättigung der Mauer erreicht, und die Kartuschen wurden demontiert. Viele Kartuschen waren ganz entleert. Einige, Kartuschen blieben fast komplett gefüllt zurück, was, zum Beispiel bei einem Mauerwerk aus fest gebrannten Ziegelsteinen, nicht ungewöhnlich ist.



Mauersektion des Vollskalaversuches.



Die Kartuschen wurden unterschiedlich stark entleert.



Es wird deutlich, dass KÖSTER CRISIN® 76 in eine breite Zone der Mauer penetriert.



KÖSTER CRISIN® 76 zog von dem äußersten Loch rechts in die Mauerfassade.



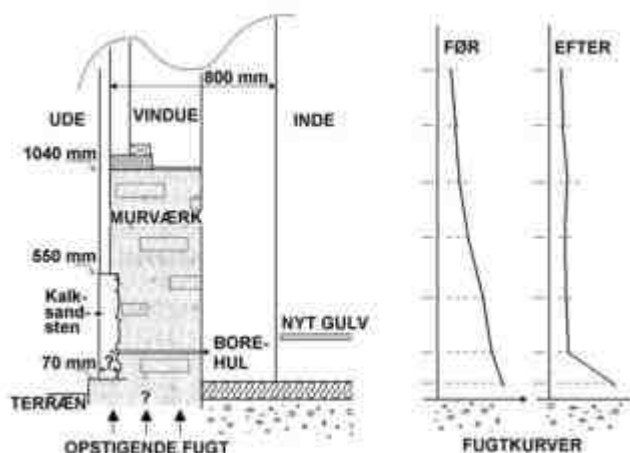
Fertiger Vollskalaversuch.

Kontrolle des Feuchteprofils

Auf der Prüffläche wurde entlang 4 senkrechter Linien jede dritte Schicht gemessen. Hierbei entstand ein Feuchteprofil der Mauer. Nach 2 Wochen war eine deutliche Tendenz zur Feuchtereduktion erkennbar. Nach 5 Wochen war der Effekt eindeutig.

Feuchtekurve:

Die Wand besitzt durch Feuchtigkeit in der Umgebung immer einen gewissen Feuchtegehalt, der jedoch niedrig und harmlos ist.



Südliches Magazin (Gebäude 75)

Aufgrund der Prüffläche wünschte der Bauherr, eine Horizontalsperre mit KÖSTER CRISIN® 76 in allen Wänden. Vor Beginn der Arbeiten wurden alle Wände - bis zur Decke - mittels Sandstrahlung gesäubert und mit KÖSTER Anti-Sulfat imprägniert. An den Innenwänden wurde bis zu einer Höhe von 0,3 Meter eine Vertikalsperre aus KÖSTER NB-Dichtungsschlämme I grau und KÖSTER Polysil® aufgebracht. Damit wurde die Feuchtigkeit, unterhalb der Horizontalsperre daran gehindert nach innen aus der Wand auszutreten. Zudem konnte damit verhindert werden, dass die Feuchte im Mauerwerk Kontakt zur neuen Bodenfläche bekam, die 0,3 Meter höher als der alte Betonboden platziert wurde.

Gebäude 75	Länge 145 Meter, Breite 14 Meter
Löcher ø 14 mm	2.842 Stück
Bohrung	1,6 km Löcher in den Tiefen von 390 bis 700 mm
KÖSTER CRISIN® 76	2.900 Kartuschen
KÖSTER Anti-Sulfat	180 Kg
KÖSTER Polysil®	50 Kg
KÖSTER NB-Dichtungsschlämme I grau	900 Kg



Vor der Entfernung des alten Putzes. Feuchteschäden und alte Reparaturen sind sichtbar.



Die Kapillarstäbchen sind montiert, und die Saugwinkel werden eingesteckt.



Ein Blick durch Abschnitt A.



Andrang in der Ecke. Eine Kartusche wurde sehr schnell entleert.



In der Mitte ist deutlich zu sehen, wie KÖSTER CRISIN® 76 aus dem Loch längs der Wand dringt.



KÖSTER CRISIN® 76 ist injiziert und KÖSTER NB I grau wird aufgetragen.

Torpedowerkstatt (Gebäude 47)

Dieses Gebäude liegt noch näher am Wasser als das südliche Magazin. Das Gebäude wurde für eine IT-Firma hergerichtet, weshalb hier sehr gut gegen Feuchtigkeit geschützt werden musste. Die Aufgabe war komplizierter, da die Dicke der Mauern von 250 bis 1.000 mm variierte. Zu sehen im unten links stehenden Bild. Darüber hinaus mussten zunächst viele Ausbrüche in den Wänden repariert werden. Im südlichen Teil lagen starke Salzausblühungen an den Wänden vor.



Torpedowerkstatt. Diese Wände sind fast 1 Meter dick.



Eine von vielen Reparaturen.



10 - 12 mm lange Salzausblühungen im Gebäudeteil, der vom Wasser am weitesten entfernt liegt.

Nach der Säuberung der Wände wurden alle Reparaturen ausgeführt. Dort, wo die stärksten Salzausblühungen vorlagen sollten Heiz- und Technikraum eingerichtet werden, weshalb der Bauherr dort keine Horizontalsperre haben wollte. Im übrigen Gebäude wurde KÖSTER CRISIN® 76 als Horizontalsperre verwendet, während KÖSTER NB-Dichtungsschlämme I grau und KÖSTER Polysil® als Vertikalsperre verwendet wurde. Da die Wände allein aus Ziegelsteinen gebaut waren, wurde in die etwa 1.000 mm dicken Wände sowohl von der Außen- als auch Innenseite gebohrt. In alle anderen Mauern wurde nur von einer Seite gebohrt.



In diesem Abschnitt wurde sowohl von Innen als auch Außen gebohrt.



Gebäude 47. Der Technikraum liegt vorne im Bild, die Torpedowerkstatt auf der anderen Seite.



4 Jahre später. Die Mauern sind trocken.

Gebäude 47	Länge 85 Meter, Breite 13 Meter
Löcher ø14 mm	2.668 Stück
Bohrung	1,58 Km Löcher in den Tiefen von 200 bis 1.000 mm
KÖSTER CRISIN® 76	2.700 Kartuschen
KÖSTER NB-Dichtungsschlämme I grau	500 Kg

Nachschrift

Rund 6 Monate nachdem die Technikräume und die Büroräume in Betrieb genommen wurden, waren an der Wand in der Torpedowerkstatt Stockflecken bis ein Meter Höhe an den Wänden zu sehen, und die Büroräume rochen muffig. Da es sich um eine der Wände handelte, die zunächst einmal nicht behandelt worden war, wurde diese anschließen mit denselben Methoden wie bei den vorherigen Wänden saniert. Gleichzeitig wurde die bereits abgeschlossene Arbeit detailliert inspiziert, ohne dass Feuchtigkeitsprobleme festgestellt wurden. Es war sehr zufriedenstellend konstatieren zu können, dass das Wasser den ganzen Weg unter dem Gebäude passieren konnte, und erst genau an der Stelle sichtbar wurde, an der die Wand nicht mit KÖSTER CRISIN® 76 behandelt worden war.