

Sanierung eines Turmes: neue Erkenntnisse und ihre Umsetzung an der reformierten Kirche Enge in Zürich

Autor(en): **Zehnder, Konrad / Lüscher, Rolf A. / Baumgartner, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **128 (2002)**

Heft 33-34: **Instand setzen und erneuern**

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-80462>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Sanierung eines Turmes

Neue Erkenntnisse und ihre Umsetzung an der reformierten Kirche Enge in Zürich

Die gut 100 Jahre alte Kirche in Zürich Enge weist bautechnische Besonderheiten auf, die hohe Anforderungen an den Unterhalt stellen. Bei der aktuellen Sanierung des Turmes wurde versucht, minimal, aber gezielt in die Bausubstanz einzugreifen, wo kritische Schwachstellen zu grossen Verwitterungsschäden geführt hatten.



1

Aktuelle Ansicht der Kirche von Osten (Bild: Kuno Gyga 1998; Kantonale Denkmalpflege)

Die protestantische Kirche in Zürich Enge (1892–94) ist einer der wichtigsten Kirchenbauten im Stil der Neu-renaissance in der Schweiz und zugleich ein Hauptwerk des Architekten, Semperschülers und -nachfolgers Albert Friedrich Bluntschli (1842–1930). Die Architektur und die Einbettung in die Landschaft erfüllen in hervorragender Weise die von der Baukommission beabsichtigte – und für den Historismus typische – malerische Denkmalhaftigkeit, die das Stadtbild von Zürich markant prägen sollte (Bild 1).

Architektur und Baugeschichte

Die Kirche Enge ist als zweigeschossiger Zentralbau mit hoher Tambourkuppel und seitlichem Turm konzipiert, wobei die Hauptfassade gegen Osten, d. h. zum See und damit zum Stadtzentrum, gerichtet ist. Der Turm ist nach Art eines italienischen Campanile gestaltet und misst bis zur Spitze nahezu 60 Meter (Bild 1). Er ist im Unterbau formal wie die Kirche behandelt; darüber wächst der Turmschaft empor; die Ecklisenen sind mit Gneis, die Flächen mit Kalktuff verkleidet. Im obersten Drittel sind allseitig Uhrzifferblätter und Ausgucke der Feuerwächter eingerichtet. Über einem kräftigen Gurtgesims erhebt sich die Glockenstube mit Schallfenstern in Form einer Serliana, bekrönt von einem offenen Dreieckgiebel, mit Obelisk in den Ecken.

Das Vorgehen

Für die Denkmalpflege und den Architekten stellte sich vor Beginn der Sanierungsarbeiten das Problem, dass aufgrund der Besichtigung an Ort Schäden durch eindringende Feuchtigkeit und Abplatzen der Tuffsteinverblendung zwar festgestellt, deren Ursachen jedoch nicht lokalisiert werden konnten. Es wurde deshalb beschlossen, das Planungsteam aus Architekt und Denkmalpfleger um einen Bauingenieur und einen Technologiefachmann zu erweitern. Ohne eine vorgängige, genügend detaillierte Bestandes- und Zustandsaufnahme war es kaum möglich, die Turmfassaden praktisch und ökonomisch zuverlässig zu begutachten. Einen halben Tag lang machten Ingenieur und Steinhauer auf einem Pneukran erste Vorabklärungen als stichprobenhafte Grobanalyse mit vereinzelt Detailfotos von gravierenden Schadstellen. Danach wurde das Steinhauergerüst zu einem bauphysikalisch unüblichen

Am Turm verwendete Steinarten

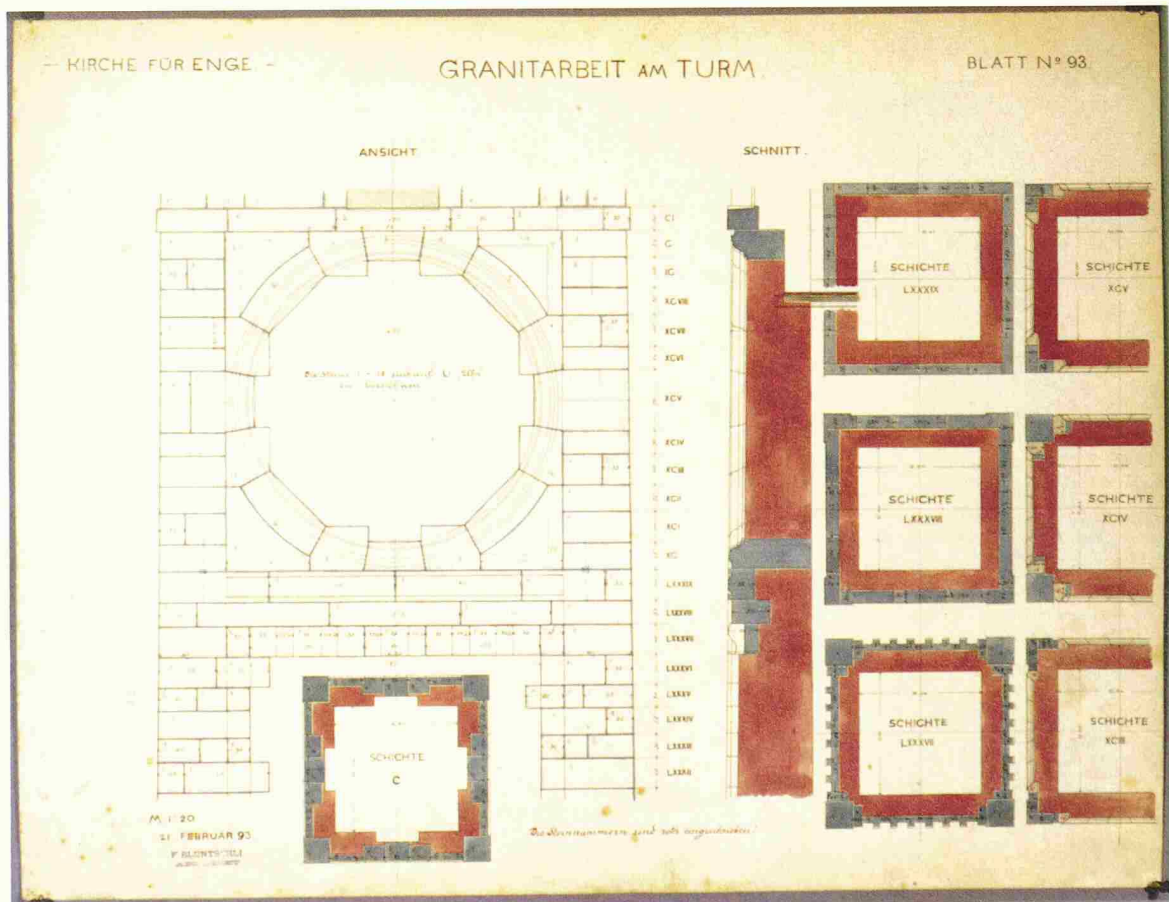
Osogna-Gneis: Ein Gneis aus Osogna, auch als Tessinergneis oder «Tessinergneis» bezeichnet: Gneis ist der petrografische Begriff für ein granitähnliches Gestein mit gerichteter bis schiefriger Textur (im Unterschied zu Granit, der massig ist). Gneis ist ein sehr dichtes und praktisch wasserundurchlässiges Gestein.

Toggenburger Tuffstein: Ein Kalktuff oder «Quelltuff», d. h. ein Kalkstein, der durch Aussinterung aus kalkreichem Wasser bei Quellen entsteht. Der Stein ist feinporös und zugleich grobporig-löcherig, d. h. sehr wasserdurchlässig. Dennoch ist er normalerweise gegen Bewitterung ausserordentlich resistent.

Bäcker Sandstein: Ein Molasse-Sandstein aus der Gegend von Bäch am Zürichsee, auch als Plattensandstein bezeichnet. Dieser kalk- und tonmineralgebundene Sandstein ist relativ weich, sehr gut bearbeitbar; mässig porös und generell empfindlich gegen Bewitterung.

Savonnière-Kalkstein: Ein oolithischer, weicher und poröser Kalkstein aus Savonnière. Er wurde hier nur am Hauptbau verwendet.

Zeitpunkt, nämlich im November, aufgestellt. In den Wintermonaten erfolgten dann die Gebäudeaufnahmen, die Erstellung der verbindlichen Planunterlagen und darauf basierend die Material- und Zustandskartierung. Von Bedeutung war dabei die enge Zusammenarbeit zwischen der kantonalen Denkmalpflege als Bau-sachverständige und als Bewilligungsbehörde, dem Expert-Center für Denkmalpflege in Zürich (das eine Arbeitsgemeinschaft mit der Forschungsstelle für Technologie und Konservierung des Instituts für Denkmalpflege der ETH Zürich bildet), dem Architekten und dem Bauingenieur als bauausführende Planer. Gleichzeitig durchsuchten Architekt und Denkmalpflege die Archive der Kirchgemeinde, des Instituts für Geschichte und Technik der Architektur an der ETH Zürich, der Baupolizei und anderer nach vorhandenen und brauchbaren Dokumenten zur Bau- und Restaurierungsgeschichte (s. Kasten). Sie wirft einerseits ein Licht auf die rasante Stadtentwicklung um die vorletzte Jahrhundertwende und andererseits auf die schon früh einsetzenden bautechnischen Probleme. Das dabei gefundene umfangreiche Material, nämlich nahezu 400 Originalpläne von Bluntschli, erwies sich dennoch als teilweise ungenügend. Die Grundlagenpläne wurden mittels



Bau- und Restaurierungsgeschichte

1882: Ablösung der Kirchgemeinde Enge zusammen mit Leimbach von der Mutterkirchgemeinde St. Peter.
1887: Gründung eines Kirchenbauvereins Enge.
1888: Erstes Bauprojekt von Architekt Alfred Friedrich Bluntschli, ein Längsbau im Neurenaissance-Stil.
1890: Wettbewerb ausgeschrieben. Es werden 22 Projekte eingereicht, wovon keines zur Ausführung empfohlen wird.
1890: 27. Sept.: Entscheid des Bundesgerichts betr. Expropriation des Baugeländes (Eigentümer Adolf Guyer-Zeller), Entschädigung 213 000 Fr. Wahl der Baukommission.
1891: 16. Aug.: Kirchgemeinde entscheidet sich für ein neues Projekt von A. F. Bluntschli «hors concours». Bauleitung Hermann Fietz, später Kantonsbaumeister.
1892: 14. Mai: Grundsteinlegung.
1894: 24. Juni: Einweihung. Baukosten rund 588 000 Fr., Gesamtkosten inkl. Bauland rund 1 Mio. Fr.
1894 und 1900: Bau zweier Pfarrhäuser nach Plänen von A. F. Bluntschli.
1895, 1926 und 1944: Wegen Befürchtungen von statischen Schäden werden im Glockengeläute Schwingungsmessungen durchgeführt, die Auslenkungen von etwa 5–6 mm in der Schwingungsebene ergeben. Sie werden jedoch als baustatisch unbedenklich beurteilt.
1905: Bau der Brunnenanlage.
1923: Bau des Kirchgemeindehauses, Plan von Pflughard & Haefeli.
1926: Treppenanlage im unteren Bereich, d. h. am Aufgang von der Grütti- und Seestrasse, ausgebaut nach Plan von A. F. Bluntschli und Stadtbaumeister Hermann Herter. Gartengestaltung Gebr. Mertens. Plastiken von Arnold Hünerwadel.
1927: Inneres renoviert.
1944: Geläute korrigiert, zwei Glocken umgegossen von Rütschi, Aarau.
1945: Gurtbogen konsolidiert, neu gemalt.
1948–1952: Orgel erneuert nach Disposition von Organist E. Vollenwyder.
1954: Erste umfassende Aussenrenovation (Architekt Robert Fässler)
1963: Früherer Unterweisungsraum zu einem Besinnungsraum umgebaut von A. Notter.
1974: Wandleuchter nach alten Vorbildern angebracht.
1976: Renovation Schiff (Architekt Jacques Rosenberg).
1979–1984: Renovation Turm (Architekt Jacques Rosenberg).
1986: Renovation des Läutwerks, wodurch die Schwingungsamplituden des Turmes um ca. 30 % reduziert werden (gem. Empa-Bericht von 2001).
1991–1994: Orgel und altes Orgelfernwerk restauriert.
2000–2002: Sanierung von Turm und Kuppel. Um die statischen Belastungen durch das Glockengeläut auf ein Minimum zu reduzieren, wird der Glockenstuhl erneuert, an den sechs Auflagepunkten werden Schwingungsdämpfer eingesetzt, und die grösste Glocke wird mit einem neuen Joch versehen.

CAD übertragen, ergänzt durch Bereinigungen der ehemaligen Ausführungspläne (teilweises Korrigieren der Masse) sowie der steingerechten Aufnahme des Tuffsteinmauerwerkes (ausgeführt von der kantonalen Denkmalpflege).

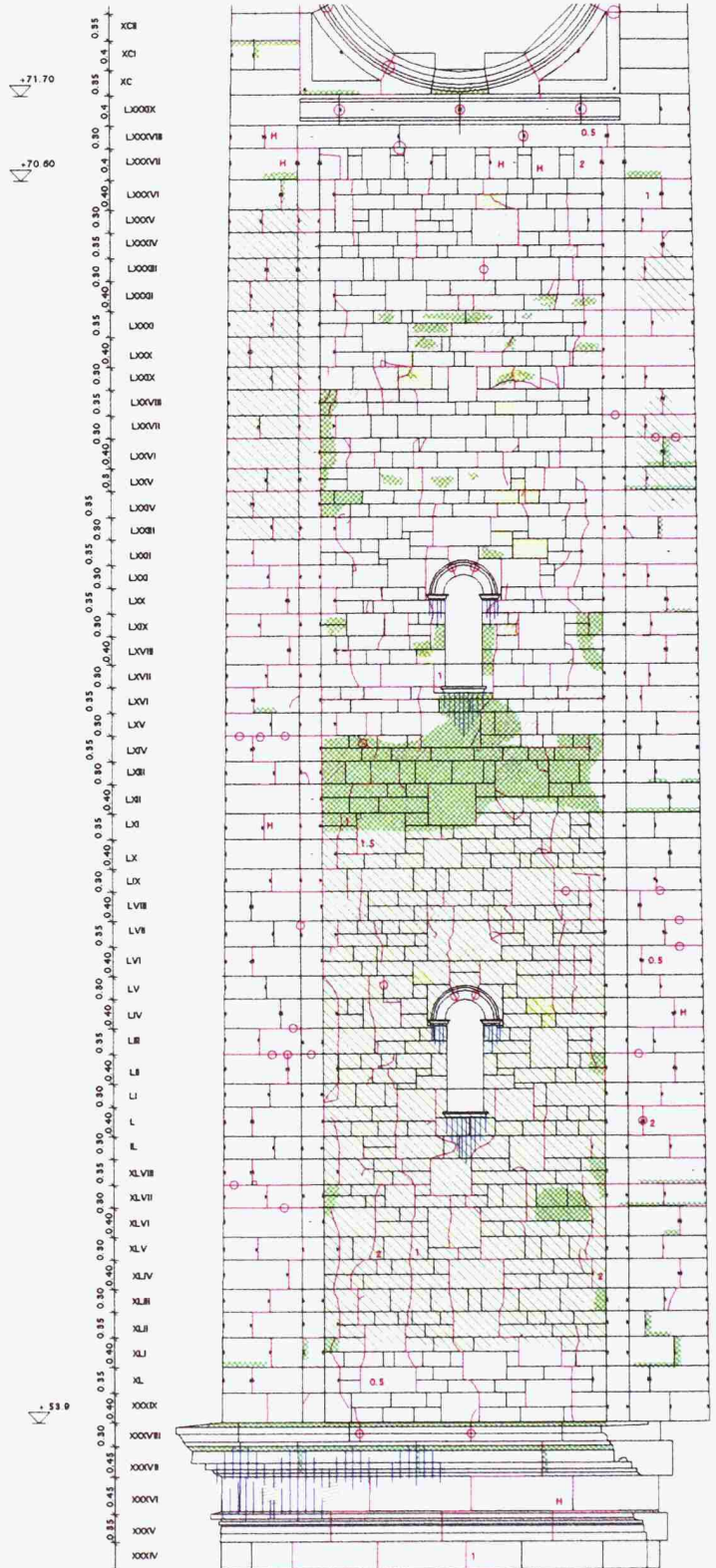
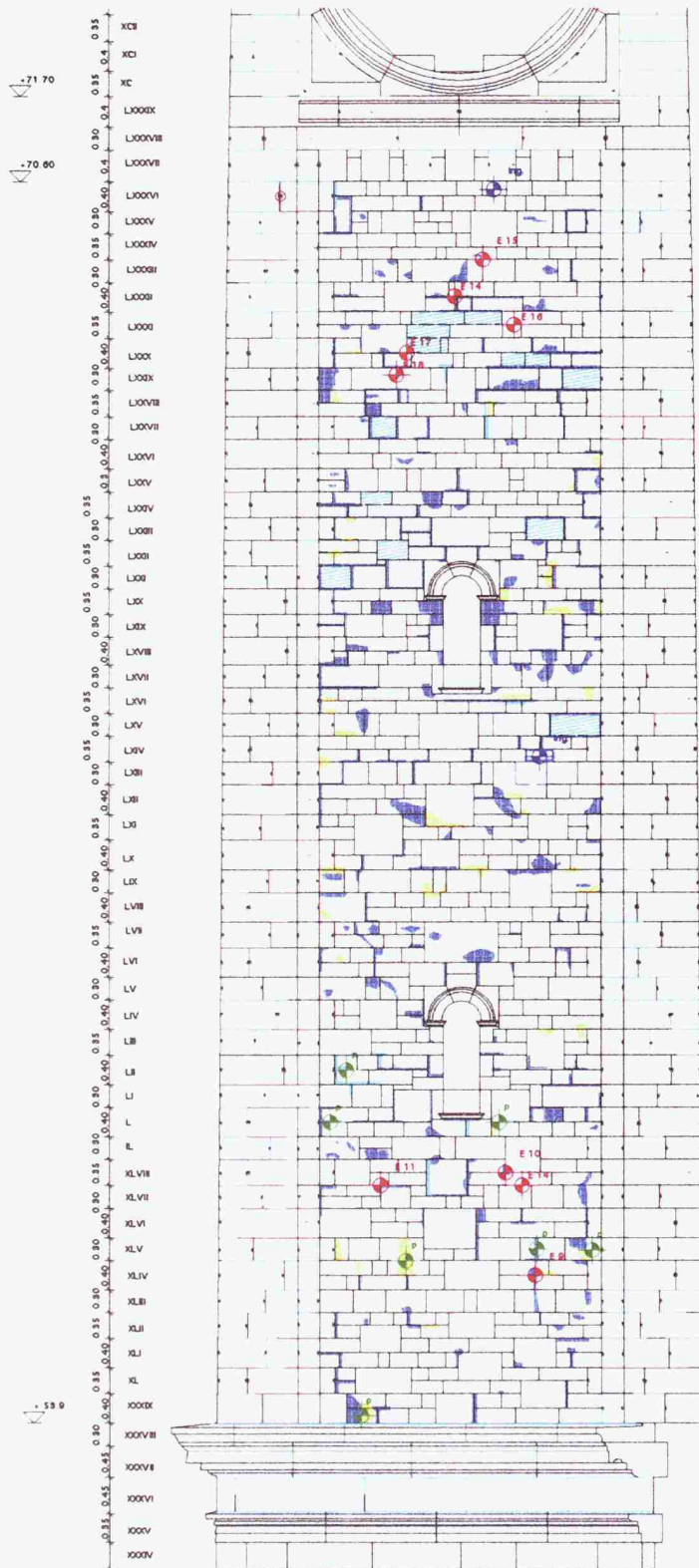
Diese Plangrundlage ermöglichte ein präzises Erfassen der vielfältigen Schäden. Das originale Nummerierungssystem der Steinschichten mit römischen Ziffern (Bild 2) wurde konsequent beibehalten, was sich als äusserst nützlich für Planung und Durchführung der Sanierung erwiesen hat. Auf diesen sehr genauen Plänen basierend wurden der materielle Bestand wie auch die Schäden des Turmes – gestützt auf einen umfassenden Kriterienkatalog – mittels CAD-Layertechnik kartiert und an typischen Beispielen fotografiert. Dies war eine Voraussetzung zum Erkennen der Schäden und ihres Ausmasses im Gesamtkontext und bildete die Grundlage für die im Frühjahr beginnende Sanierung.

Konstruktiver und materieller Aufbau des Turmes

Der Sockel besteht aus Gneis (s. Kasten «Am Turm verwendete Steinarten»), ebenso die aufsteigenden Ecklisenen, die gleich einem Architekturgerüst den Mittelteil des Turmes rahmen und den vorgeblendeten, im Schottischen Verband gemauerten Tuffstein einfassen. Das eigentliche, konisch verlaufende und in groben Blöcken verarbeitete Turmmauerwerk von 1,2–1,4 m Mauerstärke besteht aus Sandstein und ist im mittleren Drittel mit Tuffstein von 20–30 cm Stärke verkleidet. Die lateralen Ecklisenen aus Gneis sind mit dem Tuffstein gestalterisch und statisch verzahnt und durchdringen mit alternierenden Blöcken in verschiedenen Steintiefen und durchgehenden Bindern das eigentliche tragende Sandsteinmauerwerk. Der obere Drittel des Turmes ist wie die Sockelpartie vollflächig mit Gneisblöcken verkleidet. Der oberste Teil zwischen Glockenstuhlgesims und Turmhelm ist auf die gesamte Mauerstärke mit Gneisblöcken vermauert.

Mit liegenden und parallel im Mauerwerk sowie über-eck verlaufenden Stahlzugbändern ist der Turm an Stellen von durchgehenden Lagerfugen statisch verstärkt. Die über die gesamte Turmhöhe verlaufenden Ecklisenen unterliegen einem regelmässig sich wiederholenden Gestaltungs- und Konstruktionsprinzip. Die durchgehenden Lagerfugen der Gneisblöcke wiederholen sich abwechselungsweise nach 30, 35 und 40 cm. Der Schottische Verband des Tuffsteinmauerwerkes unterliegt einem freien Massprinzip und bezieht sich lediglich auf die Lagerfugen des Gneismauerwerks.

An den Turmfassaden sind verschiedene Mörtelarten und -generationen zu unterscheiden. Aus der Bauzeit stammen ein reiner Kalkmörtel als Füll- bzw. Mauer-mörtel im Mauerinnern, ein reiner Kalk- sowie hydraulischer Kalkmörtel als Setzmörtel im Gneis- und Tuffsteinmauerwerk sowie ein ockerfarbiger, fett gemischter Zementmörtel als Fugen- und Löcherstopf-mörtel im Tuffsteinmauerwerk, der an bewitterten Oberflächen in der äussersten Zone bis 1 mm tief karbonatisiert ist. Neben dem ockerfarbigen Zementmörtel kommt ein grauer Zementmörtel als Fugenmörtel



3

- a) Materialkartierung Turm, Beispiel Westfassade, mittlerer Teil. Zeichenerklärung siehe Legende (Planzeichnung Rolf A. Lüscher)
- b) Zustandskartierung Turm, Beispiel Westfassade, mittlerer Teil. Zeichenerklärung siehe Legende (Planzeichnung Rolf A. Lüscher)
- c) Legende zur Material-, Zustands- und Massnahmenkartierung (Planzeichnung Rolf A. Lüscher)

Materialien:

Grundmaterialien Originalzustand 1893:

	Gneis
	Savonnière-Kalkstein
	Kalktuff
	Molasse - Sandstein
	Fugenmörtel ursprünglich 1893
	Fugenmörtel mit grobkörnigem buntem Zuschlag, wahrsch. 1893
	Kalktuff Fugenmörtel, Füllmörtel grau und ocker, mit bunten Sandzuschlägen, original 1893, nicht kartiert
	Stahlbänder Original 1893
	Kupferblech

Proben:



Glassiegel Ingenieur



Proben Expert-Center

Fugenmaterialien/Sanierungen bis 1978:

	Kalktuff, Fugenmörtel und Füllmörtel grau mit hellen Kalksandzuschlägen, 1954
	Kalktuff, Füllmörtel hellbeige mit hellen Kalksandzuschlägen, 1978
	Kalktuff: Fugenmörtel, mager grau, Sanierung 1978
	Kalktuff
	Aufplattierungen mit "Travertin"
	Fugenmörtel, Sanierung 1978
	Plast. Fugenkitt, Fensterkitt
	Fugenmörtel fein, hellgrau, sehr hart
	Bleifugen
	Sondieröffnungen Ing.



Photo

Schäden bis 1999:

	Risse max. Breite in mm; Risse o. Rissbreitenangabe < 0.5 = H
	Offene Fugen
	Fugenbreite in mm
	Zonen mit Schwarzen Gipskrusten
	Organismenbewuchs Algen, Flechten
	Abschuppung an Gneis
	Sickerwasserläufe
	Taubenkot
	Kalktuff mit extremen Hohlstellen
	Kalktuff Ausbrüche und Abbröckelungen
	Molasse - Sandstein mit extremen Hohlstellen

Sanierung 2000/2002:

	Gneis Vierungen
	Savonnière-Kalksteinersatz
	Savonnière-Kalkstein Vierungen
	Kalktuff Steinersatz
	Kalktuff Vierungen
	Fugenmörtel Kalk
	Bleifugen
	Bleilappen
	Chromstahlanker
	Kupferblech

im Gneis- und Tuffsteinmauerwerk vor, wobei aus vielen Überlappungen deutlich wird, dass er zeitgleich mit diesem appliziert wurde. An bewitterten Oberflächen ist er ebenfalls karbonatisiert. Ein hellgrauer, sehr feinkörniger Kalk-Zement- oder hydraulischer Kalkmörtel wurde teils als Fugenmörtel, teils als Setzmörtel sowie – an einer Stelle – zum Aufmodellieren eines zu weit zurückgehauenen Gneisquaders verwendet.

Allgemein fällt ein «buntes Durcheinander» dieser originalen Mörtel auf. Zudem variiert die Korngrößenverteilung im Sandzuschlag stark und scheinbar willkürlich. Sie sind folglich in kleinen Portionen und von Hand gemischt worden. Weitere Mörtelarten kamen bei den Restaurierungen von 1954 und 1978 dazu: ein grauer Zementmörtel mit karbonatischen Anteilen als Flickmörtel wahrscheinlich von 1954, bei dem der hell anwitternde Kalkstein im Sandzuschlag auffällt. Von

1978 stammen ein grauer Kalk-Zementmörtel als Fugen- und Flickmörtel sowie ein gelblich-beiger Kalk-Weisszementmörtel mit grobem Kalkstein-Sandzuschlag, der für grössere Mörtelflicke im Tuffsteinmauerwerk verwendet wurde.

Die Schäden und ihre Ursachen

Die wichtigsten Fragen bei der Zustandsaufnahme waren:

- Welche Materialien wurden im Originalbau verwendet, welche sind bei späteren Restaurierungen hinzugefügt worden und wie haben sie sich bewährt?
- Wo und weshalb kam es zu massiven Schäden?
- Wie können sie zukünftig verhindert oder zumindest verzögert werden?

Die Zustandsaufnahme am Turm erbrachte folgendes Schadensbild (Bild 3):

Risse: Entlang der Mörtelfugen gibt es sehr viele Risse. Besonders im Gneismauerwerk verlaufen sie in aller

Regel den Mörtelfugen entlang. Im oberen und mittleren Turmteil sind gerade noch 30% der Fugen intakt. Aufgrund ihres Verlaufes und ihrer Verteilung hängen die Risse mit statischen und dynamischen Spannungen im Mauerwerksverband zusammen. Vermutete Ursachen sind in erster Linie die Schwingungen des verhältnismässig schlanken Turmes bei Glockengeläut und bei Winddruck. Das Problem wurde schon früher erkannt und untersucht (s. Bemerkungen im Kasten «Bau und Restaurierungsgeschichte»). Nebst diesen dynamischen Belastungen wirken irreversible Verformungen und Setzungen des Turmes mit. Im Laufe der aktuellen Sanierungsarbeiten wurden bis 60 cm tiefe, bei der Demontage der Baugerüste nicht oder nur mangelhaft verfüllte Gerüstellöcher entdeckt, die als erhebliche konstruktive Schwachstellen wirken! Im Tuffsteinmauerwerk verlaufen die Risse teils entlang der Mörtelfugen, teils durch die Steine hindurch. Die Spannungsrisse verlagern sich hier tendenziell vom Kontakt zwischen harter Zementmörtelfuge und weichem Stein in den Stein hinein (Bild 5).

Hohlstellen: Im Tuffsteinmauerwerk bildeten sich an stark wetterexponierten Flächen der Westfassade grössere Hohlstellen. Wie sich bei einer Sondieröffnung zeigte, sind in 5–8 cm Tiefe oberflächenparallele Risse oft über mehrere Quader vorhanden. In den gleichen Zonen gibt es zahlreiche oberflächliche Ausbrüche des Tuffsteins und älterer Mörtelflicke im Tuffstein. Unsere Beobachtungen bei und nach Regenperioden machten klar, dass diese Bereiche stark durchnässt werden und danach lange nass bleiben. Folglich sind die Hohlstellen und Ausbrüche als Frostschäden zu sehen.

Weitere Schäden sind vereinzelte *Absplitterungen* im Gneis, *Gipskrusten* an regengeschützten Profil- und Gesimsunterseiten und *Organismenbeläge* (Flechten etc.) an stark beregneten oder durchfeuchteten Flächen wie etwa an Gesimsen und schattigen Nordseiten. Diese Erscheinungen sind aber insgesamt kaum oder nur wenig schadensaktiv.

Das gesamte Schadensbild deutet darauf hin, dass der schlanke und hohe Turm grossen dynamischen und statischen Belastungen ausgesetzt ist, die langfristig zu Rissen führen. Sie bilden sich entlang der «Nahtstellen» im Mauerwerk; das sind hier besonders die Mörtelfugen. Sie wurden in den vergangenen Sanierungen nur oberflächlich geflickt und waren schon bald wieder defekt. An wetterexponierten Flächen dringt über Risse und offene Fugen viel Wasser ins Mauerinnere. Es durchnässt gewisse Zonen, die aber wegen der dichten Zementmörtelflicken und -fugen nur langsam austrocknen, was erhebliche Frostschäden zur Folge hat. Obwohl der Kalktuff ein witterungsresistenter Stein sein kann, vermag er extremer Durchnässung mit Frosteinwirkung nicht standzuhalten. Den Fugenmörteln kommt in dieser Ursachenkette eine entscheidende Rolle zu.

Für die differenzierte Beurteilung des heutigen Zustandes und der Schadenentwicklung der vergangenen 100 Jahre wären frühere Zustands- und Massnahmendokumentationen nützlich gewesen. Es gibt sie leider nicht. Unsere Zustandsbeurteilung stützt sich somit allein auf

Verarbeitung von hydraulischem Kalkmörtel

Fugentiefe: Sie sollte in jedem Falle tiefer als die Breite der Fuge sein.

Haftbrücke: Die Flanken sollten für eine optimale Haftung des neuen Mörtels nicht angefräst, sondern von Hand nachbearbeitet werden. Als Haftbrücke wurde ein Voranstrich mit Trassschlämme (hydraulischer Kalkmilch) aufgetragen.

Fugenrezeptur: Anteil und Art der hydraulischen Zusätze; Zusammensetzung, Anteil und Kornverteilung des Zuschlags (hier 3,5:1); Härtegrad; Verhalten gegen Benetzung. Der Mörtel soll möglichst salzfrei sein, um Folgeschäden durch kristallisierende Salze zu vermeiden. Schliesslich sind das Erscheinungsbild und die Farbe wichtig.

Verarbeitung und Nachbehandlung: Die wetterseitigen Randbedingungen, Temperatur, Wind, Grad der Bewölkung und Sonnenstand sind für eine erfolgreiche Verarbeitung entscheidend. Die Verfugungsarbeiten sollten, um eine zu schnelle Austrocknung des eingebrachten Materials zu verhindern, bei windstiller und bewölkter Wetterlage erfolgen. Die verantwortliche Unternehmung führt dazu ein detailliertes Baujournal. Die fertigen Flächen müssen mit feuchten Jutebahnen abgedeckt und vor allfälliger Sonnen- und Windeinwirkung geschützt werden.



4

Partieller Tuffstein-Ersatz während aktueller Sanierung in einem Bereich mit Hohlstellen an der Turm-Westfassade. Hinter der entfernten Tuffstein-Blendmauer kommt das Füllmauerwerk mit vorwiegend Sandstein-Bruchstücken und Mörtel zum Vorschein (Bild: Rolf A. Lüscher, 2001)

5

Abplatzungen am Kalktuff entlang Zementmörtelfugen. Detail von der Turm-Westfassade (Bild: Rolf A. Lüscher, 1999)

heute ablesbare Material- und Schadenzusammenhänge. Viele Befunde weisen darauf hin, dass ein grosser Teil der aktuellen Risse nach 1978 entstanden oder reaktiviert worden ist. Die Bestandesdokumentation der Mörtel zeigt, dass im Gneismauerwerk des oberen und mittleren Turnteils bei der wahrscheinlich ersten grundlegenden Fassadensanierung von 1954 etwa 20 % und 1978 nochmals 30–40 % der Fugenmörtel geflickt oder ersetzt wurden. Im Tuffsteinmauerwerk wurden 1954 etwa 10 % der Fugenmörtel, 1978 ca. 6 Flächenprozent der Stirnseiten geflickt. Für die Zeit nach 1978 bis heute wurden ca. 50 % neue Risse entlang der Fugen, insbesondere vertikale Risse in Stossfugen und vertikale Risse in Steinquadern, festgestellt und kartiert. Mit Blick auf diese Geschichte lässt sich unschwer erkennen, dass das Problem der gerissenen Fugenmörtel alt ist. Die dafür verwendeten Zementmörtel, hydraulischen Kalk- oder Kalk-Zement-Mörtel scheinen insgesamt zu hart und dadurch den aussergewöhnlichen statisch-dynamischen Belastungen des Turmes nicht gewachsen zu sein. Aus diesen Schadenzusammenhängen leiten wir das im Folgenden skizzierte Sanierungskonzept ab.

Massnahmen

Ein Hauptanliegen der heutigen Sanierung besteht darin, Risse an Mörtelfugen und damit eine chronische Durchnässung des Mauerwerkes inskünftig zu vermei-

den. Dies ist besonders wichtig an wetterexponierten Fassadenteilen, d.h. an der West-Fassade und den angrenzenden Eckkissen. An wetterabgewandten Seiten stellen sie jedoch keine Gefährdung dar und könnten grundsätzlich belassen werden. Weil sich alle bisher verwendeten Zementmörtelmischungen als zu hart erwiesen, wäre ein Kalkmörtel angezeigt. Reiner Kalkmörtel ist hier aus technischen Gründen jedoch nicht anwendbar. Deshalb wurde ein möglichst mager gemischter, schwach hydraulischer Kalkmörtel gewählt. Wichtige Kriterien bei der Verarbeitung von hydraulischem Kalkmörtel sind die Fugentiefe, die Haftbrücken, die Fugenrezeptur, die Verarbeitung und die Nachbehandlung: Die *Fugentiefe* sollte in jedem Fall tiefer als die Breite der Fuge sein. Als *Haftbrücke* wurde ein Voranstrich mit Trassschlämme (hydraulischer Kalkmilch) aufgetragen. Die Flanken sollten für eine optimale Haftung des neuen Mörtels nicht angefräst, sondern von Hand nachbearbeitet werden. Wichtig bei der *Fugenrezeptur* sind neben Anteil und Art der hydraulischen Zusätze auch Zusammensetzung, Anteil und Kornverteilung des Zuschlags (hier 3,5:1), dessen Härtegrad und Verhalten gegen Benetzung. Der Mörtel soll möglichst salzfrei sein, um Folgeschäden durch kristallisierende Salze zu vermeiden. Schliesslich sind das Erscheinungsbild und die Farbe wichtig.

Für eine erfolgreiche *Verarbeitung* sind die wetterseitigen Randbedingungen wie Temperatur, Wind, Grad der



Bewölkung und Sonnenstand entscheidend. Die Verfu-gungsarbeiten sollten, um eine zu schnelle Austrock-nung des eingebrachten Materials zu verhindern, bei windstiller und bewölkter Wetterlage erfolgen. Die ver-antwortliche Unternehmerschaft führt dazu ein detail-liertes Baujournal. Als *Nachbehandlung* müssen die ferti-gen Flächen mit feuchten Jutebahnen abgedeckt und vor allfälliger Sonnen- und Windeinwirkung geschützt werden. Die Tuffsteine sind dort zu flicken und partiell zu ersetzen, wo der Verband durch Hohlstellen geschwächt und absturzgefährdet ist (Bild 4).

Parallel zur detaillierten Kartierung im Winter 1999/2000 erfolgte die Submission mit präzisen Vor-ausmassen. Mit den eingegangenen Offerten konnte der Kostenvoranschlag überprüft und angepasst wer-den. Diese Vorgehensweise lieferte gute Grundlagen und Sachkenntnisse für die in der warmen Jahreszeit geplante Bauausführung. Die aus der Submission her-vorgegangenen Unternehmer stellten am Bau Muster für die Verfu-gungsarbeiten her, die vom Planungsteam nach Preis, Fugenrezeptur, Arbeitsbeschrieb und Refe-renzen beurteilt wurden. Die Denkmalpflege behielt sich vor, während der Ausführung spontane und unan-gemeldete Mörtelproben vor Ort entnehmen zu lassen. Alle Massnahmen inklusive der erstellten Musterfelder sollten in den Ausführungsplänen und qualitativ fest-gehalten werden und so als Beurteilungskriterien für kommende Sanierungen nutzbar bleiben. Wichtig ist es daher, die Muster auf einer bei Nachkontrollen mit dem Pneukran erreichbaren Höhe anzulegen.

Ein weiteres entscheidendes Detail betrifft die Gestal-tung von Gesimsen, Brüstungen, Verdachungen und Profilvorsprüngen. Natursteingesimse und -profile mit Kontergefälle wurden nachbehauen, problematische Fugen an exponierten Stellen nach den Regeln der Bau-kunst mit Bleiwole gestopft.

Schlussbemerkungen

Der zukünftige Unterhalt erfordert periodische, in Abnahmeprotokollen festgelegte Baukontrollen, die hier mit Vorteil mittels Pneukran bewerkstelligt werden. Dabei können allfällige Schäden im Frühstadium erkannt und behoben werden, bevor sie zu grossen Fol-geschäden führen. Das Aufstellen eines Gerüsts in der für den Baubetrieb ungünstigen Winterzeit erweist sich in der Praxis als ausserordentlich sinnvolle Massnahme, weil im Winter kaum Gerüstmehrkosten resultieren und die Zeit bis zum witterungsmässig möglichen Bau-beginn für nötige Untersuchungen, das Erarbeiten der Grundlagen und die konzeptionelle Arbeit am Sanie-rungsprojekt genutzt werden kann. Dadurch entstehen auch weniger Verzögerungen in der oftmals hektischen Ausführungsphase. Nach sorgfältigen Vorabklärungen ist es möglich, sehr gezielt und nur dort einzugreifen, wo es notwendig ist. Damit kann historische Bau-substanz vor ihrer unnötigen Zerstörung bewahrt und langfristig durch Massnahmenoptimierung auch Geld gespart werden.

Dr. Konrad Zehnder, Institut für Denkmalpflege, ETH, Hardturmstr. 181, 8005 Zürich,

zehnder@arch.ethz.ch

Peter Baumgartner, Denkmalpflege des Kantons

Zürich, Walchestr. 15, 8090 Zürich,

peter.baumgartner@bd.zh.ch

Rolf A. Lüscher, Pro Arch, Interdisziplinäre Arbeits-gemeinschaft für Architektur, Städtebau und Raum-gestaltung, Schanzeneggstr. 1, 8002 Zürich,

architecture@proarch.ch