Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101 (1983)
Heft: 17

Artikel: Sprengungen von armiertem Beton in bestehenden Gebäuden
Autor: Widmer, René / Müller, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75124

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Sprengungen von armiertem Beton in bestehenden Gebäuden

Von René Widmer und Peter Müller, Zürich

Sprengen - ein Knall, Rauch, Staub und herumspritzende Trümmerteile, so sind wir es uns von früher her gewohnt. Die heutige Sprengtechnik ist jedoch - in der Hand des Fachmannes - ein wirkungsvolles Arbeitsverfahren, das auch in dicht bebautem Gebiet und sogar innerhalb von Gebäuden mit Erfolg eingesetzt wird.

Beim Umbau eines Eisenbeton-Gebäudes in der Altstadt waren Bauteile im Gebäudeinnern abzubrechen und Fensteröffnungen auszubrechen. Gegenüber den konventionellen Abbruchmethoden brachte die Sprengarbeit einen beschleunigten Arbeitsfortschritt und geringere Umweltbelastungen bei gleichbleibendem, meistens aber sogar geringerem Aufwand. Der folgende Beitrag beschreibt die besonderen Vorbereitungen und das Vorgehen, welche sich aus der Anwendung von Sprengstoff und der damit verbundenen Auswirkungen wie Erschütterungen und Splitterwurf ergeben.

Problemstellung und Vorgehen

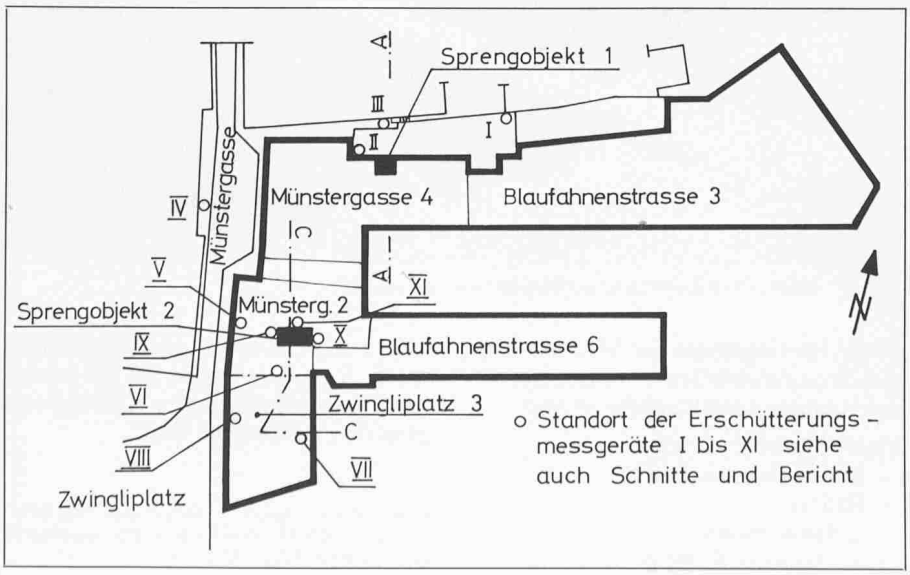
Im Zuge des Umbaus eines ehemaligen Druckereigebäudes - im Herzen der Zürcher Altstadt gelegen - zu einem gänzlich anderen Verwendungszweck ergaben sich *verschiedene Abbrucharbeiten,* bei denen Wände aus stark armiertem Beton abzutragen oder zu durchbrechen waren. Schon nach kurzer Zeit des Einsatzes herkömmlicher Abbauhämmer musste festgestellt werden, dass der abzubrechende Beton von derart harter Beschaffenheit war, dass sich mit dieser Methode eine längere Bauzeit ergeben würde, es sei denn, die Kapazität (d.h. die Zahl der Einsätze an mehreren Stellen gleichzeitig) wäre erhöht worden. Noch grössere, während der ganzen Arbeitszeit durchgehende Lärmimmissionen auf die Nachbargebäude wären die Folge gewesen.

Die Verwendung von schweren Geräten für den Anbau an Bagger (z.B. hydraulischer Felsbrecher) war ausgeschlossen, da sich die betreffenden Bauteile auf verschiedenen Stockwerken im Innern des Gebäudes befanden. Von der Unternehmerseite wurde darauf das *sprengtechnische Vorgehen* vorgeschlagen und schliesslich nach Abklärung aller möglichen Risiken in enger Zusammenarbeit mit dem Bauingenieur, welcher die statischen Berechnungen des Umbaus durchgeführt und zufälligerweise auch das ursprüngliche Gebäude (Münstergasse 4) konstruiert hatte, und mit den zuständigen Stellen der städtischen Baukontrolle und der Sicherheitspolizei auch angewandt. Diese Zusammenarbeit geschah wie folgt:

- Der *Bauingenieur* legt auf Grund seiner statischen Berechnungen und unter Berücksichtigung des jeweiligen Bauzustandes die für die Sprengarbeiten zulässigen Auswirkungen auf die Bauwerkskonstruktion fest. Durch ständige Beobachtung der den Sprengungen benachbarten Bauteile und die sofortige Auswertung der Ergebnisse der Erschütterungsmessungen passt er diese Grenzwerte den örtlichen Gegebenheiten an.
- Dem *Sprengtechniker* obliegt es, durch geeignete Wahl der Sprengparameter (Bohrloch- und Reihenabstand, Bohrlochtiefe, Lademenge, Sprengstoffart, Zündreihenfolge, Zündintervall) diese Grenzwerte einzuhalten.
- *Baukontrolle* und *Sicherheitspolizei* wachen darüber, dass die am Bau Arbeitenden, die Anwohner und die Passanten zu keiner Zeit gefährdet sind.

Vorgegangen wurde dabei wie folgt: Vor den Hauptarbeiten wurden an den einzelnen abzubrechenden Bauteilen vom Bauingenieur *schwache Probesprengungen* verlangt, so dass auf Grund von Erschütterungsmessungen und Beobachtungen am Gebäude (Siegel, Messen der Breite bestehender Risse usw.) die Stärke der Ladungen abgesprochen und abgestimmt werden konnte. Zudem wurde jeweils mit *kleineren Teilausbrüchen* begonnen. Nach der Auswertung dieser Ergebnisse konnte dann nach einem *Sprengplan,* teilweise auch in grösseren Etappen, *systematisch gearbeitet* werden.

Bild 1. Situation der Gebäude, Sprengobjekte und Messstellen



Abbruch des Liftschachtes im nördlichen Flügel

Dieser Liftschacht *aus armiertem Beton* (Bild 1, Situation: Sprengobjekt 1) mit seinen bis zu 40 cm dicken Seitenwänden war mit der 50 bis 60 cm starken Aussenwand verbunden. Die beiden vorderen Ecken bestanden aus je einer tragenden Eisenbetonsäule mit Pilzkopf, welche unbeschädigt stehen bleiben mussten. Dazwischen lag die Stirnwand mit der Lifttüröffnung. Abzubrechen waren die beiden Seiten- und die Stirnwand vom Erdgeschoss bis zum 4. Obergeschoss (Bild 2: Arbeitsvorgang 1 bis 3).

Für die Aufnahme des Sprengstoffes wurden in einem regelmässigen Raster horizontale *Löcher* gebohrt (Bild 3). Die *Ladung,* aus einer genau abgemessenen Teilpatrone bestehend, konnte daraufhin eingebracht werden, wobei mit einem zwischen Zünder und Sprengstoff eingelegten Stückchen *Sprengschnur* für eine sichere Übertragung der Detonation vom elektrischen Millisekundenzünder auf den Sprengstoff gesorgt werden musste. Gearbeitet wurde dabei mit einem neuartigen, in der Schweiz hergestellten *Wassergel-Sprengstoff,* weil dieser - bei etwa gleichen sprengtechnischen Eigenschaften - weder Nitroglyzerin noch Nitroglykol enthält, welches durch Hautkontakt oder beim Einatmen der aus den aufgeschnittenen Patronen entweichenden

Dämpfe starke Kopfschmerzen verursacht. Zudem erzeugt er in seinen Sprengschwaden weniger Rauch und giftige Gase [1], was bei den vorliegenden Sprengungen ins Gewicht fiel, da diese ja alle im Gebäudeinnern, z.T. bei bereits angeschlagenen Fenstern, durchgeführt wurden.

Zur Verhütung von Schäden infolge von *Splitterwurf* wurden die Sprengstellen jeweils mit bis zu drei Vorhängen hintereinander aus der aus dem Strassenbau bekannten schweren Vliesmatte (Gewicht etwa 350 g/m²) abgeschirmt (Bild 4). Diese Abdeckung erwies sich auch dann noch als genügend, als die Sprengungen in Gebäudeteilen durchzuführen waren, in denen die mit Thermoglas versehenen Fenster bereits eingesetzt waren.

Um *Erschütterungsschäden* an benachbarten Häusern und am Umbauobjekt selbst zu verhindern, wurde die im folgenden beschriebene Schwingungsüberwachung aufgebaut (Bild 1):

- für die Schadenverhütung an benachbarten Gebäuden:
  Messstelle I: Bürogebäude, Bauwerkstyp III nach Klassifikation [2]
  Messstelle III: Altstadtgebäude, Bauwerkstyp III
  Messstelle IV: renoviertes Altstadtgebäude, Bauwerkstyp III
- für die Schadenverhütung am Umbauobjekt selbst:
  Messstelle II: Umbauobjekt, Bauwerkstyp I nach Klassifikation [2]

An *Geräten* wurden eingesetzt: dreidimensionale, elektrodynamische Messwertgeber mit UV-Schreiber zur Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs der Schwinggeschwindigkeitskomponenten v_x, v_y und v_z, wobei z die vertikale Achse bedeutet. Den Kurvenzügen wurden die jeweiligen Maximalwerte von v entnommen und für diese Zeitpunkte die zugehörigen Frequenzen f_x, f_y und f_z ermittelt. Die grössten Werte der auf diese Weise erhaltenen Zahlenpaare von v und f sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

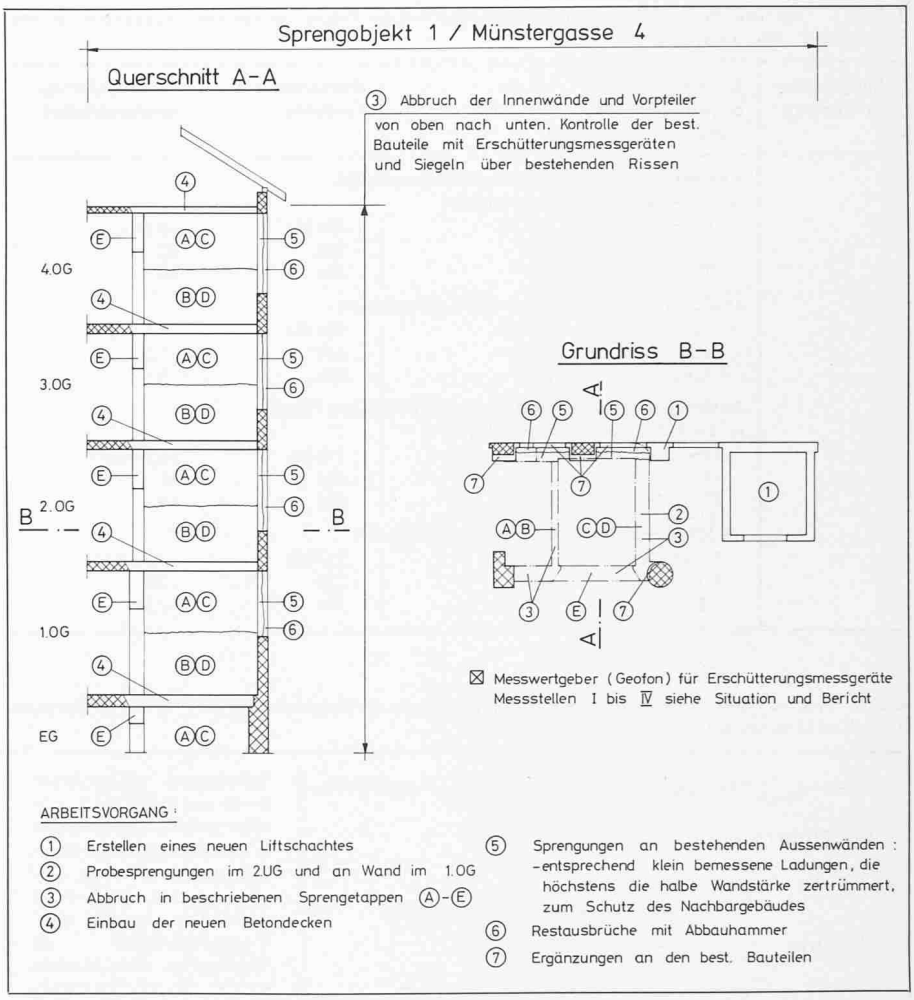


Bild 2. Sprengobjekt 1 (Münstergasse 4). Grundriss und Querschnitt

Erwartungsgemäss traten die *höchsten Schwinggeschwindigkeiten wie auch Frequenzen* an der Messstelle II, d.h. am Umbauobjekt selbst, auf. Vergleicht man diese Zahlen mit den entsprechenden Richtwerten der Norm [2], so stellt man zum Teil grössere Überschreitungen fest, wobei jedoch die dazugehörigen Frequenzen ebenfalls deutlich über dem in der Norm zu den Richtwerten angegebenen Frequenzbereich liegen. Diese Tatsache würde ein Höheransetzen der Richtwerte erlauben; dabei ist aber zu beachten, dass die Norm v_{max}, d.h. den *resultierenden Vektor* aus den zeitgleichen Komponenten v_x, v_y und v_z, als massgebende Grösse bezeichnet, welcher praktisch immer grösser als jede seiner Komponenten ist. Die entsprechenden Resultate der Messungen an den Nachbarhäusern dagegen lie-

Bild 3. Liftschacht im nördlichen Flügel. Stirnwand des Liftschachtes nach Ausführung der Bohrarbeiten

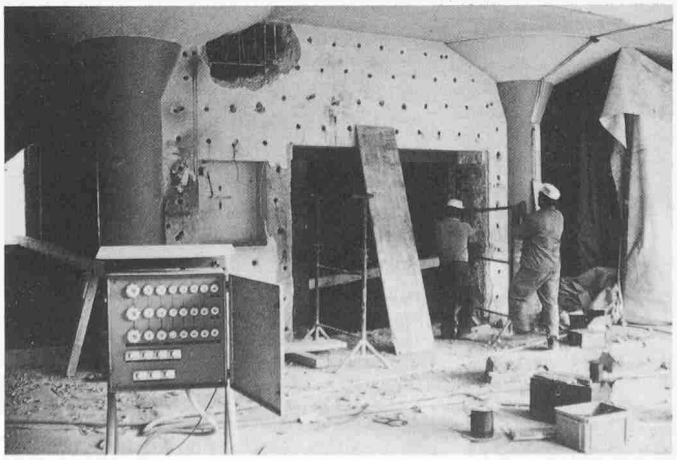
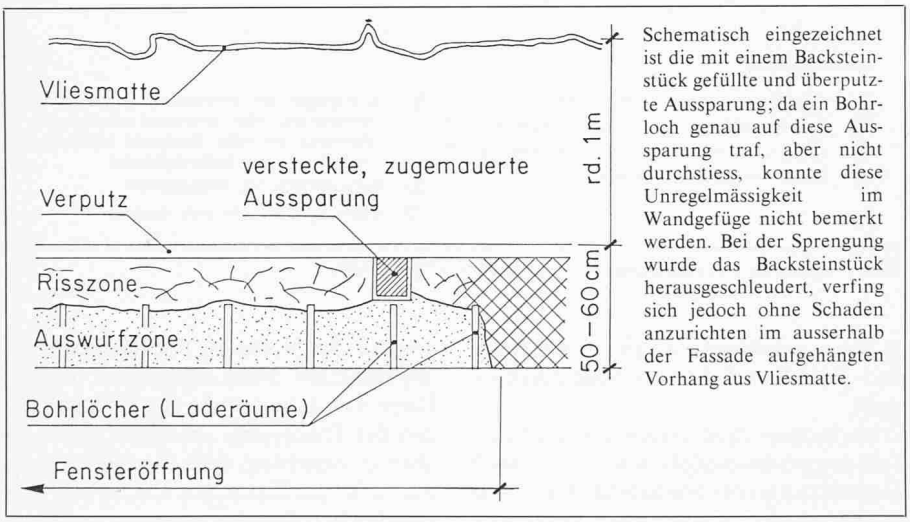


Bild 4. Liftschacht im nördlichen Flügel. Vor der Sprengung: Anbringen der dreifachen Vorhänge aus schwerer Vliesmatte

Tabelle 1. Höchstwerte der Schwinggeschwindigkeiten und der Frequenzen bei den Sprengungen im nördlichen Flügel (Münstergasse 4)

Komponente in Richtung	Höchstwert der Schwinggeschwindigkeit v	bei der Frequenz f	Höchstwert der Frequenz f	bei der Schwinggeschwindigkeit v
	Abbruch des Liftschachtes im nördlichen Flügel an der Messstelle II (Umbauobjekt)			
x	60 mm/s	143 Hz	420 Hz	16 mm/s
y	100	200	500	32
z	78	250	500	28
	an den Messstellen I, II oder III (Nachbarhäuser)			
x	5,6 mm/s	167 Hz	500 Hz	1,8 mm/s
y	11,2	143	420	1,2
z	4,0	143	420	0,8
	Ausbrechen von Fensteröffnungen im nördlichen Flügel an der Messstelle II (Umbauobjekt)			
x	33 mm/s	143 Hz	250 Hz	16,4 mm/s
y	45	200	455	18
z	67	100	250	19
	an den Messstellen I oder III (Nachbarhäuser)			
x	5,1 mm/s	250 Hz	313 Hz	2,8 mm/s
y	5,0	185	250	2,0
z	6,8	250	294	2,0

Bild 5. Fensteröffnungen im nördlichen Flügel. Prinzipskizze der Bohrlochanordnung für das Wegsprengen der halben Mauerstärke



Schematisch eingezeichnet ist die mit einem Backsteinstück gefüllte und überputzte Aussparung; da ein Bohrloch genau auf diese Aussparung traf, aber nicht durchstiess, konnte diese Unregelmässigkeit im Wandgefüge nicht bemerkt werden. Bei der Sprengung wurde das Backsteinstück herausgeschleudert, verfing sich jedoch ohne Schaden anzurichten im ausserhalb der Fassade aufgehängten Vorhang aus Vliesmatte.

Bild 6. Seitenwand des Liftschachtes. Die untere Hälfte ist bereits gesprengt, der obere Teil ist geladen und für die Sprengung vorbereitet

gen, unter Berücksichtigung der erlaubten Erhöhung des Richtwertes bei höheren Frequenzen sowie des Unterschiedes vom Richtwert als resultierendem Vektor zum Messwert als Einzelkomponente, deutlich unter der normgemässen Schadenschwelle.

Ausbrechen von Fensteröffnungen am nördlichen Flügel

In einem weiteren Arbeitsgang waren in der nun freigelegten Liftschacht-Rückwand, welche bekanntlich gleichzeitig ein Stück Aussenwand bildet, *Fensteröffnungen* herzustellen (Bild 2: Arbeitsvorgang 4 bis 7). Auch hier konnte die Spitzarbeit mindestens teilweise durch die rationellere Sprengarbeit ersetzt werden. Nur teilweise deshalb, weil ein Durchschlagen der 50 bis 60 cm starken *armierten Betonwand* unter allen Umständen verhindert werden musste, denn ein solcher hätte durch den dabei entstehenden Splitterwurf die Fenster der nur 5 m von den Sprengstellen entfernten Fassade des Nachbarhauses und damit die sich in den dortigen Zimmern aufhaltenden Personen gefährdet. Die *Bohrlöcher* wurden daher so angelegt, dass die entsprechend bemessenen *Ladungen* (wie sie sich aus Versuchssprengungen an einem Abbruchobjekt ergeben hatten) höchstens die *halbe Wandstärke* zertrümmerten und nur einzelne Risse sich bis zur Fassadenfläche herauszogen. Der restliche Ausbruch geschah anschliessend mit dem *Spitzhammer,* wobei die Arbeit durch die entstandenen Risse beträchtlich erleichtert wurde (Bild 5).

Die *Abdeckung* im Gebäudeinnern geschah wiederum mit einem dreifach angelegten Vorhang aus schwerer Vliesmatte. Als zusätzliche Massnahme wurde auch ausserhalb des Gebäudes (am Fassadengerüst befestigt) eine getrennt aufgehängte doppelte Lage Vliesmatte angebracht. Dank dieser Anordnung lief ein *unvorhersehbarer Zwischenfall* gefahrlos ab: Ein einzelnes Bohrloch war auf eine von aussen nicht sichtbare, nur mit einem Backstein verschlossene und überputzte Aussparung getroffen. Da diese Tatsache nicht bemerkt werden konnte, erhielt auch dieses Bohrloch die normale Lademenge. Bei der Detonation wurde der Backstein aus der Aussparung herausgeschleudert, verfing sich jedoch ohne Schaden anzurichten in der lose davor hängenden Vliesmatte (Bild 5).

Die schon beim Sprengen der Liftschachtwände eingesetzten *Erschütterungsmessgeräte* wurden auch hier wieder benutzt, wobei die Messstellen I –

diese nur während der Sprengungen für einige kleinere Mauerdurchbrüche –, II und III eingesetzt waren. Die Höchstwerte der Messergebnisse sind im unteren Teil der Tabelle 1 zusammengestellt. Sie liegen im gleichen Rahmen wie die Werte der Erschütterungen bei den Sprengungen des Liftschachtes.

Abbruch des Doppelliftschachtes im südlichen Flügel

Hier (Bild 1, Situation: Sprengobjekt 2) versuchte man sich gar nicht erst mit dem Spitzhammer, sondern überliess die 20 cm starken Wände von Anfang an den Sprengtechnikern, allerdings erst, aus den nachstehend beschriebenen Gründen, nach eingehenden Versuchssprengungen und Erschütterungsmessungen an den als kritisch betrachteten Stellen.

Da die bestehenden Liftschachtwände als Kern für das Gebäude tragend waren, mussten vorgängig die neuen Stützelemente eingebaut werden. Ein *neuer Betonschacht* (für einen grösseren Doppellift) wurde über Mikropfählen um den bestehenden Kern erstellt und das bestehende Gebäude darauf abgestützt (Bilder 7, 8, 9). Anschliessend erfolgte der Abbruch des bestehenden Schachtes von oben nach unten. Im untersten Teil wurden dann die teilweise noch vorhandenen Verbindungen zu den Mikropfählen mit dem Spitzhammer vorgängig mit Schlitzen getrennt, damit auf keinen Fall nicht bestimmbare Schlagkräfte aus den Sprengungen in die Pfähle gelangen konnten. Dazu waren ebenfalls einzelne zusätzliche Abspriessungen notwendig. Alle diese Bauzustände wurden vom Bauingenieur angegeben und überwacht.

Für die *Bohrloch-, Lade- und Zündanordnung* stützte man sich weitgehend auf die Erfahrungen bei den vorangegangenen Sprengungen ab. Als zusätzliche Sicherheitsmassnahme wurde die Zahl der anzuwendenden *Zündstufen* eingeschränkt, womit man auf eine Leistung von 2 bis 3 m² Wandfläche pro Sprengung kam. Auf diese Weise wurde der ganze Liftschacht von oben nach unten (d.h. von Unterkante Dachhaut im 5. Ober- bis zum Kellerboden im 1. Untergeschoss) in 31 einzelnen Sprengetappen abgebaut, und zwar derart, dass nach der Sprengung nur noch die nicht bereits weggeworfenen *Betontrümmer in höchstens Pflastersteingrösse* aus dem Armierungsnetz herauszuschütteln waren, worauf die Bewehrungsstähle mit dem Schneidbrenner herausgetrennt werden konnten (Bild 6).

Tabelle 2. Höchstwerte der Schwinggeschwindigkeiten und der Frequenzen bei den Sprengungen im südlichen Flügel (Münstergasse 2)

Komponente in Richtung	Höchstwert der Schwinggeschwindigkeit *v*	bei der Frequenz *f*	Höchstwert der Frequenz *f*	bei der Schwinggeschwindigkeit *v*
	Abbruch des Doppelliftschachtes im südlichen Flügel			
	an der Messstelle V (Umbauobjekt)			
x	19 mm/s	200 Hz	333 Hz	9,2 mm/s
y	14	143	333	7,8
z	6,6	333	385	1,6
	an der Messstelle VI (Umbauobjekt)			
x	18,4 mm/s	217 Hz	333 Hz	10,0 mm/s
y	13,6	50	400	3,6
z	16,8	167	400	3,0
	an der Messstelle VII (Umbauobjekt)			
x	11,4 mm/s	200 Hz	250 Hz	7,6 mm/s
y	8,6	200	200	8,6
z	15	200	278	13
	an der Messstelle VIII (Umbauobjekt)			
x	9,2 mm/s	63 Hz	200 Hz	4,0 mm/s
y	11,2	67	250	3,0
z	10	100	294	8
	an der Messstelle IX (Umbauobjekt)			
x	70 mm/s	200 Hz	200 Hz	70 mm/s
y	50	200	250	30
z	80	167	200	18
	an der Messstelle X (Umbauobjekt)			
x	34 mm/s	200 Hz	200 Hz	34 mm/s
y	42	125	333	20
z	72	333	333	72
	an der Messstelle XI (Umbauobjekt)			
x	120 mm/s	200 Hz	333 Hz	45 mm/s
y	140	100	167	51
z	134	143	200	126

Auch hier musste der *Abdeckung* grösste Sorgfalt gewidmet werden, fanden doch alle Sprengungen im Innern des Gebäudes in nächster Nähe von verglasten Fenstern statt. Erleichternd wirkte sich in dieser Hinsicht aus, dass der abzubrechende Doppelliftschacht im Abstand von einem halben Meter bereits von den Seitenwänden und der Rückwand des neuen Liftschachtes umrahmt war (Bild 9), ein Splitterwurf in diesen Richtungen also wirkungsvoll verhindert war. Doch ergab sich dadurch insofern eine Beschränkung für die Sprengladungen, dass diese neuen Wände natürlich nicht beschädigt werden durften.

Die *Erschütterungsüberwachung* umfasste folgende Gebäudeteile (Bilder 1, 7 und 9):

- für die Schadenverhütung an benachbarten Gebäuden: Aufgrund der Ergebnisse früherer Sprengungen waren keine Messungen an benachbarten Häusern nötig.
- für die Schadenverhütung am Umbauobjekt selbst:
  Messstelle V: Umbauobjekt, an einer gemauerten Säule der Aussenfassade (Bild 1)
  Messstelle VI: Umbauobjekt, an einer Betonsäule der Trennwand zum Anbau Zwingliplatz 3 (Bild 1)
  Messstelle VII: Umbauobjekt, am stählernen Tragbalken über Mikropfählen, auf welchem der ganze obere Gebäudeteil während dem Ausbau des darunterliegenden Teils abgestützt war (Bilder 1 und 7)
  Messstelle VIII: Umbauobjekt, aufgelegt auf Holzbalkendecke im 1. Obergeschoss des Anbaus Zwingliplatz 3 (Bild 1)
  Messstelle IX: Umbauobjekt, an der einen neuerstellten Liftschacht-Seitenwand (Bilder 1 und 9)
  Messstelle X: Umbauobjekt, an der anderen neuerstellten Liftschacht-Seitenwand (Bilder 1 und 9)
  Messstelle XI: Umbauobjekt, an der neuerstellten Liftschacht-Rückwand (Bilder 1, 7 und 9)

Die an diesen Messstellen ermittelten *maximalen Erschütterungen*, d.h. wiederum die Zahlenpaare von Schwinggeschwindigkeit *v* und zugehöriger Frequenz *f*, sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Diese Ergebnisse wurden in enger Zusammenarbeit zwischen Sprengtechniker und Bauingenieur auf ihre möglichen Auswirkungen auf das Bauwerk überprüft. Es ergaben sich die nachstehend aufgeführten Konsequenzen:

- Die Erschütterungen, welche das *Gebäude als Ganzes* erlitt, lagen im Rahmen dessen, was die Norm [2] als unschädlich betrachtet.
- Die *Schwingungen des Tragbalkens* unter dem darauf abgestützten oberen Gebäudeteil führten zu der ein-

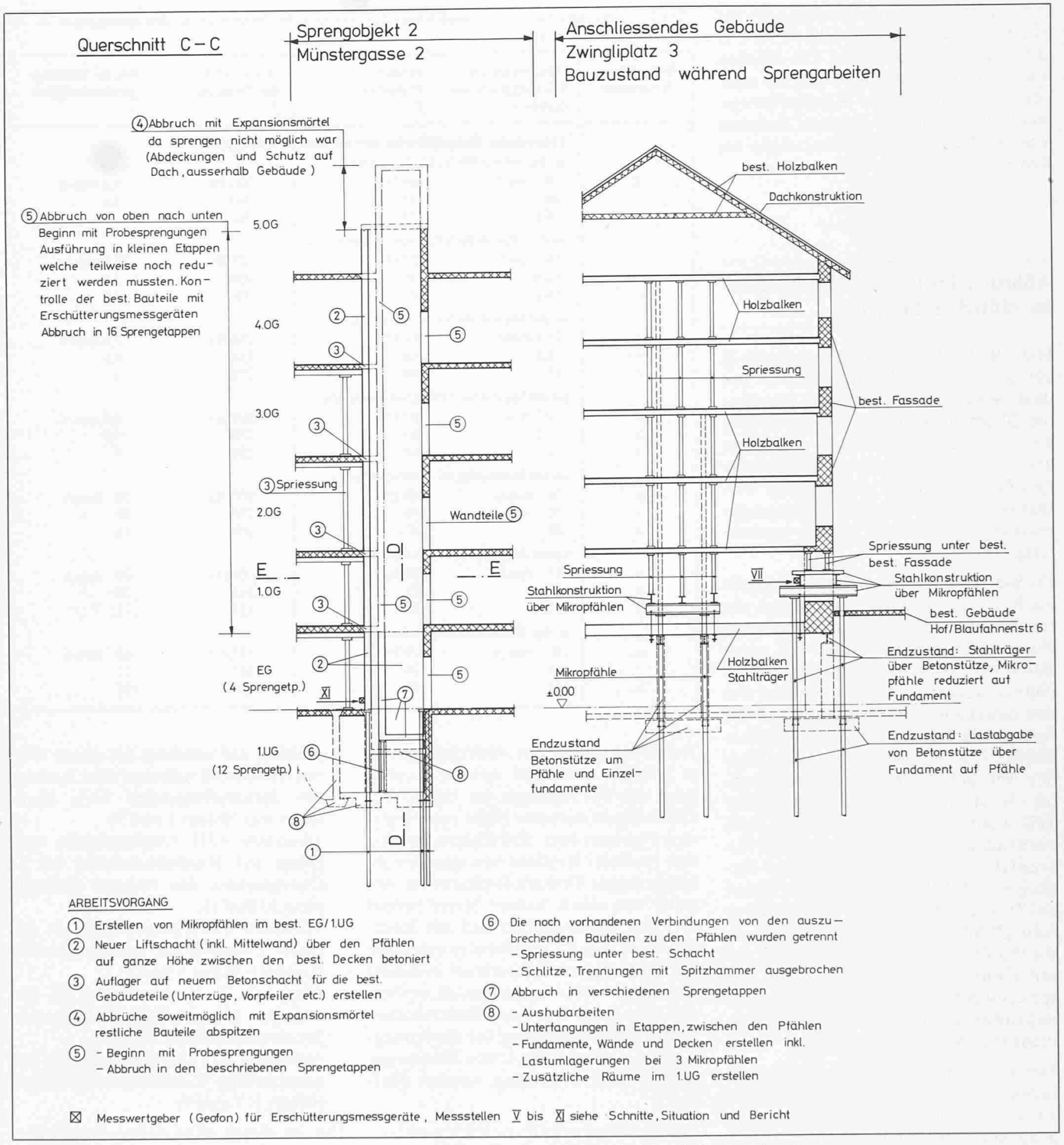


Bild 7. Sprengobjekt 2 (Münstergasse 2). Querschnitt C–C und Schnitt durch das anschliessende Gebäude (Zwingliplatz 3)

gangs erwähnten Reduktion der zugelassenen Anzahl Zündstufen. Während dem Verlauf der Sprengarbeiten wurde dieser Gebäudeteil mit betonierten Stützen unterfangen. Während der Abbindezeit des Betons durfte nicht gesprengt werden. Nach der Wiederaufnahme der Sprengarbeiten wurde auf diesen Messpunkt verzichtet.

- Durch ständige Kontrolle auf eine allfällige *Schadenbildung an den Wänden des neuerstellten Liftschachtes* konnten hier Schwinggeschwindigkeiten (d.h. ihre Komponenten) zugelassen werden, welche den in der Norm [2] enthaltenen Richtwert (als Vektor) um ein Mehrfaches übersteigen. Dabei muss hinzugefügt werden, dass die ermittelten Frequenzen aller drei Komponenten ebenfalls über dem der Norm entnommenen Frequenzbereich liegen, was – wie bereits mehrfach erwähnt – eine *Erhöhung des Richtwertes* erlaubt.

Für den Abbruch des über das Dach hinausragenden *Liftaufbaus* musste ein anderes Verfahren gewählt werden, weil das Sprengen wegen der dafür erforderlichen aufwendigen Abdeckung zur Verhinderung des Wegschleuderns von Trümerstücken nicht in Frage kam. Obwohl es von der Jahreszeit her bereits so kalt war, dass die Reaktionsfähigkeit eines solchen Mittels nur noch bedingt gewährleistet ist, griff man mit gutem Erfolg zu einem erst kürzlich in der Schweiz entwickelten *Expansionsmörtel*. Dieser wird anstelle von Sprengstoff in die Bohrlöcher eingefüllt, dehnt sich im Verlaufe von mehreren Stunden aus und verursacht so die Entstehung von Rissen im Beton, welche dann das Abspitzen mit dem Spitzhammer stark erleichtern.

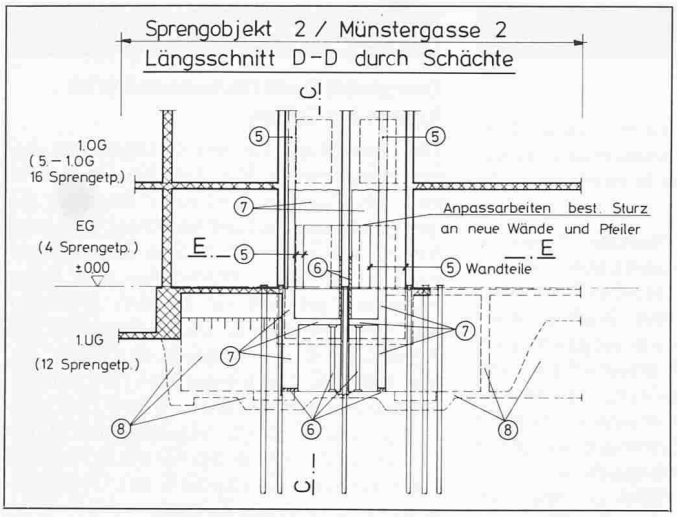


Bild 8. Sprengobjekt 2 (Münstergasse 2). Längsschnitt D–D durch Schächte

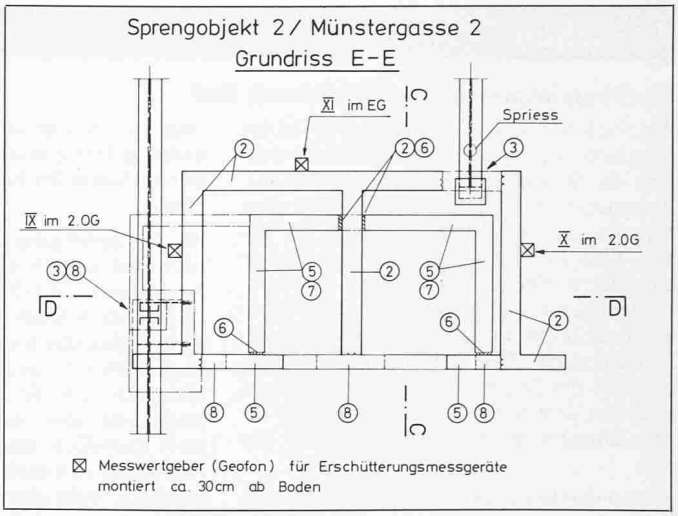


Bild 9. Sprengobjekt 2 (Münstergasse 2). Grundriss E–E

Betrachtungen aus dem Blickwinkel des Umweltschutzes

Eindeutig zeigte sich, dass ohne Anwendung der Sprengtechnik die *Einhaltung des gedrängten Bauprogrammes* nur sehr schwer, wenn überhaupt möglich gewesen wäre. Trotzdem muss hier betont werden, dass sich der Bauingenieur durch das Bauprogramm nicht zu gewagten Experimenten hinreissen liess (er wurde durch die verständnisvolle Bauherrschaft auch nicht dazu gedrängt). War es aber auch vertretbar, den Anwohnern und Passanten die mit der Sprengarbeit verbundenen Immissionen zuzumuten? Zur Beantwortung dieser Frage müssen die beiden möglichen Arbeitsverfahren – *Spitzhammer gegen Sprengabbau* – miteinander verglichen werden:

- Schon gefühlsmässig ist der *Lärm eines Bohrhammers* leichter zu ertragen als derjenige eines Abbauhammers. Zieht man aber auch die Dauer dieses Lärms in Betracht, so besteht kein Zweifel, dass der für das Sprengen benötigte Bohraufwand eindeutig schneller erledigt ist, als wenn das betreffende Mauerstück abgemeisselt wird. – Diese beiden Aussagen wurden in Äusserungen bei Gesprächen mit Anwohnern immer wieder bestätigt.
- Was die *Erschütterungseinwirkungen* betrifft, so wurde anhand der beschriebenen Messungen festgestellt, dass Schäden an benachbarten Häusern ausgeschlossen werden können.
- Es verbleibt noch die Belästigung durch die *Sprenggase* und den *Staub*. Mit der Anwendung des Wassergel-Sprengstoffs konnte die Entstehung giftiger Gase in den Sprengschwaden auf ein Minimum reduziert werden. Zudem fanden die Sprengungen innerhalb des mit Bretterwänden und Fenstern verschlossenen Gebäudes – zum Schutze der Arbeiter jeweils während einer Arbeitspause – statt. Die Sprengschwaden verzogen sich daher grösstenteils durch die vorhandenen noch offenen Liftschächte und zum Dach hinaus. Einige Nachbarn beklagten sich nachträglich über den durch die Luftbewegungen herantransportierten Staub.

Schlussfolgerungen

Aus Gründen, auf die hier nicht eingegangen werden soll, hat man sich bei den Erschütterungsmessungen auf die Ermittlung der *Schwinggeschwindigkeitskomponenten* und ihrer *Frequenzen* beschränkt. Die immer wieder zitierten Richtwerte der Norm [2] können wohl zur Beurteilung der Erschütterungen beigezogen werden, die von Sprengungen in der Nähe von Bauwerken verursacht werden; für Erschütterungen durch Sprengungen an diesem Bauwerk selbst haben sie jedoch keine Aussagekraft mehr.

Bei ähnlichen Arbeiten sind folgende Punkte beherzigenswert:

- Es hat sich bewährt, die *Anwohner* rechtzeitig und ausführlich über die geplanten Sprengarbeiten zu orientieren. Dabei sind ihnen die Bedeutung der Sprengsignale und wenn möglich die voraussichtlichen Sprengzeiten bekanntzugeben.
- Um die *Passanten* auf eine bevorstehende Sprengung (unerwarteter Knall) aufmerksam zu machen, empfiehlt es sich, die Umgebung der Sprengstelle mit Posten absperren zu lassen, auch wenn absolut keine Gefährdung für die Passanten besteht.
- Auf die Durchführung von *Erschütterungsmessungen* sollte auf keinen Fall verzichtet werden, dienen sie doch zwei Zwecken: Kontrolle der Sprengarbeiten und Abweisen von ungerechtfertigten Schadenersatzansprüchen aus benachbarten Gebäuden.
- *Staubbekämpfung:* Sofort nach der Sprengung ist der Sprengschutt – besonders wenn er anschliessend aufgeladen werden soll – reichlich zu wässern. Eine zusätzliche Möglichkeit besteht darin, gleichzeitig mit den Sprengladungen eine weitere schwache Ladung in einem mit Wasser gefüllten, etwa 50 l fassenden Plastiksack zur Detonation zu bringen.

Zum Schluss glauben wir doch festhalten zu können, dass durch die verkürzten Bauzeiten, aber ebenso die stark reduzierten Lärmimmissionen vor und nach den einzelnen Sprengungen, die gewählte Ausführungsart auch für die Anwohner die bessere Lösung war.

Literaturhinweis

[1] *Amberg R.:* «Die Sprengtechnik im Furka-Basistunnel (Verbesserung der Sprengschwaden durch Tovex-Sprengstoffe)». Schweizer Baublatt, Nr. 53, 1982
[2] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS: «Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke». Schweizer Norm SN 640 312, 1979
[3] *Langefors U., Kihlström, B.:* «The modern Technique of Rock Blasting». Almqvist & Wiksell AB, Stockholm, 1973
[4] *Schnait K.:* «Sprengpraxis». Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, Landesfeuerwehrkommando, Wien 1978
[5] Autorenkollektiv unter Federführung von Obering. *H. Heinze:* «Handbuch Sprengtechnik». VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1975

Adresse der Verfasser: *R. Widmer,* Bau-Ing. ETH, Kibag-Sprengtechnik, Mythenquai 383, 8038 Zürich, und *P. Müller,* Bau-Ing. HTL, Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau R. Henauer AG, dipl. Ing. ETH SIA ASIC, Thujastrasse 6, 8038 Zürich.