

Baugrund und Fundations-Erfahrungen beim Wohnturm Hirzenbach in Zürich 11

Autor(en): **Schaad, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77 (1959)**

Heft 21

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84257>

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.

Baugrund und Fundations-Erfahrungen beim Wohnturm Hirzenbach in Zürich 11

Von W. Schaad, dipl. Ing. ETH, Zürich

DK 624.151.5.002

I. Einleitung

Die ständig zunehmende Ausdehnung der schweizerischen Städte, wie auch die Erhöhung der Geschoszahl von Gebäuden stellen nicht nur dem Architekten, sondern auch dem Ingenieur und den Baugrundspezialisten neue Probleme. Die intensive Ueberbauung zwingt zur Nutzung von Gebieten, die von geologischen und fundationstechnischen Gesichtspunkten aus keine günstigen Voraussetzungen bieten, da ihre Tragfähigkeitseigenschaften und Setzungsempfindlichkeit eher zu wünschen übrig lassen. Zudem fordert als Folge der Errichtung von Hochhäusern die Erhöhung der Stockwerkzahl eine weiterege-

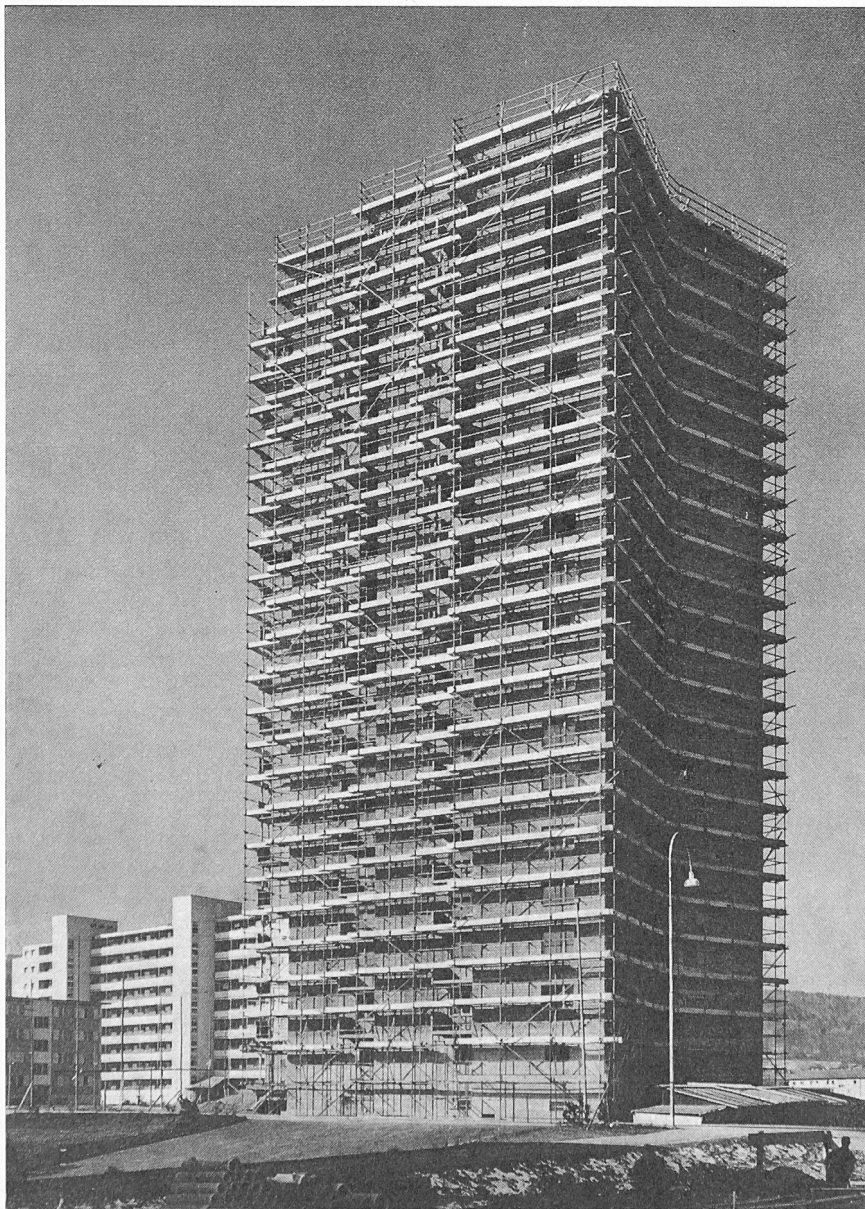
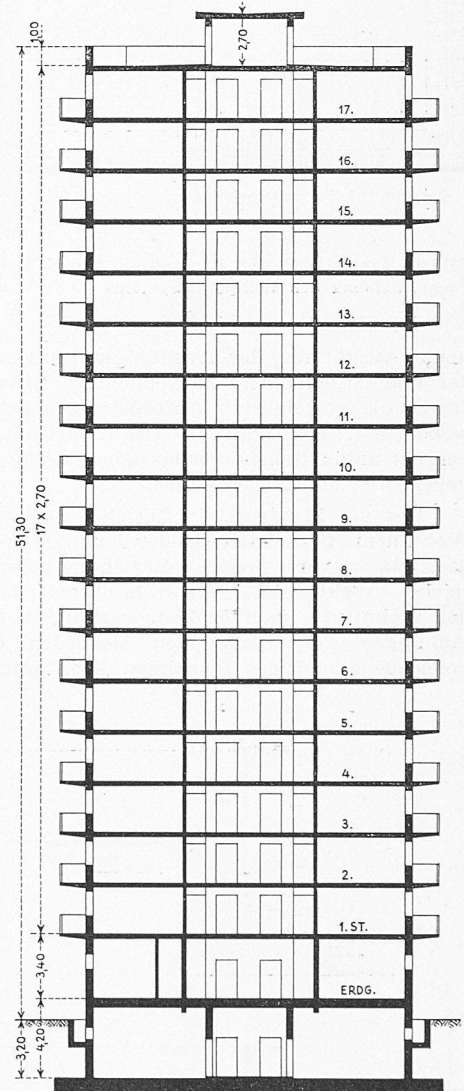
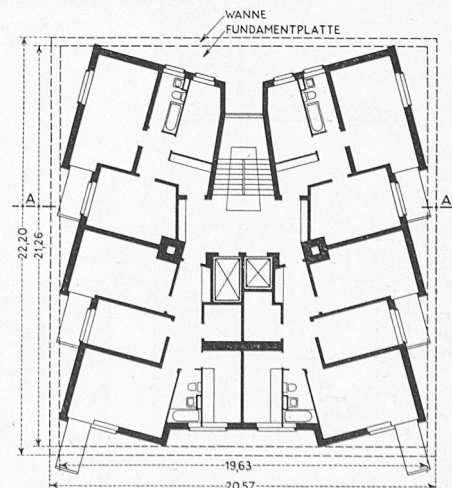


Bild 1. Wohnturm Hirzenbach mit Gerüst, Ansicht von Osten, Backsteinmauerwerk ersichtlich

Bild 2 (rechts): Stockwerkgrundriss und Schnitt 1:400



SCHNITT A-A



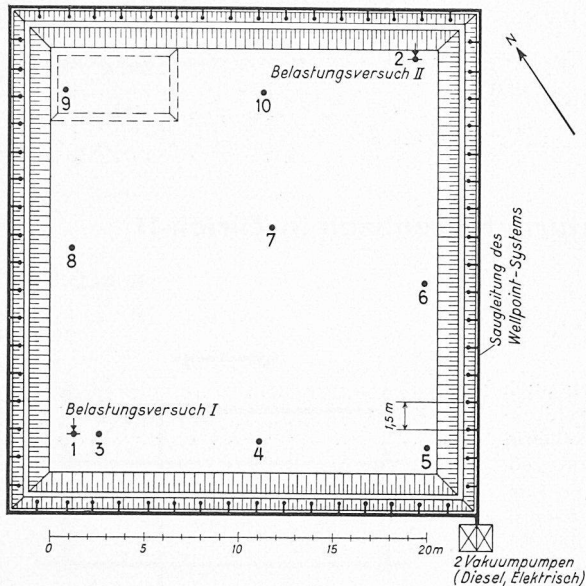


Bild 3. Plan 1:400 der Sondierungen und Belastungsversuche, Schema des Wellpoint-Systems

hende Ausnützung der Tragfähigkeit des Baugrundes als bisher und entsprechend ausgedehntere Bodenuntersuchungen. Durch die gesteigerten Anforderungen ergibt sich die Notwendigkeit, die teilweise traditionell bedingten Bereiche der bis anhin üblichen zulässigen Bodenpressungen neu zu überprüfen und zu erweitern.

Der am Stadtrand in Zürich-Schwamendingen erbaute Wohnturm Hirzenbach (Bilder 1 und 2) stellt ein Bauobjekt dar, das in verschiedener Beziehung neue und aufschlussreiche Aspekte bietet. In architektonischer Hinsicht wurde der Wohnturm in einer Zone erstellt, in der dank der Bemühungen der städtischen Behörden die Ueberbauung konsequent nach den Prinzipien der Städteplanung durchge-

führt werden kann. Das vermutlich höchste in Backsteinmauerwerk¹⁾ erstellte Gebäude begegnet auch als bautechnische Pionierarbeit besonderem Interesse (Bild 1). Die Ingenieurarbeiten wurden von Ing. S. I. A. H. Lechner, Zürich, durchgeführt.

Der Aushub der Baugrube, die Fundation und der Rohbau des Wohnturmes wurden zwischen dem 15. April 1957 und dem 30. März 1958 ausgeführt. Der Innenausbau war am 1. August 1958 beendet.

Durch das Fundament des Hochhauses wird der im allgemeinen nicht sehr vorteilhafte Baugrund dieser Gegend mit hohen, hier nicht üblichen Bodenpressungen belastet. In den nachfolgenden Ausführungen werden die fundationstechnischen Verhältnisse und die bisherigen Erfahrungen deshalb näher beleuchtet.

II. Abmessungen des Turmhochhauses (Bild 2)

Das 18stöckige Hochhaus besitzt eine Höhe von rund 50 m und ein Gewicht von rd. 10 000 t. Es wurde in einer Tiefe von 2,5 m unter der Oberfläche des gewachsenen Bodens mittels einer Flachgründung fundiert. Die Aussenmasse der hierfür erstellten Wanne betragen $20,57 \times 22,20$ m, die Abmessungen der eigentlichen Tragplatte aus armiertem Beton $19,63 \times 21,26$ m, deren Dicke 1,00 m. Die Fundamentplatte wird durch die Wände des Kellergeschosses versteift und wirkt mit diesem zusammen als monolithischer Kasten, weshalb zur Dimensionierung der Platte eine geradlinige Verteilung der Bodenpressungen angenommen werden konnte. Die mittlere Bodenpressung beträgt rund $2,5 \text{ kg/cm}^2$.

III. Untergrund und fundationstechnische Verhältnisse

1. Allgemeine Baugrundverhältnisse

Das Gebäude liegt in der Glattebene, ein durch starke Wechsel der Untergrundschichten gekennzeichnetes Gebiet. Im allgemeinen findet sich hier bis in grosse Tiefen eine Abfolge von jungen, nacheiszeitlichen Sedimenten, vor allem Sande, lehmige Feinsande, Kiese, welche oft von lehmigen

¹⁾ Siehe auch den Aufsatz von P. Haller in SBZ 1958, Heft 28, über dieses Hochhaus. Red.

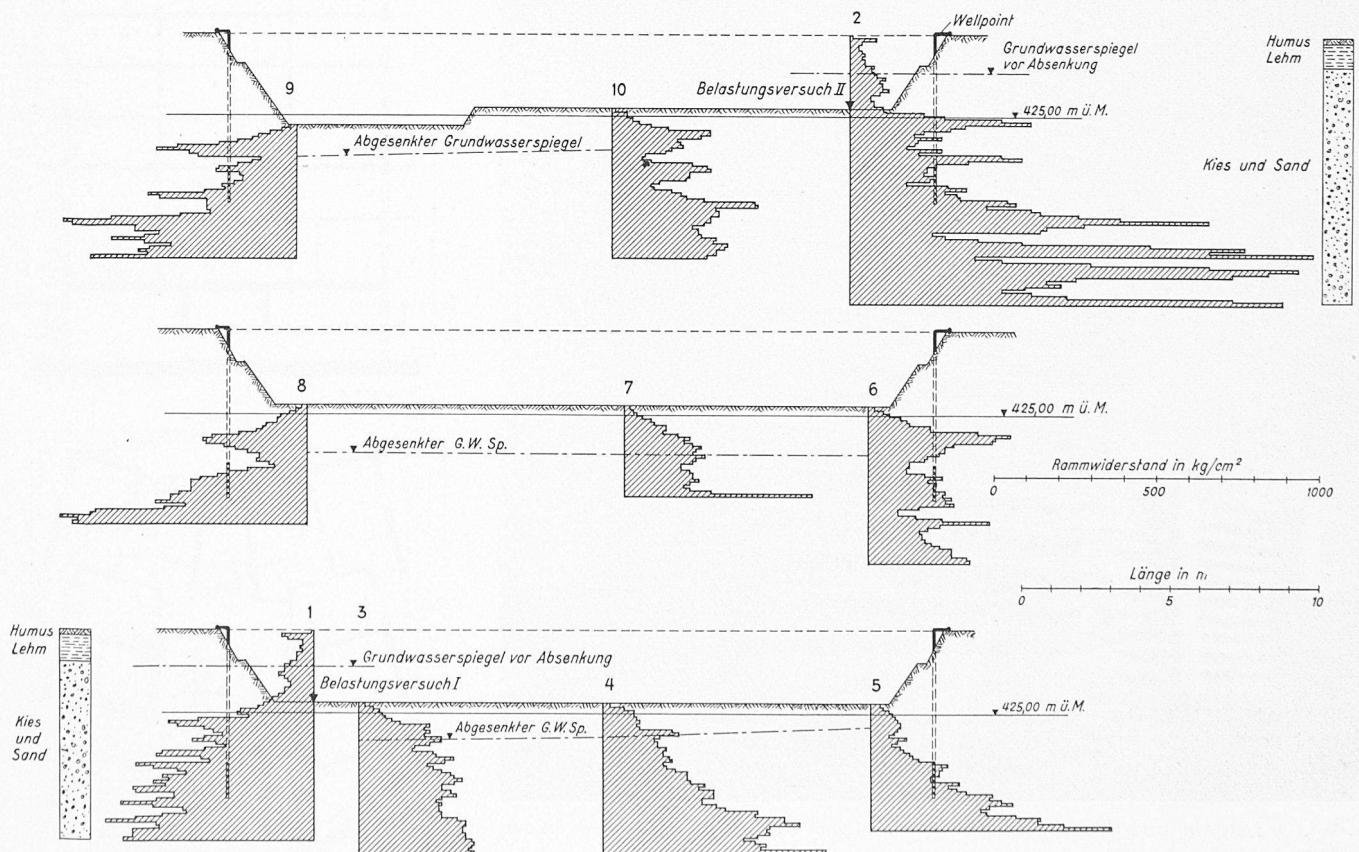


Bild 4. Boden- und Grundwasserverhältnisse (Sondierungen Nr. 1 und 2 vor, Nr. 3 bis 10 nach Baugrundaushub ausgeführt)

Schichten durchsetzt sind und durch die früher stark mäandrierende Glatt in Form von unregelmässigen, aneinandergereihten Linsen deponiert wurden. Die Tiefe dieser Schichten wurde durch seismische Messungen von A. Süssstrunk, dipl. Phys. ETH, in der unmittelbaren Umgebung des Hochhauses zu 65 bis 72 m bestimmt. Darunter folgt nach diesen Untersuchungen die Molasse.

Oberflächlich sind diese Schichten meist von Verwitterungslehmen, jungen feinkörnigen Verlandungssedimenten wie Feinsand und Seebodenlehm mit organischen Resten, sowie stellenweise von Torf bedeckt, deren Gesamtdicke normalerweise nur wenige Meter beträgt.

Die im allgemeinen innerhalb kurzer Strecken stark wechselnden Baugrundverhältnisse rechtfertigen die bisher in diesem Gelände angewendeten, verhältnismässig geringen Bodenpressungen von höchstens 1 bis 1,5 kg/cm² für Wohnbauten.

2. Baugrundsondierungen

Die am Ort des Turmhochhauses ausgeführten Sondierungen sind aus den Bildern 3 und 4 ersichtlich. Vor Baubeginn wurden die generellen Bodenverhältnisse durch die Rammsondierungen Nr. 1 und 2 abgeklärt. Diese stellten bis in 1 m Tiefe weiche, junge Lehme, von 1 bis 2,5 m Tiefe lose gelagerten Kies fest, welche von kompakteren Schichten unterlagert werden. Dieser tiefere Untergrund wird aus kiesig-sandigen, feinsandigen und lehmigen Schichten gebildet.

An den Stellen der Sondierungen Nr. 1 und 2 erfolgte vorgängig der Baugrubenerstellung die Ausführung der Belastungsversuche Nr. I und II, auf welche später eingetreten wird.

Zur Ergänzung wurden nach dem Baugrubenaushub die Rammsondierungen Nr. 3 bis 10 angeordnet. Die ausgeführten Rammsondierungen zeigen entsprechend der geologischen Genese des Gebietes eine stark wechselnde Festigkeit des Baugrundes, sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung, charakterisiert durch den stark variablen Verlauf der Rammdiagramme (Bild 4).

3. Belastungsversuche

Die zur Beurteilung der Setzungsempfindlichkeit des Untergrundes ausgeführten Belastungsversuche Nr. I und II waren in 2,5 m Tiefe auf der zukünftigen Fundamentsohle angeordnet worden. Auf quadratischen Betonsäulen von 1 m² Querschnittsfläche brachte man horizontal liegende Heizöltanks von 15 000 und 20 000 l Inhalt an. Die Belastung wurde mittels Wasserfüllung bewerkstelligt. Die Ausarbeitung des Belastungsprogrammes, Ueberwachungen und Interpretation der Versuche führte das Büro Dr. H. Jäckli, Geologe, Zürich, aus, die Abwicklung und Beobachtung der Versuche das Ingenieurbüro H. Mathys, Zürich.

Die Zeit-Setzungsdiagramme der Belastungsversuche sind auf Bild 5 veranschaulicht, die Belastungs-Setzungsdiagramme gleichwertiger Lastzustände auf Bild 6. Es geht daraus hervor, dass die Setzungen beim Versuch I etwas grösser waren als beim Versuch II, weiter, dass offenbar als Folge der geringeren Anteile feinkörniger Bodenfraktionen beim Versuch II eine raschere Beruhigung der Setzungen eintrat. Aus den Last-Setzungs-Diagrammen ist ferner zu

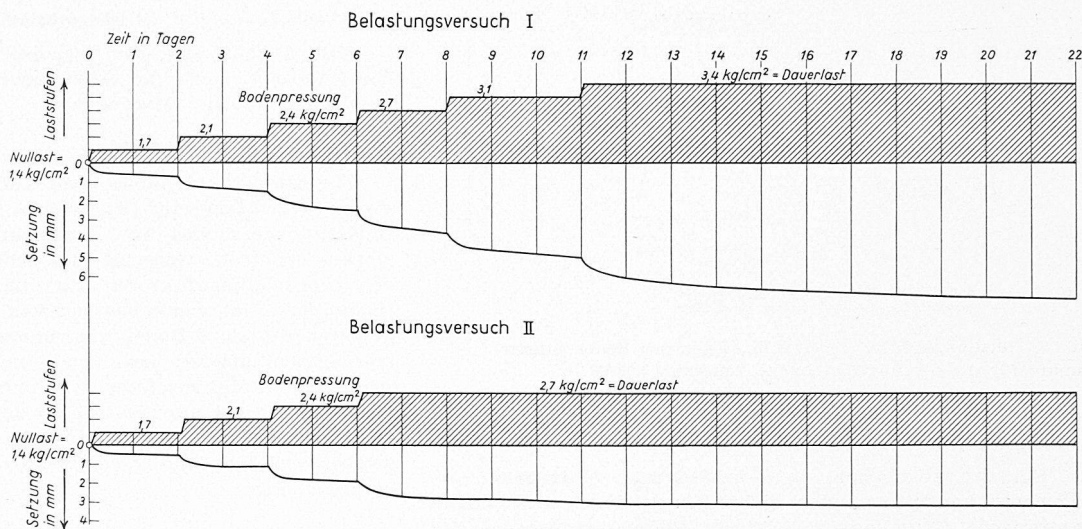


Bild 5. Zeit-Belastungs- und Zeit-Setzungs-Diagramme der Versuche

erkennen, dass bei den 2,1 kg/cm² übersteigenden Laststufen bereits gewisse Instabilitätserscheinungen auftraten, weshalb für die Auswertung in der Setzungsprognose lediglich die geradlinigen Anfangsstadien dieser Diagramme berücksichtigt wurden.

4. Baugrube, Grundwasser und Wasserhaltung

Der Grundwasserspiegel lag mit 1,20 bis 1,25 m unter Bodenoberfläche (2. März 1956) hoch und erforderte für den Baugrubenaushub eine Grundwasserabsenkung sowie die Isolation des Gebäudes, welche mittels Wannengründung erzielt wurde. Der Hauptteil der Baugrube wurde durch maschinellen Aushub bewerkstelligt. Zur Vermeidung von starken und unerwünschten Bodenauflockerungen ordnete man für die letzten 85 bis 95 cm Handaushub an.

Die von der Firma A. Brunners Erben, Zürich, ausgeführte Grundwasserabsenkung wurde mit Hilfe des Vakuumverfahrens erzielt (Bilder 3 und 4). Die Wellpoints waren dabei in Abständen von 1,5 m angeordnet und hatten eine Länge von 5,2 ÷ 5,7 m. Sie reichten etwa 2,6 ÷ 3,1 m unter die Baugrubensohle. Die Länge des Filters betrug 1,2 m. Ein Vorversuch mit vier Wellpoints ergab eine totale Fördermenge von 30 ÷ 50 l/min. Das verwendete System, welches pro Filter eine maximale Leistungsfähigkeit von etwa 80 ÷ 120 l/min aufweist, war demnach trotz des stark kiesig-sandigen Untergrundes nicht voll ausgenutzt.

Der Verlauf des abgesenkten Grundwasserspiegels, welcher während der Ausführung der Ergänzungssondierungen gemessen werden konnte, geht aus Bild 4 hervor.

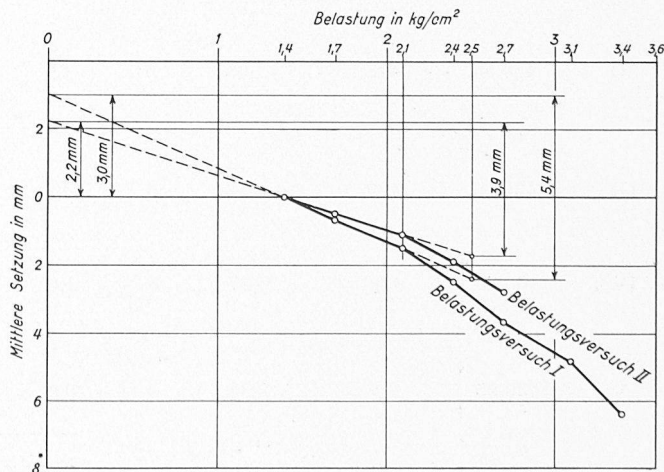


Bild 6. Belastungs-Setzungs-Diagramme der Versuche Wohn-turm Hirzenbach

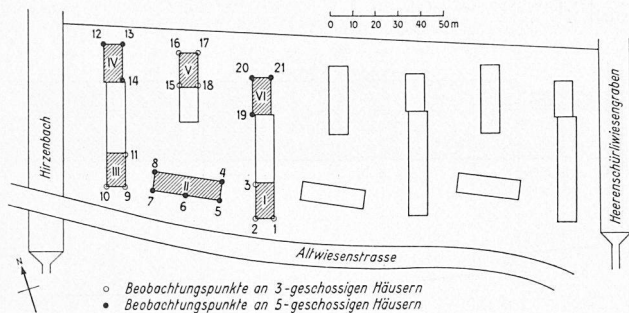


Bild 7. Siedlungshäuser der S.B.W., Lage der Beobachtungspunkte für die Setzungsmessungen; Masstab 1:3300

5. Tragfähigkeit und Setzungsprognose

Bei den gegebenen stark heterogenen Untergrundverhältnissen handelte es sich nicht darum, durch auf genaue theoretische Grundlagen gestützte Berechnungsweisen die voraussichtlichen Setzungen zu bestimmen, sondern durch geeignete Wahl der Voraussetzungen die Grössenordnung der zu erwartenden Bodenbewegungen zu schätzen. Namentlich aber musste dem Einfluss der dem Untergrund eigenen Heterogenitäten Rechnung getragen werden. Es war hiebei der günstige Umstand zu berücksichtigen, dass grossflächige Fundamente lokale und verhältnismässig wenig ausgedehnte Ungleichheiten des Bodens weitgehend zu überbrücken vermögen, und dass dieser Einfluss mit zunehmender Grösse der Fundamentfläche herabgemindert wird.

a) Tragfähigkeit

Die Grenzbelastung des Bodens hinsichtlich Ausquetschens des Untergrundes durch Ueberschreiten der Scherfestigkeit wurde nach der eher vorsichtigen, aber bewährten Theorie von Maag [1] ²⁾, sowie nach der Formel von Terzaghi [2] abgeschätzt. Beide Methoden ergaben bei den üblichen Sicherheitsgraden eine höhere zulässige Bodenpressung als die von der Fundamentplatte ausgeübten 2,5 kg/cm².

2) Siehe Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

b) Abschätzung der voraussichtlichen Setzungen

Die Abschätzung der voraussichtlichen Setzungen bzw. deren Bereich, sowie der Setzungsungleichheiten erfolgte anhand verschiedener Methoden.

Setzung nach Terzaghi-Peck:

Terzaghi-Peck haben eine auf Erfahrung abgestützte Formel veröffentlicht [3], welche aus dem Resultat eines Belastungsversuches die voraussichtliche Setzung eines Bauwerkes ermittelt. Unter Berücksichtigung der sich ergebenden Umrechnungsfaktoren für die verwendete Belastungsfläche von 1 m² gegenüber der von Terzaghi-Peck zugrunde gelegten Standard-Platte von einem Quadratfuss ergab sich rechnerisch eine zu erwartende Setzung von 6,6÷9,2 mm, sowie eine Lotabweichung (Schiefstellung) bezüglich der Bauhöhe von 6,4 mm. Da die so berechneten Setzungen für das grossflächige Fundament als sehr gering erschienen, wurden zur Kontrolle noch weitere Abschätzungsmethoden herangezogen.

Setzungsberechnung auf Grund des Zusammendrückungsmoduls:

Die unter Zugrundelegung des Zusammendrückungsmoduls bei uns oft angewendete Berechnungsmethode trifft nach den bisherigen Erfahrungen die Verhältnisse recht gut. Voraussetzung ist jedoch, dass die Grösse des massgebenden Zusammendrückungsmoduls den vorliegenden Untergrundbedingungen entsprechend abgeschätzt wird.

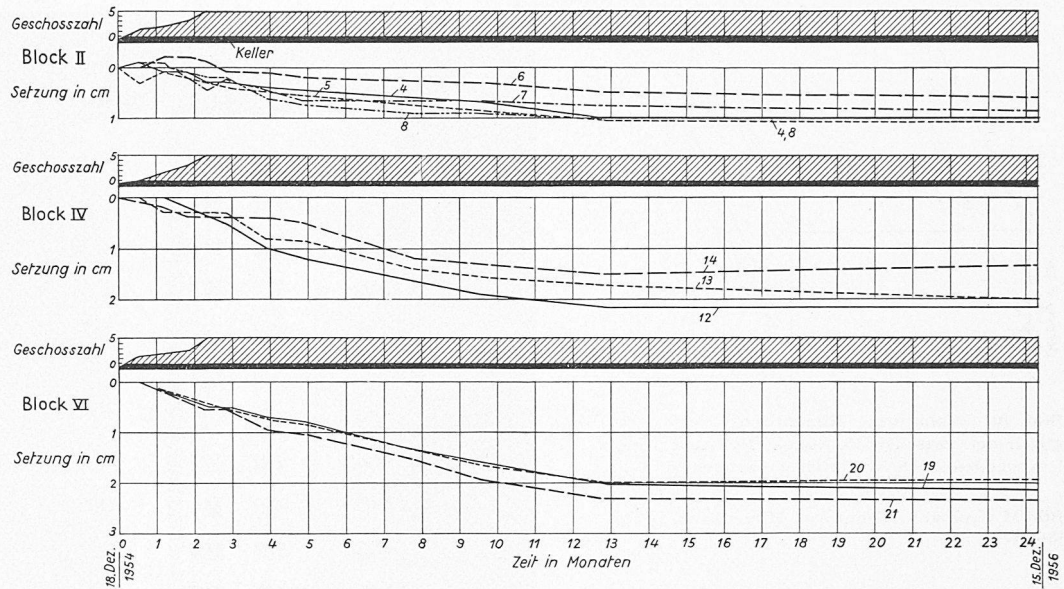
Aus den beim Turmhochhaus ausgeführten Belastungsversuchen ergaben sich aus den geradlinigen Anfangsstadien der Diagramme (Bild 6) die Zusammendrückungsmoduli $M_E = 530$ und 720 kg/cm², somit eine Schwankung von 36% hinsichtlich des geringeren Moduls und 15% bezüglich des Mittelwertes. Auf Grund der übrigen Bodenuntersuchungen und unter Berücksichtigung des tiefen Wirkungsbereiches der vom Gebäude ausgeübten Bodenspannungen wurde der Berechnung ein angemessen erhöhter mittlerer M_E -Wert von 1000 kg/cm² zugrundegelegt.

Die auf diesen Grundlagen ermittelte rechnerische Setzung ergab sich zu 4,8 cm, der zu erwartende Setzungsunterschied zu 1,7 cm und die hieraus bestimmte Lotabweichung der grössten Bauhöhe des Wohnturms zu rd. 3 cm.

Tabelle 1. Ergebnisse der Setzungsbeobachtungen an den Siedlungsbauten der S.B.W., Altwiesenstrasse, Zürich-Schwamendingen

Block No.	heutige Terrain-Kote m. ü. M.	Kote U. K.-Platte m. ü. M.	Kofferstärke m	Geschosszahl	Bodenpressung kg/cm ²	Beobachtungspunkt No.	Setzung nach 2 Jahren cm	mittlere Setzung cm	Maximale Setzungsdifferenz cm	Setzungsgradient ‰
I	430,88	429,18	0,83	3	0,6	1	0,70	0,75	0,25	0,17
						2	0,90			
						3	0,65			
						4	1,00			
II	430,85	429,15	1,05	5	1,0	5	1,10	0,90	0,50	0,33
						6	0,60			
						7	0,80			
						8	1,00			
III	430,80	429,10	0,27	3	0,6	9	0,95	0,90	0,35	0,22
						10	0,70			
						11	1,05			
IV	430,80	429,10	0,27	5	1,0	12	2,15	1,85	0,85	0,45
						13	2,00			
						14	1,30			
						15	1,35			
V	430,95	429,25	0,35	3	0,6	16	1,15	1,46	0,70	0,39
						17	1,50			
						18	1,85			
VI	430,88	429,18	0,83	5	1,0	19	2,15	2,17	0,45	0,50
						20	1,95			
						21	2,40			

Bild 8. Ergebnisse der Setzungsbeobachtungen an fünfstöckigen Häusern der Siedlung S.B.W., Zürich-Schwamendingen



c) Ueberprüfung der Setzungsberechnungen auf Grund von Beobachtungen bei Nachbarobjekten

Die Bereitwilligkeit der Stiftung S. B. W. bot dem Büro Dr. H. Jäckli anlässlich der Erstellung der Siedlung an der Altwiesenstrasse Gelegenheit, an den dortigen Bauten während rund zweier Jahre Setzungsbeobachtungen an 3- und 5-stöckigen Wohnhäusern auszuführen (Tab. 1 und Bilder 7 und 8). Diese stehen in der Nähe des Turmhochhauses auf Gebiet gleichen geologischen Ursprungs. Die auf Platten gegründeten dreistöckigen Bauten ergaben bei einer Bodenpressung von $0,6 \text{ kg/cm}^2$ Setzungen von $6,5 \div 18,5 \text{ mm}$ und Setzungsdifferenzen von $2,5 \div 7,0 \text{ mm}$; die 5-stöckigen unter einer Fundamentlast von $1,0 \text{ kg/cm}^2$ solche zwischen $6,0$ und $24,0 \text{ mm}$, sowie Setzungsdifferenzen von $4,5 \div 8,5 \text{ mm}$. Die Bewegungen hatten sich innerhalb der Beobachtungszeit annähernd beruhigt.

Die Setzungsbeobachtungen an diesen Bauobjekten konnten gewissermassen als grossflächige Belastungsversuche betrachtet und deren Ergebnisse als willkommene Kontrollmöglichkeiten der vorangehenden Abschätzungen herangezogen werden. Unter Berücksichtigung der Lastflächenform und der Bodenpressung ergab die Uebertragung dieser Erfahrungen auf die Verhältnisse des Turmhochhauses einen Bereich der zu erwartenden Setzungen von $1,5 \div 4,3 \text{ cm}$, sowie zwischen $0,9$ und $1,5 \text{ cm}$ liegende Setzungsdifferenzen. Der Grösstwert dieser Prognose stimmte praktisch mit der auf den Zusammendrückungsmodul gestützten Abschätzung überein.

Die Folgerungen aus den verschiedenen getroffenen Abschätzungen lauteten dahin, dass eine Setzung des Turmhochhauses von maximal rd. 4 bis 5 cm und eine auf die

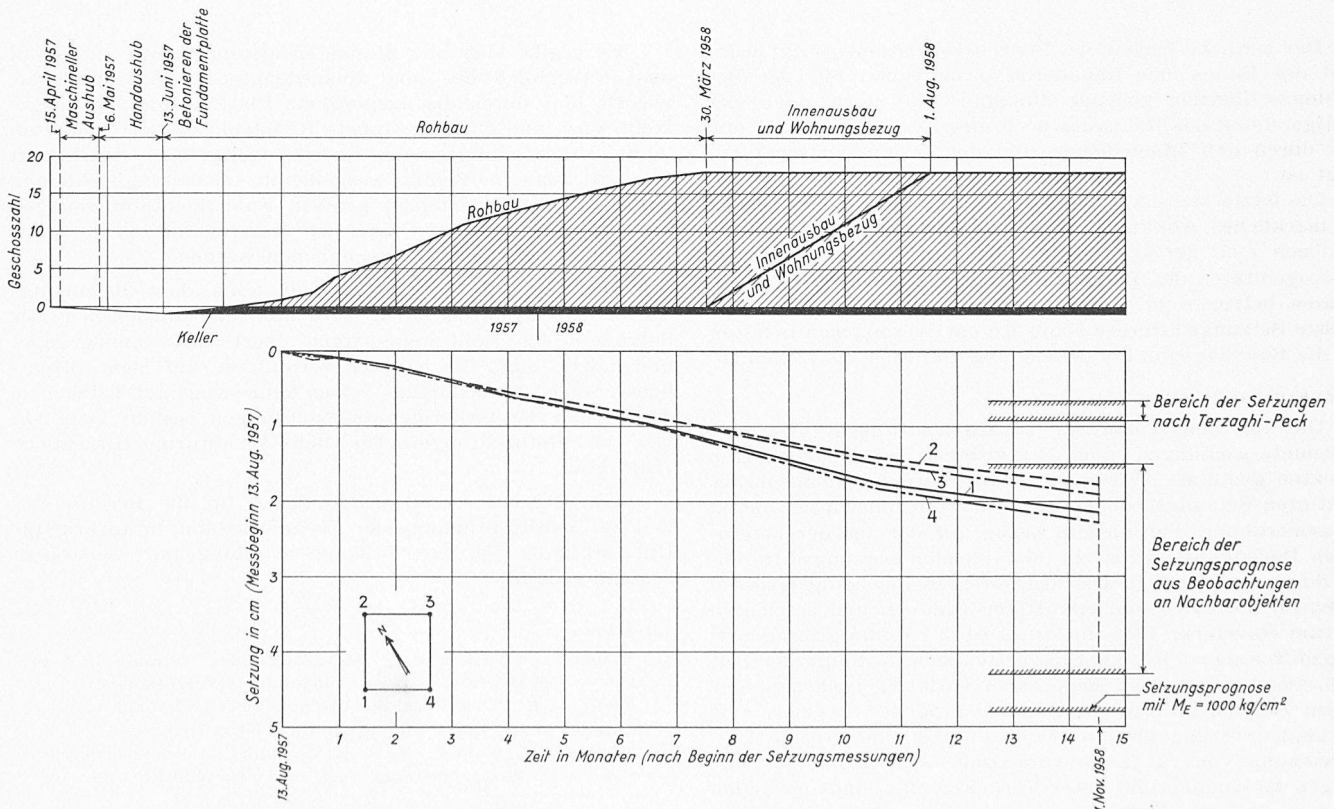


Bild 9. Wohnturm Hirzenbach, zeitlicher Verlauf der Setzungen

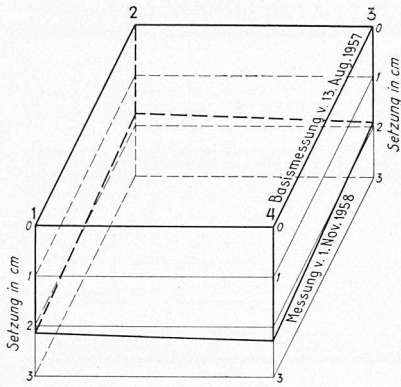


Bild 10. Wohnturm Hirzenbach, Vergleich der zwischen 13. August 1957 und 1. November 1958 erfolgten Setzungen

Bild 11 (rechts). Wohnturm Hirzenbach, Süd-West-Seite

Gebäudehöhe bezogene grösste Lotabweichung von rd. 3 cm zu erwarten seien.

IV. Bisherige Ergebnisse der Setzungsbeobachtungen

Während und nach der Errichtung des Baues wurden vom Ingenieurbüro H. Mathys die Setzungen an vier Punkten des Turmhochhauses beobachtet. Deren Verlauf ist auf Bild 9 dargestellt. Die rund $1\frac{1}{4}$ Jahre nach Messbeginn erreichten Setzungen sind auf Bild 10 in axonometrischer Darstellung ersichtlich.

Der zeitliche Verlauf der Bodendeformationen zeigt während des Baues eine annähernd proportional mit der Belastungssteigerung gehende Zunahme, die auch nach der Fertigstellung des Rohbaues noch eine Zeit lang anhielt und hier durch den Innenausbau und den Wohnungsbezug bedingt ist.

Die letzte Messung vom 1. November 1958 stellte bereits ein merkliches Abklingen fest. Aus den Beobachtungen ergibt sich eine geringe Verkantung der Platte infolge der Heterogenitäten des Baugrundes. Die extremen Bewegungsgrössen betragen in jenem Zeitpunkt 1,8 und 2,3 cm, die grösste Setzungsdifferenz somit 0,5 cm, woraus sich in bezug auf die Bauhöhe eine Lotabweichung von rd. 1 cm errechnet.

V. Zusammenfassung

Die für den Wohnturm Hirzenbach ausgeführte, auf Bodenuntersuchungen und Erfahrungen an benachbarten Objekten gestützte Setzungsprognose wird durch die bisher getätigten Setzungsbeobachtungen sowohl hinsichtlich deren Grössenordnung wie auch in bezug auf die aus der heterogenen Bodenkonstitution zu erwartenden Setzungsdifferenzen durchaus bestätigt. Die festgestellten Bewegungsgrössen liegen im normalen und erwarteten Rahmen und erreichten bis zum November 1958 im Mittel rd. 2 cm, die grösste Setzungsdifferenz rd. 0,5 cm. Sie dürften sich im Laufe der Zeit noch etwas vergrössern, liegen aber vorläufig noch nahe der untern Bereichsgrenze der Setzungsprognose, welche eine maximale Setzung von rd. $4 \div 5$ cm und eine grösste Lotabweichung von rd. 3 cm voraussah. Auf Grund der bisherigen Messungen und unter Voraussetzung eines normalen Setzungsablaufes dürfte die Setzung von rd. 4 cm erst in rund hundert Jahren erreicht werden.



Es ergibt sich aus diesen Erfahrungen, wie erwartet, dass tatsächlich bei einer ausgedehnten Fundationsfläche, wie sie hier durch die ausgeführte Plattengründung dargestellt wird, und durch geeignete Konstruktion der Fundation lokale Heterogenitäten des Bodens weitgehend überbrückt werden können. Wenig ausgedehnte Bodenungleichheiten wirken sich bei genügend grossen Fundamentabmessungen so wenig aus, dass die Folgen der Heterogenitäten im Sinne einer Quasihomogenität ausgeglichen werden.

Aus diesen Erfahrungen erhellt auch, dass die um das Turmhochhaus kreisenden Gerüchte, die hinsichtlich der Setzungen bis rund hundertfach übertrieben, unbegründet und haltlos sind. Sie beruhen vermutlich auf dem öffentlichen Sensationsbedürfnis, jedoch keineswegs auf Tatsachen. Auf Grund der bisherigen Beobachtungen besteht kein Anlass zu Befürchtungen für den Wohnturm Hirzenbach (Bild 11).

Zum Schluss sei allen Beteiligten für die Bereitwilligkeit zur Veröffentlichung der Ergebnisse und die tatkräftige Unterstützung bei der Zusammenstellung der Uebersicht bestens gedankt.

Literatur

- [1] Maag, E.: Grenzbelastung des Baugrundes, «Strasse und Verkehr», Bd. 24 (1938), sowie Erdbaukurs der ETH 1938.
- [2] Terzaghi, K.: Theoretical Soil Mechanics, Chapman and Hall Ltd., London, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1946.
- [3] Terzaghi, K. u. Peck, R.: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons Inc., New York 1948.

Adresse des Verfassers: W. Schaad, dipl. Ing., Huttenstrasse 40, Zürich 6.