

# Die Anwendung der Stereophotogrammetrie bei Architekturaufnahmen

Autor(en): **Zurbuchen, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **107/108 (1936)**

Heft 16

PDF erstellt am: **27.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-48390>

## **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.

gewählt wurde  $\nu = 0,458$ . Der gewählte Liefergrad  $\varphi = 0,23$  liegt nach Abb. 5 etwas über  $\varphi_m$ . Nach (16) wird die Druckziffer  $\psi = 0,16$ , woraus nach (18)  $\alpha = 2,5$  und nach (20)  $\delta = 1,47$  folgt, entsprechend einem Raddurchmesser von 0,598 m, ausgeführt zu 600 mm, und einem Nabendurchmesser von 0,275 m, ausgeführt zu 280 mm. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt demnach 90,4 m/sec. Da die in (III) auftretende Schranke  $k$  sich mit  $a = 300$  m/sec zu 8,3 berechnet, ist die Flügelspitzenbedingung, wie ein Blick auf Abb. 3 lehrt, für jedes praktisch denkbare Verhältnis  $\lambda_s$  längstens erfüllt. Die Grössen  $\Delta p_{st}$ ,  $\Delta c_{ur}$  und  $\zeta$  würden, nach (9), bzw. (1) und (21) berechnet, um rd. 12 % zu klein. Mit einem korrigierten Wert von  $\Delta p_{st} = 92$  mm WS wird  $\zeta = 0,69$  und  $\Gamma_s = 15,6$ . Bei der gewählten Flügelszahl  $z = 10$  hat demnach jeder Flügel eine Zirkulation von 1,56 m<sup>2</sup>/sec zu bewältigen. Abb. 7 veranschaulicht das Ergebnis der weiteren Berechnung und Auswahl, auf deren Einzelheiten schon in Anm. 10 verwiesen wurde. — Unter den vorgeschriebenen Umständen erreichte das Gebläse den Gesamtwirkungsgrad  $\eta = 0,837$ , entsprechend  $V = 1/\eta - 1 = 0,195$ , gegenüber dem nach Abb. 5 zwischen 0,16 und 0,17 liegenden theoretischen Wert.<sup>12)</sup>

6. *Bemerkung.* Diese Ausführungen sollen nicht etwa zeigen, wie man eine neue Maschine „errechnen“ kann — das kann man nicht —, sondern nur, wie

<sup>12)</sup> Keller, I. c., S. 132, Abb. 92. Die Abweichung rührt wesentlich von der Vernachlässigung der Spaltverluste her.

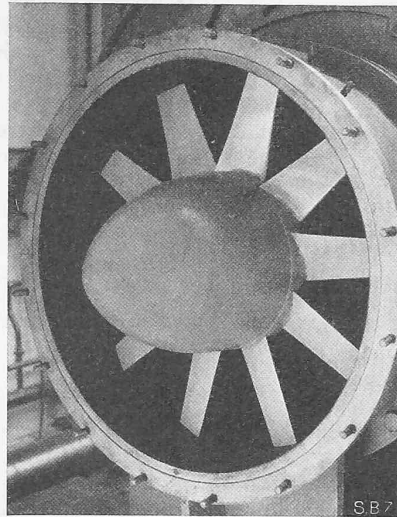


Abb. 6. Propellertyp-Laufrad für 4,6 m<sup>3</sup>/sec Luft und 78,5 mm WS Druckerhöhung bei 2880 U/min. Bauart Escher Wyss.

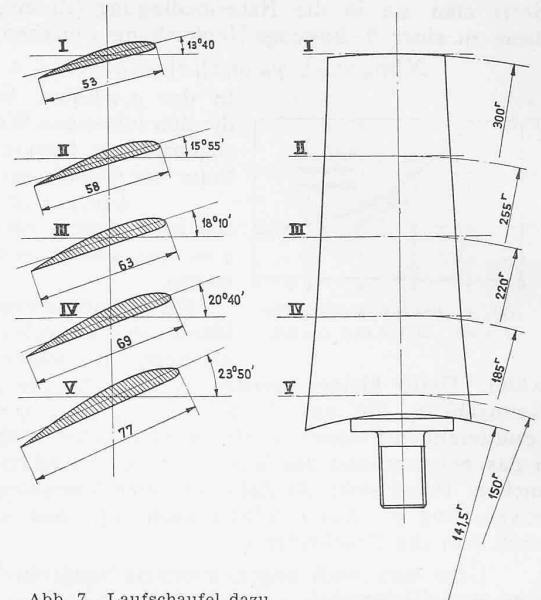


Abb. 7. Laufschaufel dazu.

man einen, wenigstens in der Idee, schon vorhandenen Maschinentyp mit Hilfe einer Rechnung zweckmässig bemisst. Bestenfalls wird der Konstrukteur dem Kaufmann eine Kurve  $K(\eta)$  — Herstellungskosten  $K$  in Funktion des verlangten Wirkungsgrades — vorlegen können mit der Anforderung, darauf den nach der Marktlage passendsten Punkt auszusuchen. — Aber auch eine Berechnung après coup in der hier entworfenen Weise wäre ohne eine bereits feststehende Reihe von numerischen Werten und Annahmen hilflos. Die Dissertation Curt Kellers gibt ein Bild von dem Aufwand an Präzision und Geschick, wie ihn vorliegendenfalls die Entwicklungsarbeit zur Erlangung dieser numerischen Werte und zur Kontrolle dieser Annahmen in einem modernen Laboratorium erheischt.

K. H. Grossmann.

## Die Anwendung der Stereophotogrammetrie bei Architekturaufnahmen

von M. ZURBUCHEN, Grundbuchgeometer, Bern

Aus einem Referat, gehalten an der diesjährigen Hauptversammlung der Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie in Bern

Die architektonische Vermessung und zeichnerische Darstellung eines bestehenden Bauwerkes ist keine einfache Sache und umso schwieriger, je detaillierter der Aufbau und je unzugänglicher das darzustellende Objekt ist. Die Einmessungen mit Schnurgerüsten, mit Messband, Senkel und Meter, und besonders die notwendige Gerüsterstellung dazu sind sehr kostspielig und lassen an Genauigkeit oft zu wünschen übrig, vielleicht weniger in den Einzelheiten als in den Hauptmassen.

Schon Meister wie Leonardo da Vinci, Michelangelo und Raffael haben sich mit der Aufnahme und zeichnerischen Darstellung der antiken Bauwerke befasst. 8000 Originalzeichnungen, die in der Galleria degli Uffizi in Florenz aufbewahrt sind, zeugen von der Wichtigkeit, die sie der masstäblichen Wiedergabe der dem Zerfall geweihten Bauwerke beilegen. Was für eine gewaltige Arbeit in diesen Aufnahmen steckt, kann nur der ermesen, der selber ähnliche Arbeiten ausgeführt hat.

Mit dem Aufkommen der Photographie und damit auch der Photogrammetrie hat sich die Architekturvermessung bedeutend vereinfacht, zuerst mit Hilfe wilder Photographien, später mit fest orientierten Photogrammen.

Es war besonders der Architekt Meydenbauer in Deutschland, der schon 1858 die ersten photogrammetrischen Architekturaufnahmen ausführte und später als Leiter der königlich preussischen Messbildanstalt mehr als tausend Objekte systematisch aufnahm. Diese bisherigen Aufnahmen werden noch heute nach der von Meydenbauer entwickelten graphischen Methode, der sogenannten Messtischphotogrammetrie, ausgewertet.

Von zwei photographischen, nach Lage und Höhe genau bestimmten Stationen aus werden stark konvergente Aufnahmen der selben Bauteile gemacht, aus den Photographien Horizontal- und Höhenwinkel entnommen und so identische Punkte

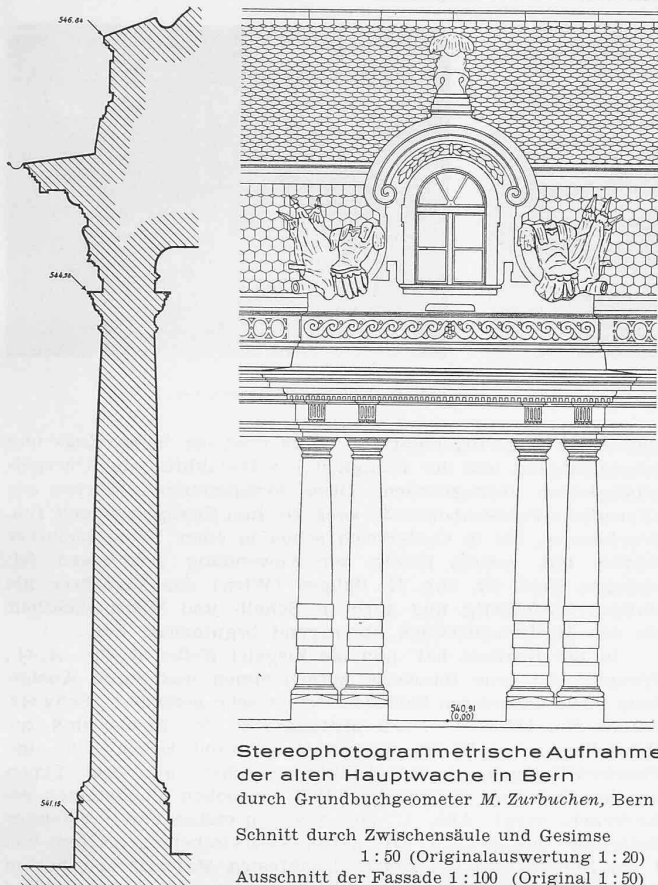
auf graphischem Wege vorwärts eingeschnitten. Es werden also nur Einzelpunkte konstruiert; gebogene Linien müssen durch mehrere Punkte dargestellt werden. Die photogrammetrischen Stationen, die um ein aufzunehmendes Gebäude herum gelegt werden, sind durch einen Polygonzug miteinander verbunden, ebenso sind einige notwendige Kontrollpunkte am Gebäude durch Täfelchen signalisiert und an das Polygon angeschlossen.

Als Vorteile gegenüber der direkten Einmessung mit dem Masstab sind zu nennen: das Wegfallen der teuren Einrüstung, Erhöhung der Genauigkeit, verhältnismässige Raschheit, Festhaltung des Baues durch die übersichtlichen photographischen Bilder und damit die Möglichkeit einer scharfen Trennung der Aufnahme- und der Planarbeiten.

Wie sich seinerzeit die Messtischphotogrammetrie für die Darstellung des Geländes zur Stereophotogrammetrie entwickelt hat, dank dem Stereokomparator von Puifrich und den späteren automatischen Auswertegeräten, so lässt sich nun auch in der Architekturphotogrammetrie der gleiche Weg beschreiten, mit dem Ergebnis einer erneuten Vereinfachung, d. h., Verkleinerung des Arbeitsaufwandes, Erhöhung der Zuverlässigkeit (Fehlerrückmeldung auf ein Minimum), und Steigerung der Genauigkeit. Ein grosser Vorteil ist im besonderen die Möglichkeit der genauen Darstellung gebogener Linien von Ornamenten und Figuren durch kontinuierliche Linien.

Bereits wurden vereinzelte Arbeiten nach dem stereophotogrammetrischen Verfahren im Ausland ausgeführt. Ich erwähne nur die vollständige Aufnahme des Münsters in Konstanz, des Ramesseums in Aegypten und die Aufnahme des Löwendenkmals in Luzern.

Die Ausführung der hier näher beschriebenen Aufnahme der ehemaligen Hauptwache in Bern entsprang dem Wunsche,



einen bescheidenen Beitrag zu leisten für die Erhaltung des wertvollen Baues, der wegen Verkehrsschwierigkeiten seit langem ein hart umstrittenes Objekt ist<sup>1)</sup>. Die Darstellung ist deshalb keine abgeschlossene Sache; das Hauptgewicht wurde auf die mathematisch genaue Festhaltung der Hauptfassade gelegt und da die Arbeit ohne Beihilfe eines Architekten ausgeführt wurde, werden ihr sicherlich noch viele Mängel, besonders in der zeichnerischen Darstellung, anhaften.

Der *Arbeitsgang* einer Aufnahme lässt sich am besten anhand des vorliegenden Beispiels skizzieren. Für die Aufnahme ganzer Bauten, mit allen Fassaden, wiederholt sich dieser einzelne Vorgang. Die verschiedenen photographischen Aufnahmebasen werden, wie bei der Messtischphotogrammetrie, polygonometrisch miteinander verbunden, ebenso werden vereinzelte Kontrollpunkte an das Polygon angeschlossen.

Die Gebäudeaufnahmen unterscheiden sich von terrestrischen Geländeaufnahmen eigentlich nur dadurch, dass man darauf zu achten hat, dass die Aufnahmebasis auf wenige Winkelgrade parallel zur Hauptfassadenebene, d. h. zur Aufrissebene, sein muss. Abweichungen von dieser Parallelen können am Autographen vermittelt der Drehung des «kippbaren Teiles» aus seiner Ausgangslage bis zum Betrage von  $\pm 10$  g (cent.) behoben werden. Man bezeichnet diesen Winkel mit «äusserer Verschwenkung». Geometrisch haben wir für die Auswertung der Aufrisse und die Konstruktion von Vertikalcurven den Fall einer Senkrechtaufnahme aus der Luft, mit koordinatenmässig bestimmten Luftstandorten. Im übrigen dürfen Kippungen und Verschwenkungen wie bei Geländeaufnahmen vorkommen. In unserem Beispiel wurden die geometrischen Verhältnisse, dem bequemen Aufstellungsraum entsprechend, möglichst einfach gewählt.

Die *Aufnahme* wurde mit dem Wildschen Phototeodoliten, Kamerabrennweite 165 mm, ausgeführt. Eine Aufnahmebasis von 4 m Länge, in 32 m Abstand von der Fassade und symmetrisch zur Mittelsenkrechten, genügte. Zwei weisse, rechteckige Papiermarken, an den äussersten Pilastersockeln angebracht, dienten als Kontrollpunkte und wurden von den Photostationen aus einivelliert. Die Hauptwache liegt bekanntlich in einer sehr verkehrsreichen Gegend, weshalb die Aufnahme in aller Frühe gemacht werden musste. Anderthalb Stunden beanspruchte die vollständige Absteckung, Einmessung und photographische Aufnahme.

<sup>1)</sup> Vergl. hierüber «SBZ» 1935, Bd. 105, S. 135\* ff. Photographisches Bild des Hauptwachegebäudes in Bd. 85, S. 267 (1925). Red.

Nach Entwicklung der Platten erfolgt die *Vorzeichnung*. Auf einer Vergrösserung der photographischen Aufnahme kann der Architekt nun alle ihm notwendig erscheinenden Linien und Kanten der Ornamente eintragen, die der Photogrammeter am Autographen auszuwerten hat. Diese Vorzeichnung kann auf dem Felde (ev. mit Feldstecher) oder im Büro geschehen. Im zweiten Fall leistet die stereoskopische Bildbetrachtung gute Dienste. Erfolgt eine solche Vorzeichnung, so halten wir es nicht für notwendig, dass der Architekt bei der Auswertung anwesend ist, ausser in komplizierten Fällen. Am vorteilhaftesten ist es jedoch, wenn er anwesend ist und eventuell den Zeichnungsstift am Autographen bedient, was nach kurzer Instruktion ohne weiteres möglich ist. In diesem Falle kann er die Vorzeichnung auf ein Minimum beschränken.

Die *Auswertung* erstreckt sich auf die Darstellung des Grundrisses, der Aufrisse, von Hauptquerschnitten, Herausgabe von kotierten Punkten nach Lage und Höhe, Legung von Horizontal- und Vertikalschnitten (vermittelt Kurvendarstellung) durch Konstruktionseinzelheiten, Ornamente und Figuren. Kurz, es kann alles masstäblich dargestellt werden, was auf den Photographien sichtbar ist. Der Auswertemasstab richtet sich nach der Aufnahmedistanz, die so klein als möglich gehalten werden soll. Für Auswertungen im Masstab 1:100, bezw. 1:50 oder 1:10 dürfen die Aufnahmedistanzen nicht mehr als 100 m, bezw. 50 und 10 m betragen.

Im vorliegenden Beispiel ist der Auswertemasstab für den Aufriss 1:50 und der Kartierungsstab des Querschnittes 1:20. Zur Konstruktion der Querschnitte werden die Koordinaten (bezogen auf die Aufrissebene) aller Kanten, Ecken und Vorsprünge, d. h. aller Brechpunkte, an den Zählwerken abgelesen, notiert, dann in irgend einem Masstab aufgetragen. Schon bei der Auswertung des Aufrisses können gleichzeitig auch die Abstände von der Aufrissebene von wichtigen Ecken am Zählwerk abgelesen und in den Aufriss oder auf einer Deckpause, wie es hier geschah, eingeschrieben werden.

Durch Nachführung der beweglichen Autographenmarke längs allen erzeugenden Linien und Kanten erhält man den Aufriss in Bleistift. Längere, enge, parallele Geraden werden am besten durch ihre Endpunkte markiert und auf dem Zeichenblatt mit dem Lineal gezogen.

Nach erfolgter Auswertung ist die *Reinzeichnung* zu erledigen. Diese wird am zweckmässigsten durch den Architekten ausgeführt, er hat es so in der Hand, dem Werke den letzten Schliff zu geben. Allfällig fehlende Einzelheiten in toten Winkeln müssen natürlich am Bau eingemessen werden, ebenso Mauerdicken.

Die erreichbare *Genauigkeit* ist bei richtiger Wahl des Basisverhältnisses — Basis: Abstand wenigstens 1:10 — vom Zeichnungsmasstab abhängig. Die Zeichnungsgenauigkeit ist wenigstens  $\frac{1}{5}$  mm, das entspricht im Masstab 1:100 zwei cm, im Masstab 1:50 einem cm und im Masstab 1:10 zwei mm. Dieser letzte Masstab ist wohl der Maximale, indem die Bildschärfe der 165 mm-Kammer mit «C»-Objektiv unter 5 bis 6 m ungenügend wird. Durch Ablesung der Werte an den Zählwerken kann die Genauigkeit um das Doppelte gesteigert werden, da wir unabhängig von den Zeichnungsgenauigkeiten werden.

*Wirtschaftlichkeit*. Die vorliegende Aufnahme benötigte:  $\frac{1}{4}$  Tag für die Feldaufnahme,  $\frac{3}{4}$  Tage für Berechnungen und Vorzeichnungen,  $1\frac{1}{4}$  Tage für die Auswertung (inkl. Querschnitte) und  $3\frac{1}{2}$  Tage für die Reinzeichnung und Auftrag des Profiles, somit total  $6\frac{1}{4}$  Tage. Die Kosten für eine gleichwertige Aufnahme mit Messband, Senkel und Meter, den notwendigen Gerüsten und der zeitraubenden Kartierung würden jedenfalls das vier- bis fünffache betragen. Gegenüber der Meydenbauerschen Methode sind namhafte Ersparnisse zu machen, auch wenn man für die Benutzung der Autographen einen entsprechenden Preis einsetzt.

Für die Aufnahme des Konstanzer Münsters wird eine Ersparnis von 90 % errechnet. Die Aufnahme des Luzerner Löwendenkmals kam auf 1800 Fr., d. h. rd.  $\frac{1}{20}$  der Offerte eines Bildhauers zu stehen, der nach dem Punktverfahren arbeiten wollte. Die Wirtschaftlichkeit für alle diese Aufnahmen ist damit mehr als erwiesen.

Die *Architektur-Stereophotogrammetrie* leistet z. B. bei folgenden Arbeiten unschätzbare Dienste: Errichtung von Archiven der Baudenkmäler, wie sie anlässlich des internationalen Kongresses für Photogrammetrie in Paris empfohlen wurden; archäologische Arbeiten und Ausgrabungen, die häufig wieder zugedeckt werden; Erlangung von Unterlagen für Planwettbewerbe für Platz-, Strassen- und Häusergruppengestaltungen; Renovationsarbeiten; Erstellung von Neubauten und Anbauten in bestehende Baufuchten zur Projektierung von Anschlüssen an Fassaden usw.; in Brandfällen können die Ueberreste in



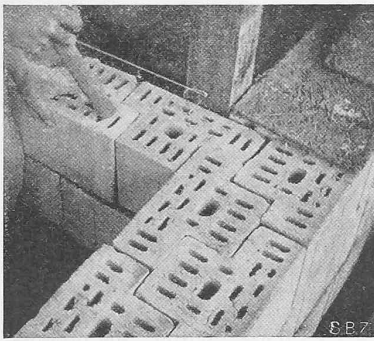


Abb. 3. Zwischenwandanschluss.

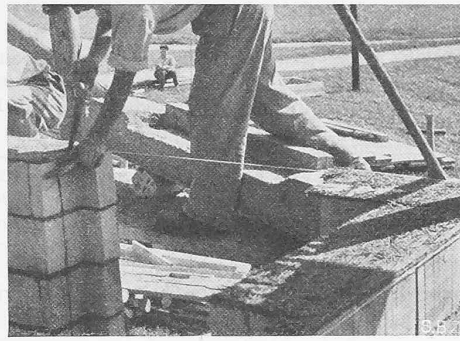


Abb. 4. Abpassen der Heraklithplatten.

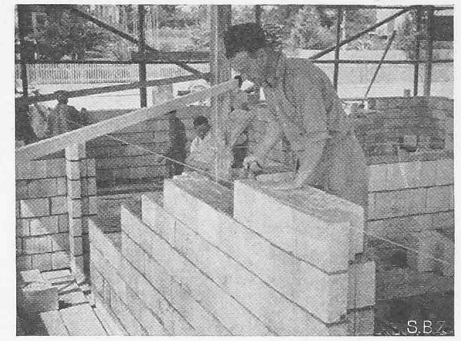


Abb. 5. Trockene Maurerarbeit!

kürzester Zeit aufgenommen werden und als Grundlage für die Projektierung des Neuaufbaues dienen; Verstärkung bestehender Eisenkonstruktionen, besonders eiserner Brücken; Bestimmung von Deformationen und Senkungen an Bauwerken.

Wir haben bereits einen schönen Anfang zur Anlage eines *Baudenkmalarchivs*; es ist die gediegene Publikation des S. I. A., «Das Bürgerhaus der Schweiz». In 27 Bänden sind unzählige Fassadenaufrisse abgebildet, die mit Messband, Senkel und Meter aufgenommen und z. T. auch nach wilden Photographien mühselig konstruiert wurden. Was für eine schöne Arbeit ist hier der Stereophotogrammetrie entgangen! Hoffen wir, dass die neue Methode dazu beitragen werde, diese Arbeiten fortzusetzen und auf weitere Gebiete auszudehnen. Es ist dabei nicht gesagt, dass in allen Fällen die komplette Auswertung gemacht werden muss. Die Hauptsache wäre, die vollständige photogrammetrische Aufnahme mit den notwendigen geometrischen Einmessungen durchzuführen, welche Arbeiten  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{10}$  der Gesamtkosten verursachen. Die teure Auswertung und Kartierung kann, wenn notwendig, in besseren Zeiten, auch noch nach Jahrzehnten, oder nur in wirklichen Gebrauchsfällen geschehen. Gerade diese Arbeitsteilung ist ein grosser Vorteil des Verfahrens.

### „Novodom“, eine neue Backstein-Bauweise

Seit einigen Jahren befasste sich Ing. Dr. E. J. M. Honigmann, VDI, Leiter-Stellvertreter an der Versuchsanstalt für Baustoffe des Technolog. Gewerbemuseums in Wien, mit umfangreichen Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften des Mörtels, bezw. des Backstein-Mauerwerks. Seine Prüfungsergebnisse bestätigen, dass für die Festigkeit der Lagerfugenfüllung neben der Druckfestigkeit massgeblich sind die Zug-, die Schub- und die Haftfestigkeit, sowie die Fähigkeit, Unebenheiten in den Auflagerflächen der Steine auszugleichen. Nach R. Saliger entstehen in jedem Körper, der lotrecht auf Druck beansprucht wird, in der Querrichtung waagrechte Beanspruchungen, hauptsächlich auf Zug; je grösser somit die Zug-, Schub- und Haftfestigkeit des Mörtels, bezw. der Fugenfüllung und je besser der Ausgleich der Unebenheiten der Backsteinlager, desto druckwiderstandsfähiger erweist sich unter sonst gleichen Umständen das Mauerwerk. Besonders gute Ergebnisse wurden erzielt mit etwa 1 cm starken Heraklith-

platten als Lagerfugenmaterial, dank eben der hohen Zug- und Schubfestigkeit und der Fähigkeit des Herakliths, die Unregelmässigkeiten auszugleichen. Diese Feststellungen führten zur «Novodom»-Trockenbauweise nach Dr. Ing. Honigmann und Ing. Bruckmayer, die in Oesterreich schon in einer Reihe kleinerer Häuser mit bestem Erfolg zur Anwendung gekommen ist, nachdem Prof. Dr. Ing. R. Saliger (Wien) das Verfahren als statisch hochwertig und auch in Schall- und Wärmedichtheit als das Mörtelmauerwerk überragend begutachtet hat.

In der Schweiz hat nun die Ziegelei Keller & Cie. A.-G., Pfungen, die neue Bauweise aufgenommen und durch Ausbildung eines besonderen Novodomsteines sehr gefördert (Schweiz. Patent Nr. 185 073). Nach Mitteilungen der Firma sind zur Herstellung einer 28 cm starken Mauer samt Ecken, Tür- und Fensteröffnungen, sowie Heizkörpernischen nur drei Typen des im Grundriss T-förmigen, 19,5 cm hohen Backsteines erforderlich, vergl. Abb. 1. Die aus gepresster und versteinter Holzwolke bestehenden «Heraklith-N»-Zwischenlageplatten von 1 cm Stärke sind ein zähes, druckfestes Material von hohem Widerstand gegen Querverschiebung, dabei aber hinreichend schmiegsam zum Ausgleich der Unebenheiten der Lagerfugen. (Für die Zukunft ist die Verwendung einer gleichwertigen schweizerischen Platte in Aussicht genommen.)

Der Bauvorgang ist sehr einfach: Ueber das erstellte Beton-Fundamentmauerwerk wird zunächst eine Asphaltpappenschicht gelegt, hernach eine Schicht Heraklith-N-Platten, 1 cm stark, ebenfalls über die ganze Breite, und nun werden die Novodom-Ziegelsteine aneinandergereiht ohne Zwischenfugenabstand. Ueber diese erste Schicht Ziegelsteine wird eine 2 m lange Lagerfugenplatte verlegt, und zwar so, dass die Stossfugen der unteren Plattenschicht überdeckt werden, auf diese wieder eine Ziegelsteinschicht, u. s. f. Die von der Ziegelei Keller in Pfungen hergestellten gelochten Novodom-Ziegelsteine sind derart mit Vorsprüngen versehen, dass wenn zwei Steine ineinandergreifen, sie eine Mauerstärke von 28 cm ergeben (Abb. 1). Durch geeignete Anordnung der Steine und ihr Ineinanderrücken können auch beliebige grössere Mauerstärken hergestellt werden. Ferner sind die Anordnungen der Steine derart, dass die Innen- und Aussenfugen der einzelnen Schichten nicht durchgehend, sondern versetzt sind. Die bis jetzt mit diesem Mauerwerk gemachten Erfahrungen haben gezeigt, dass die Leistungen eines Maurers gesteigert werden, d. h. er er-

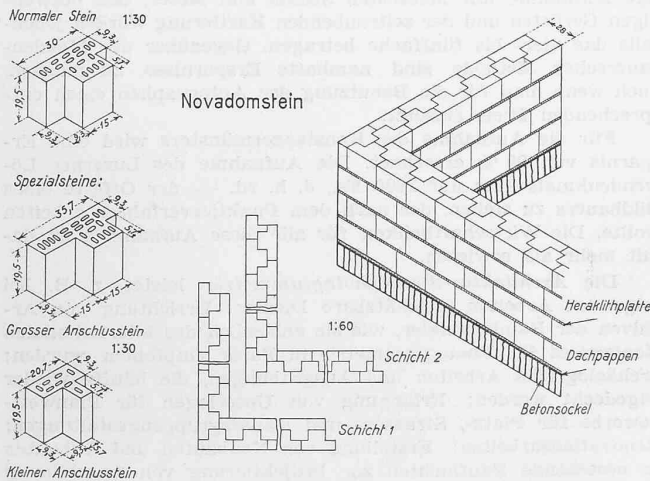


Abb. 1. Novodomstein der Ziegelei Keller & Cie., Pfungen.

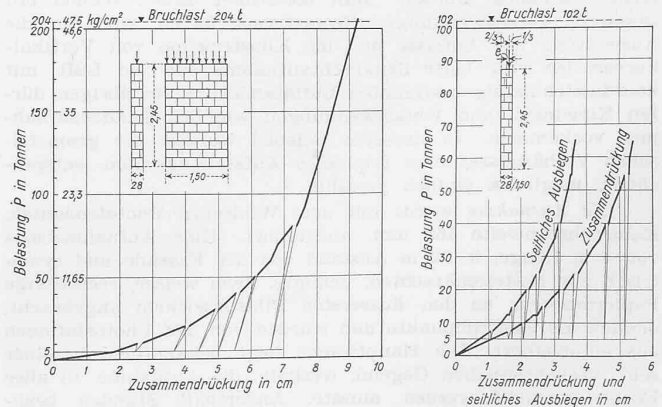


Abb. 2. Prüfung eines Novodom-Mauerwerkkörpers durch die EMPA, Zürich. — 12 Schichten, horizontale Fugen 1 cm Heraklith, vertikal Pressfugen ohne Einlage. Links zentrischer, rechts exzentrischer Druck. Druckfestigkeit der einzelnen Steine 152 bis 203 kg/cm<sup>2</sup> (bezogen auf den ganzen Querschnitt).