

# Die Explosionsgefahren von komprimiertem Sauerstoff bzw. Knallgas

Autor(en): **Lucas, Hagen**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **53/54 (1909)**

Heft 3

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28179>

## **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.

zur Haupttreppe, die in die Obergeschosse führen. Von diesen ist das erste als Geschäftslokalität eingerichtet; das zweite kann sowohl zu Bureau- wie zu Wohnzwecken dienen; die weitem Geschosse enthalten ausschliesslich Wohnräume.

Auch bei diesem Hause gelangte für die Fassaden Berner Sandstein und zu dessen Hintermauerung sowie für alle innern Wände Backsteinmauerwerk zur Verwendung. Alle Zwischenböden sind bis zum dritten Obergeschoss in armiertem Beton, der Dachstock in Holzkonstruktion ausgeführt.

Das Haus wurde in der Zeit vom Mai 1907 bis April 1908 abgebrochen und neu erstellt; die Kosten beliefen sich, die Einrichtung der beiden Magazine im Erdgeschoss inbegriffen, auf rund 40 Fr. für den  $m^3$  umbauten Raumes.

#### Das Geschäftshaus Zurbrügg in Bern.

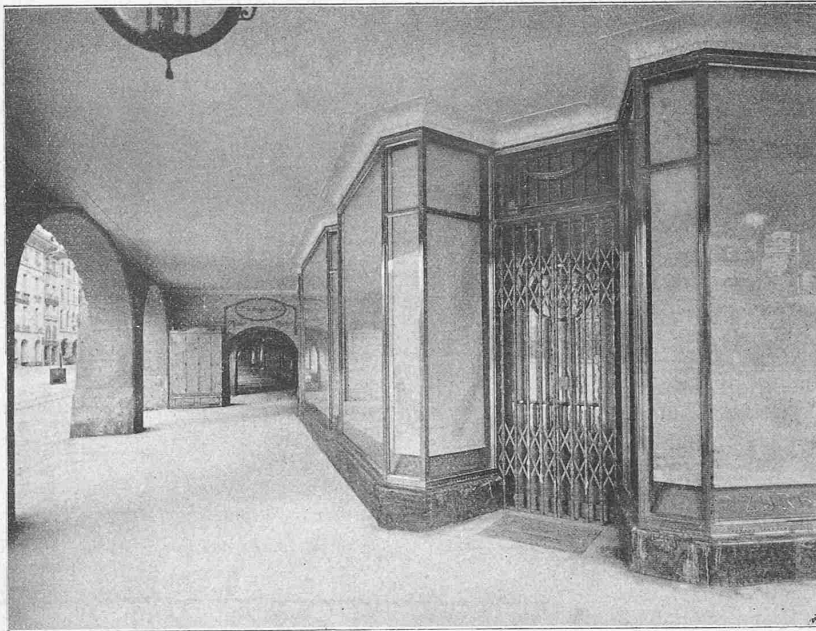


Abb. 17. Eckeingang und Laube an der Spitalgasse.

#### Die Explosionsgefahren von komprimiertem Sauerstoff bzw. Knallgas.

Von Dr. Lucas, Hagen i. W.

Wasserstoff und Sauerstoff wirken bei gewöhnlicher Temperatur nicht aufeinander. Auch bei  $100^{\circ}\text{C}$  war in 218 Tagen eine Reaktion nicht nachzuweisen (V. Meyer & Raum, Ber. 1895 Seite 2804 bis 2807). Bei  $300^{\circ}\text{C}$  waren in 65 Tagen 0,4, 1,3 und 9,5 der vorhandenen Knallgasmenge in Wasser umgewandelt, bei  $350^{\circ}\text{C}$  ähnliche Mengen in 50 bis 120 Stunden. Bei  $448^{\circ}\text{C}$  fand eine langsame, bei  $518^{\circ}$  eine sehr reichliche Wasserbildung statt. Nach Krauss und V. Meyer (Liebigs Annalen 264, 85) trat Explosion bei 530 bis  $606^{\circ}$  ein. Vorstehende Versuche wurden durch Erhitzen von Knallgas in geschlossenen Gefässen gemacht. In offenen Gefässen explodierte das langsam durchströmende Gas noch nicht beim Erhitzen auf  $650^{\circ}$ , wohl aber bei  $730^{\circ}\text{C}$ . (Freyer & V. Meyer, Zeitschrift für physikalische Chemie 11, 28).

Mitscherlich (Ber. 1893 Seite 160 bis 64) hatte beim Durchleiten des Knallgases durch ein erhitztes Rohr von  $4,2\text{ mm } \varnothing$  die Explosionsgrenze bei  $671^{\circ}\text{C}$  gefunden. Ausserdem fand Mitscherlich (Ber. 1893 Seite 399 bis 402), dass mit fallendem Druck die Entzündungstemperatur fällt und zwar zwischen 300 und  $760\text{ mm}$  Quecksilberdruck um  $13,5^{\circ}$  für  $0,1\text{ at}$ .

Es wird hiernach also der Entzündungspunkt bei komprimierten Gasen vermutlich höher liegen als bei Atmosphärendruck. Abhängig ist der Entzündungspunkt auch von der Weite der Gefässe und vermutlich auch vom Material. Wenigstens geht die Zündung bei Anwesenheit von fein verteiltem Platin oder Palladium schon bei gewöhnlicher Temperatur vor sich. Messungen der Entzündungspunkte komprimierter Gemische liegen vor von Falk (Drude, Annalen der Physik, 1907, Band 24, Seite 450 bis 482), der die Zündung durch adiabatische Kompression herbeiführte. Die Drucke, zwischen denen die Zündungen eintraten, liegen zwischen 40 und  $100\text{ at}$ . Die Differenzen der Zündungstemperaturen gleicher Gemische bei den ver-

schiedenen Drucken liegen innerhalb der Versuchsfehler 500 bis  $580^{\circ}$ . Die Temperaturen sind noch abhängig von der Zusammensetzung der  $\text{H O}$  Mischung, am niedrigsten bei der Zusammensetzung  $\text{H}_2 + \text{O}_2$ . Die Zündungstemperaturen sind also die gleichen wie bei gewöhnlichem Atmosphärendruck.

Die Explosionsgrenze der verschiedenen Mischungen bei Zündungen durch den elektrischen Funken oder ein Zündflämmchen sind nur bei Atmosphärendruck festgestellt. Die eingehendsten Arbeiten hierüber rühren von Eitner her (Journal für Gasbeleuchtung 1902, Seite 1—4, 21—24, 69—72, 221—225, 244, 265—267, 345 u. ff.). Die Grenze ist abhängig von der Form der Gefässe. Bei Kugelgefäss von 1 l Inhalt liegt für Wasserstoff-Luftmischungen die untere Grenze bei  $8,7\%$  H, die obere bei  $75,5$ ,

also bei einem Minimalgehalt von  $8,7\%$  H in Sauerstoff und  $5,15\%$  O in Wasserstoff.

Da der Druck auf die Zündungstemperatur ohne Einfluss bleibt, ist anzunehmen, dass er auch auf die Zu-

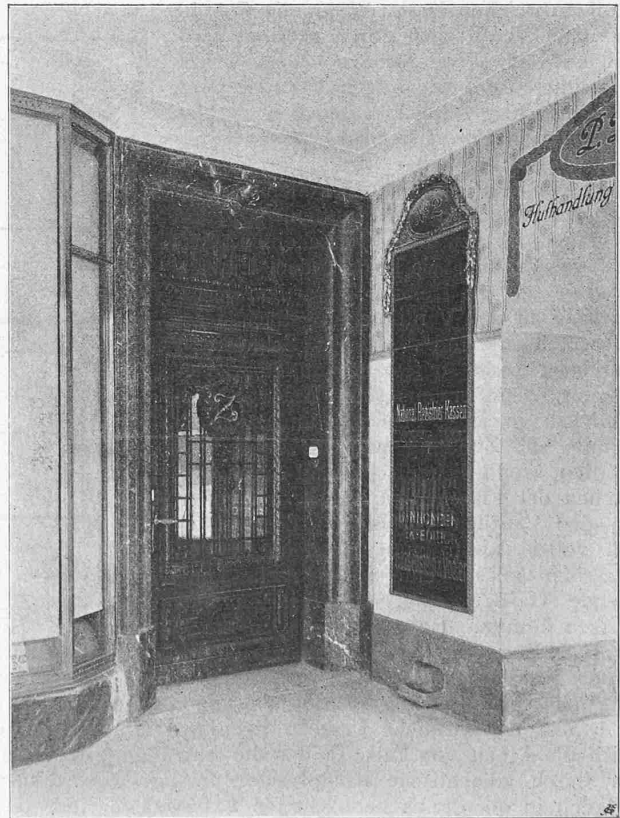


Abb. 18. Hauseingang am Waisenhausplatz.

sammensetzung an der Explosionsgrenze ohne, mindestens aber von nur unerheblichem Einfluss ist. Selbst stark explosive Mischungen sind also im nichtkomprimierten wie im komprimierten Zustande nicht gefährlich, wenn äussere Einflüsse von ihnen ferngehalten werden. Die gefährlichen Einflüsse können nur darin bestehen, dass an einem Punkte die Entzündungstemperatur erzeugt wird; in diesem Falle können Explosionen eintreten, wenn im Wasserstoff der Sauerstoff 5,15 % oder mehr, im Sauerstoff der Wasserstoff 8,7 % oder mehr beträgt.

Ueber die Einwirkung von komprimiertem Sauerstoff auf verbrennbare Substanzen ist zu sagen, dass nach Versuchen, die eine englische Parlamentkommission 1896 anstellte (Zeitschrift für komprimierte Gase, 1903, Band 6, Seite 65—70), weder Zündung noch Explosion von oxydierbarem Oel in Flaschen mit komprimiertem Sauerstoff stattfand, woraus die Kommission schliesst: „Es ist nicht wahrscheinlich, dass durch die Gegenwart eines leicht oxydierbaren Oeles in kleinen Mengen, wie sie in Gaszylinder zu gelangen pflegen, in Berührung mit der grossen Eisenmasse des Zylinders ein explosives Gasgemenge zur Entzündung gebracht wird“. Auch die beim Ueberströmen von komprimiertem Sauerstoff über oxydierbare Substanzen entstehende Reibung genügt nicht, um eine Zündung hervorzurufen (Gewerbeinsp. Rasch, Zeitschrift für komprimierte Gase, Seite 33—37 und 141—148). Rasch nimmt deshalb an, dass kleine feste Teilchen Sand, Eisensplitter oder Hammerschlag sich den Gasen beimischen, sich an den Wänden des Ventils reiben und dadurch die Zündungen herbeiführen. Er kann die Zündung auch experimentell bestätigen, wenn er diese Substanzen in eine Flasche füllt und dann den in die Flasche komprimierten Sauerstoff entweichen lässt. Wenn die Flasche mit dem Ventil nach unten geöffnet wird, schießt eine Feuergarbe aus dem Ventil. Er schliesst nun wie folgt: „Da sich Sand, Hammerschlag und Eisenteilchen in den Flaschen erfahrungsgemäss häufig vorfinden, wenn derartige feste Partikelchen nicht vor dem jedesmaligen Füllen in sorgfältiger Weise entfernt werden, so kann es kaum mehr zweifelhaft erscheinen, dass die gelegentlich vorkommenden Entzündungen auf die Reibung derartiger fester Partikel an den Ventildichtungsflächen zurückzuführen sind“. Dieser Schluss ist durchaus nicht so fest begründet, wie es scheint, denn erstens sind derartige Partikelchen in allen Flaschen und zweitens konnte die Zündung nur hervorgebracht werden, wenn sich die Partikel durch Umdrehen der Flaschen in grösseren Mengen an den Ventilen voranden; denn selbst bei voller Ausströmung entsteht in den Flaschen selbst keine in Betracht kommende Gasbewegung, die Teilchen mitreissen könnte. Berechtigt ist also nur der Schluss: „Es kann die Zündung durch Funkenreissen infolge der Reibung fester Partikel erfolgen“, durchaus nicht der gemachte: „Es muss die Zündung hierdurch erfolgen“.

Auf die wirkliche Ursache der Explosionen brachte mich die Arbeit von Falk, in der die Entzündungstemperatur durch adiabatische Kompression erzeugt wird. Auch bei den in der Praxis beobachteten Explosionen sind stets die Bedingungen für die Erzeugung hoher Temperaturen durch adiabatische Kompression gegeben; denn stets ist

im Augenblick der Explosion ein Ventil geöffnet oder ein Kompressor in Tätigkeit.

Beim Öffnen des Ventils wird das zwischen diesem Ventil und dem Reduzierventil befindliche Gas von Atmosphärendruck durch das nachströmende Gas auf den Druck in der Flasche komprimiert und zwar sammelt sich das heisse Gas am Ende des Raumes an. Es ist dies die Stelle, wo im Reduzierventil die Hartgummidichtungsplatte und im Manometer das äusserste Ende der Bourdonfeder sich befindet. Ist der Manometerstützen in der Nähe der

Das Warenhaus Mandowsky in Bern.

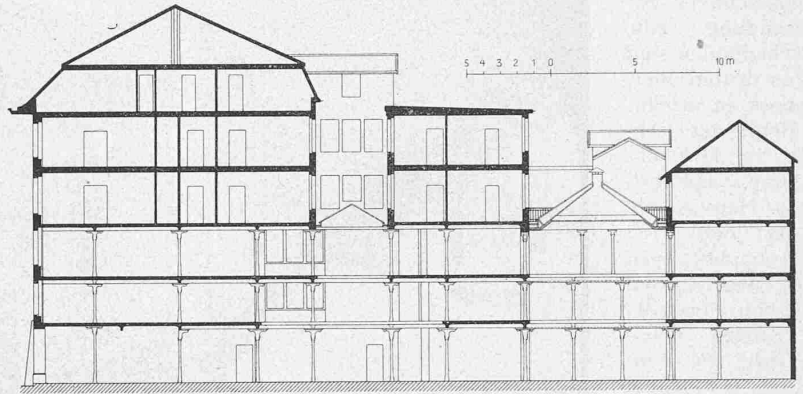


Abb. 9. Längsschnitt durch das ganze Gebäude. — Masstab 1 : 400.

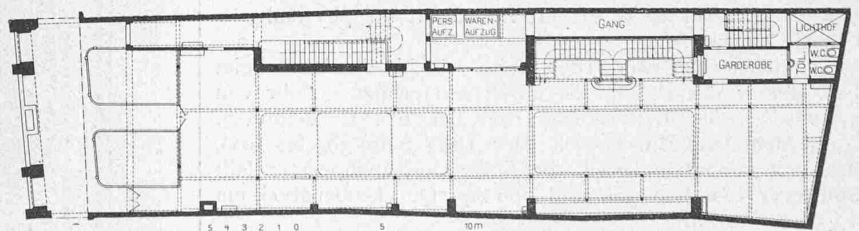
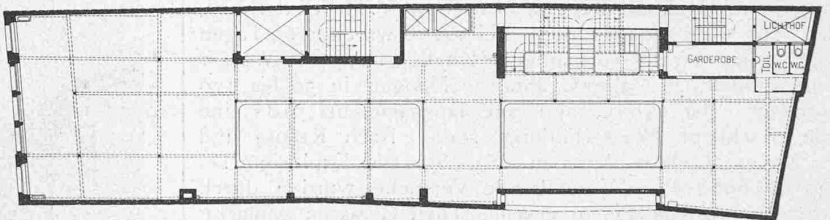
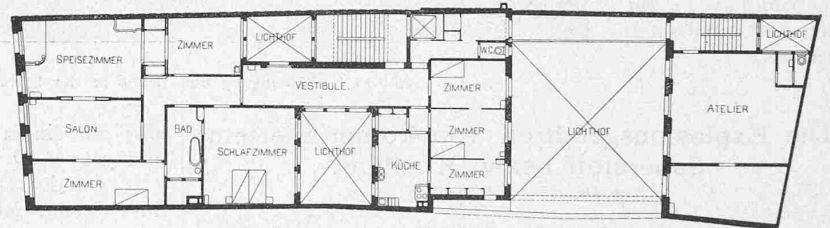


Abb. 6 bis 8. Grundrisse vom Erdgeschoss, Zwischengeschoss und Obergeschoss. — 1 : 400.

Hartgummidichtungsplatte, so wird das einströmende Gas an der Dichtungsplatte einen Wirbel bilden, da es durch die Einströmung in das Manometer rechtwinklig abgelenkt wird, und da das einströmende Gas eine durch die adiabatische Expansion sehr niedrige Temperatur hat, wird es die Hartgummiplatte abkühlen. Die Wärme wird sich also hauptsächlich am Manometerende entwickeln, und befindet sich hier ein Oeltropfen, der die Ableitung der Wärme verhindert, so wird hier eine Temperatur entstehen, welche Zündung des brennbaren Gasgemisches oder des Oel-

tropfens veranlasst. Hierdurch kann auch eine Zündung des Metalles der Bourdonfeder entstehen, wenn die Verbrennungsgase des Oeltropfens die Zündung nicht ersticken, also wenn die Feder gesprengt wird, sodass die Verbrennungsgase entweichen können. Ist das Gasgemenge an sich explosiv, so explodiert es rückwärts, da es nach Beendigung der Kompression zur Ruhe kommt.

erzeugte Temperatur kann bis 860°C bei etwa 120 at Druck steigen.

Es ergibt sich aus dieser Erklärung, dass bei komprimiertem Wasserstoff, falls derselbe nicht soviel Sauerstoff enthält, dass er an sich explosibel ist, also mindestens 5,5 %, Explosionen nicht vorkommen können, denn wenn auch die kleine Menge Luft im Reduzierventil eine Zündung

**Das Warenhaus Mandowsky in Bern.**

Erbaut von Architekt Ed. Joos in Bern.



Abb. 10. Fassade und Laubengang an der Marktgasse.

Die absolute Temperatur, die durch adiabatische Kompression erzeugt wird, ist

$$T_2 = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}$$

In dieser Gleichung ist  $T_2$  die Endtemperatur,  $T_1$  die Anfangstemperatur, hier 17 °C = 290 ° absolut,  $p_2$  der Enddruck,  $p_1$  der Anfangsdruck in dem Verbindungsstutzen in at, und  $\kappa$  das Verhältnis der spezifischen Wärme eines Gases bei konstantem Druck durch konstantes Volumen = 1,4, und zwar erhalten wir für verschiedene Werte von  $\frac{p_2}{p_1}$  die in nebenstehender Tabelle angegebenen Temperaturen  $T_2$ .

Man ersieht aus der Tabelle, dass eine Zündung möglich ist, wenn eine Flasche mehr als 40 at enthält, weil dann eine Temperatur von über 560°C erzeugt werden kann. Die

in der Bourdonfeder hervorgerufen haben sollte, so wird der nachströmende Wasserstoff das Feuer ersticken, weil er die Verbrennung nicht zu unterhalten vermag; ist er aber explosiv durch Zusatz von mehr als 5,5 % O, so

**Tabelle der Endtemperaturen  $T_2$ .**

$\frac{p_2}{p_1}$	$T_2$		$\frac{p_2}{p_1}$	$T_2$	
	° absol.	° C		° absol.	° C
2	353	80	30	765	492
4	431	158	40	832	559
6	483	210	50	887	614
8	523	250	60	935	662
10	561	288	80	1011	738
15	627	354	100	1080	807
20	683	410	120	1130	857

wird er sich an der Verbrennungsstelle entzünden und die Flamme kann in die Flasche zurückschlagen. Sauerstoff dagegen wird an der Zündstelle um so stärker die Verbrennung entfachen, je reiner er ist, zu einer Explosion kann es aber nur kommen, wenn er mit so viel Wasserstoff gemischt ist, dass er explosiv wird, also mindestens mit 8,5 % H.

Für die Entnahme von Sauerstoff aus Flaschen mit hohem Druck ergeben sich aus vorstehender Erklärung der Zündungen folgende Vorsichtsmassregeln: 1. Es ist die Anwesenheit von Oel oder andern verbrennbaren Produkten in dem Reduzierventil und dem Manometer streng zu vermeiden. 2. Das Hauptabsperrventil ist langsam zu öffnen, damit die Drucksteigerung in dem Reduzierventilstutzen und dem Manometer langsam erfolgt, sodass die durch die Kompression gebildete Wärme sich auf die Metallteile übertragen kann. 3. Das Reduzierventil ist vor der Oeffnung des Hauptventils zu entlasten, damit die heissen Gase nicht an die Gummimembran kommen können.

Für den Versand ergibt sich, dass Wasserstoff jedenfalls nicht gefährlicher ist als Sauerstoff, und da die Versendung von Sauerstoff als Eilgut zugelassen ist, können für eine Ausschliessung des Wasserstoffs triftige Gründe nicht gefunden werden.

### Die elektrische Zahnradbahn Montreux-Glion

von Ingenieur R. Zehnder-Spoerry, Direktor der M. O. B. und M. G.

(Fortsetzung.)

Es sei noch bemerkt, dass zwischen dem „Hotel de la Gare“ und dem östlichen Ende der Betonterrasse die Erstellung der Bahnhofanlage die Untermauerung der südlichen Fassade der schottischen Kirche auf eine Tiefe von 8 m, sowie eines Teiles des Wohnhauses Allamand, der Turnhalle und des alten städtischen Schulhauses (Ancien Collège) nötig machte.

Infolge der schlechten Schichtung des zerklüfteten und von Verwerfungen durchsetzten, mit etwa 45° nach Süd-Osten abfallenden Felsens konnten bei der Unterfangung der schottischen Kirche eine Anzahl Risse nicht vermieden werden. Diese Risse waren allerdings nicht gefährlicher Natur, erforderten jedoch eine zeitweilige Räumung des Gebäudes (vergl. Abbildungen 11 bis 15).

Recht vorsichtig mussten auch die Arbeiten bei der Untermauerung des vierstöckigen Schulhauses an die Hand genommen werden. Zur Weiterführung der 1,5 m dicken Fundamente war man gezwungen, auf diese Breite, an der Ecke sogar 1,80 m weit, unter das Gebäude zu gehen. Diese Arbeit musste in Sektionen von 2 m Länge ausgeführt werden (Abbildungen 11 und 14). Das alte

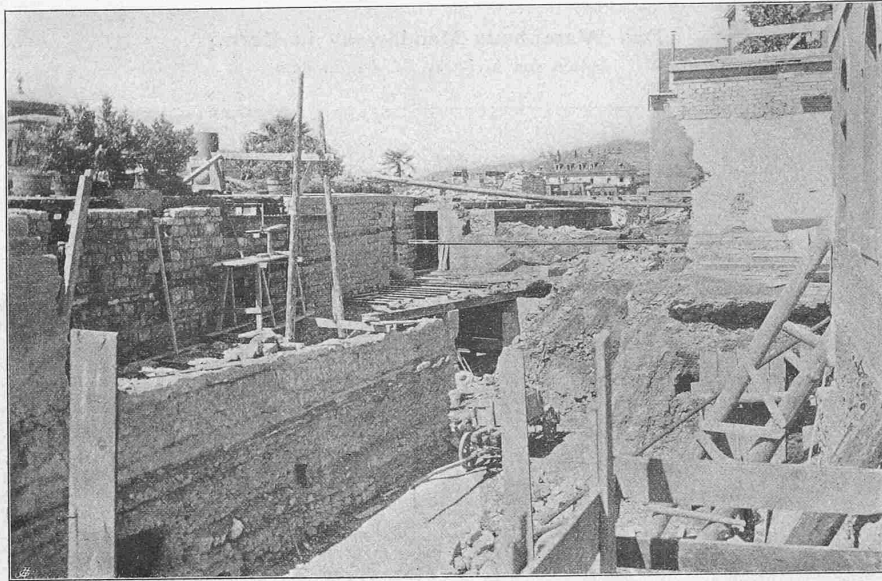


Abb. 13. Durchbruch zwischen den Gebäuden Nr. 8 (links) und Nr. 5, 6 und 10 (rechts).

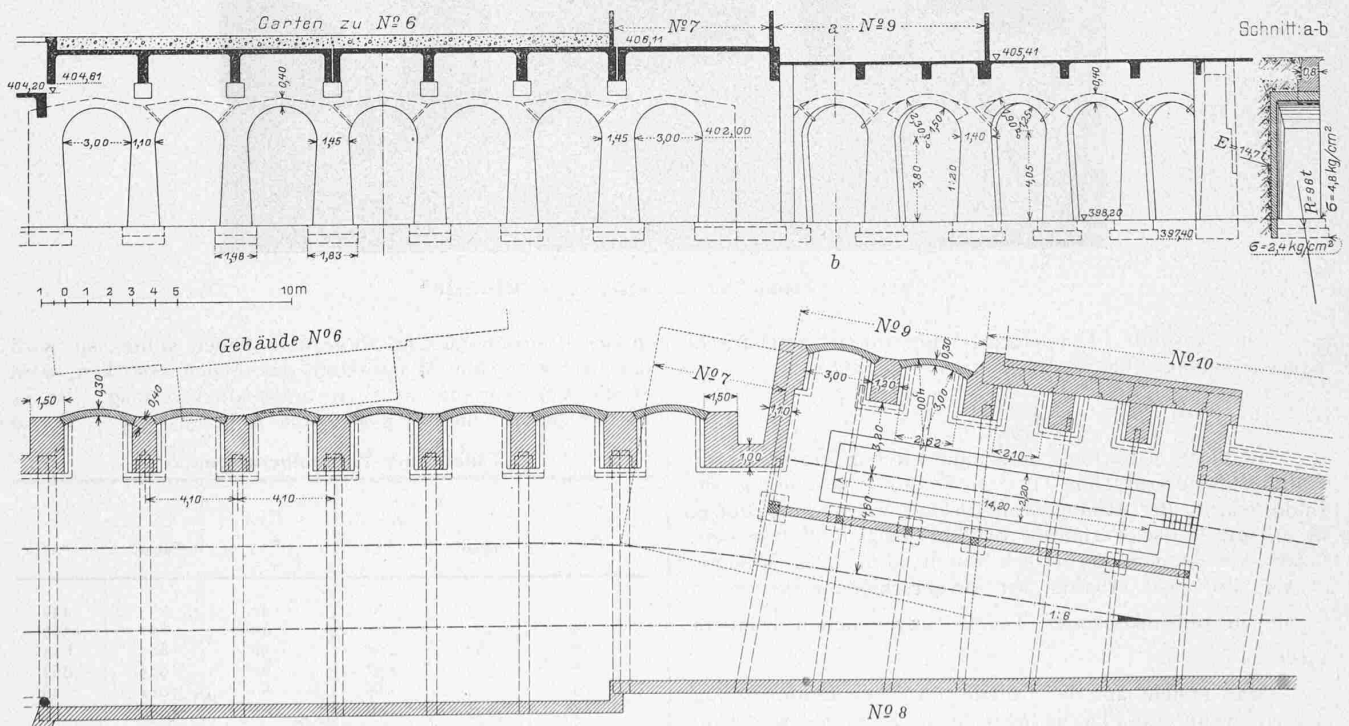


Abb. 11. Stützmauern und Ueberdeckung des Bahnhofs Montreux zwischen den Gebäuden Nr. 8 und Nr. 6 bis 10. — Masstab 1 : 300.