

einzelne Mittelpfeiler unterfützt, liegen die Querträger, die zugleich als Träger für die Kellerkappen dienen, daher an dieser Stelle keinen besonderen Geldaufwand verursachen. Auf diesen ruht in den Außenmauern ein  $\square$ -Eifen, in gleicher Höhe ringsum laufend, welches zur Hälfte als Basis, bezw. Schwelle für das Eifen-Fachwerk dient, zur anderen Hälfte aber auch das Verblendungsmauerwerk unterfützt. Es ist nämlich hier verblendetes Fachwerk gewählt, durch welches ein doppelter Vortheil erreicht wird: einmal wird ein besseres Warmhalten für die Innenräume erzielt; dann aber auch wird die Eifenconstruction gegen die Temperaturveränderungen geschützt.

Ein ähnliches Princip ist auf der Grube Heinitz bei Saarbrücken in Aussicht genommen; nur wird man hier noch weiter gehen und die Häuser durch nur drei Pfeiler unterstützen.

### b) Sicherung der Gebäude gegen Erderschütterungen.

Neuere Naturforscher theilen die Erderschütterungen in vulcanische und in nicht vulcanische ein.

Die ersteren gehen den Eruptionen der Vulcane voraus und begleiten dieselben. Sie machen sich bemerkbar, sobald im Inneren des Kraters die dem Erdinneren entströmenden Gase und Dämpfe die zähe Lavamasse explosionsartig durchbrechen.

Die nicht vulcanischen können sehr verschiedenartige Veranlassung haben, und zwar wird jede räumliche Veränderung in den Gesteinschichtungen als ein Erdbeben empfunden.

Eine Hauptursache derselben bildet die Contraction der Erdrinde in Folge der Abkühlung des Erdballes. Eine andere ist in den chemischen Veränderungen der Gesteine zu suchen, z. B. des Anhydrites in Gyps, des Kalksteines in Dolomit, des Schieferthones in Thonschiefer, so wie in der Zersetzung der Kohle, wobei durch das Entweichen von Kohlenäure, Kohlenoxyd etc. ein Substanzverlust entsteht. Eine dritte finden wir in unterirdischen Auswafchungen, z. B. der Salzlager (Wieliczka, Stafsurt), so wie unter Thermalbädern (Aachen, Agram, Ischia). Immer aber ist der Zusammenbruch unterirdischer Höhlungen die letzte Veranlassung.

Die Wirkungen an der Erdoberfläche werden als successorische (stofsweise) und undulatorische (wellenförmige) empfunden. Häufig bilden sich Erdspalten und plötzliche Bodenfenkungen. Die Erschütterungen machen sich am Erdboden sehr wenig, auf hohen Thürmen sehr stark bemerkbar, innerhalb der Bergwerke meistens gar nicht. Felsboden bietet ein Hinderniß für die Fortpflanzung des Erdbebens; vom Wasser durchzogenes Terrain begünstigt dieselbe. Immer geschieht sie radial von einem Mittelpunkte aus (Epicentrum), unter welchem man den eigentlichen Erdbeben-Mittelpunkt (Centrum) zu suchen hat.

Die Bauwerke leiden durch das Erdbeben mehr oder minder, je nach Material und Construction. Stellen wir uns ein frei stehendes Stück Mauerwerk (Fig. 117) zunächst unter dem Einflusse einer einzigen Terrain-Welle, also ganz abgesehen von den sich wiederholenden Oscillationen vor. Die beiden lothrechten Aufsenkanten werden sich vertical zur Wellenoberfläche zu stellen suchen und eine Maximalabweichung erfahren, welche wir  $ab$  nennen wollen. Haben wir in der obersten Quaderschicht (Fig. 117) 3 Quader-Längen, so wird die Oeffnung jeder der beiden Stofsugen gleich  $ab$  sein. Haben wir aber eine Bruchsteinmauer (Fig. 118), in deren oberster Schicht sich 5 Stofsugen befinden, so wird jede derselben  $\frac{2}{5} ab$  betragen, bei einer Backsteinmauer mit 8 Fugen (Fig. 119), sogar nur  $\frac{2}{8} ab$ . Die Verschiebung des einzelnen Backsteines wird also eine geringere sein, als die des Bruchsteines, und eine weit geringere, als die des Quaders. Die Größe der Einsturzgefahr wächst aber proportional mit der Verschiebung des einzelnen Steines. Ziehen

116.  
Erderschütterungen.

117.  
Wirkung auf Gebäude.

Fig. 117.

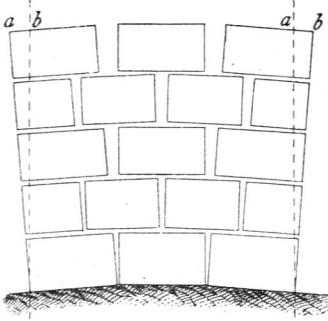


Fig. 118.

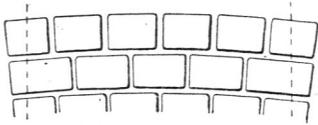
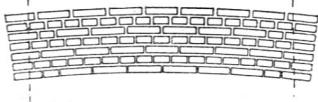


Fig. 119.



wir auch die mehrmaligen Erschütterungen in Betracht, so wird das Verhältniß für das Quadermauerwerk noch ungünstiger. Hat sich die Mörtelfuge geöffnet, so daß also der Baustein einen sich frei bewegenden Körper bildet, so wird der Quader in Folge seiner viel größeren Masse auch eine bedeutendere lebendige Kraft gewinnen.

Ist, wie gewöhnlich, das Quadermauerwerk mit einer Bruch- oder Backstein-Hintermauerung versehen, so wird die Gefahr noch größer. Während sich in einer solchen Mauer die Fugen an der Ansichtsfläche sehr weit zu öffnen streben, können die der Hintermauerung nur wenig folgen; während die Quadern die Neigung zu einer heftigen Bewegung haben, ist die lebendige Kraft der Hintermauerung eine geringe, so daß schließlich eine vollständige Lostrennung der Façadenfläche von der Hintermauerung erfolgen muß.

Zu Gunsten des Backsteinmauerwerkes spricht auch die bessere Verbindung durch den Mörtel, dessen Adhäsion an Sand- und Kalkstein, Granit und Marmor eine geringe ist.

Noch besser aber als Backsteinmauerwerk wird sich nach den vorangegangenen Betrachtungen Béton-

Mauerwerk bewähren, bei welchem die Homogenität die größte, die Mörtelverbindung die stärkste, die Masse der einzelnen Theile die geringste ist.

Diese hier theoretisch aufgestellten Principien werden durch die Erfahrung bestätigt. Nach den Beobachtungen des Generals *Tripier*<sup>149)</sup>, welcher 14 Jahre in Afrika stand und mehrere Erdererschütterungen erlebte, wurden zu Point-à-Pitre und zu Mascara, in der Provinz Oran, Backsteinbauten wenig beschädigt, während die Quaderbauten größtentheils einstürzten, und zwar löste sich bei diesen vielfach das Façadenmauerwerk von der Hintermauerung ab. Die meisten derartigen Außenmauern brachen über der Balkenlage des 1. Obergeschosses ab und stürzten nach außen. Am besten bewährten sich die aus der Zeit der Mauren flammenden Gufsmauern.

Hat man daher unter den Baustoffen die Wahl, so wird man bei Neubauten Béton vorziehen. Thatächlich haben die Franzosen neuerdings kleinere Militair-Lazarethe in Afrika so construiert. Dieselben sind überwölbt.

Leider finden wir aber in vielen Gegenden weder Backstein-, noch Béton-Material, noch einen fest bindenden Mörtel, dafür aber vorzügliche Quader- und Bruchsteine. In solchen Fällen muß man durch Hilfsconstructions die Festigkeit zu erhöhen suchen. Die Quadern jeder einzelnen Schicht sind unter sich durch Eisen- oder Bronze-Klammern, mit der darüber und darunter liegenden Schicht durch Stein- und Eisendübel zu verbinden, so daß das Klaffen der Fugen und die Bewegung des einzelnen Steines völlig vermieden wird. Ferner muß die Hintermauerung an das Façaden-Mauerwerk eng angeschlossen werden. Es geschieht dies in erster Linie durch Anordnung zahlreicher Quaderbinder, welche möglichst durch die ganze Mauerstärke hindurchreichen müssen. Außerdem sind kurze Anker anzuordnen, deren Splinte die Bruchsteine oder Backsteine an die Quadern heran-

118.  
Sicherung  
der  
Mauern.

<sup>149)</sup> Vergl.: *Nouv. annales de la construction* 1867, S. 58.

drücken. Hauptfächlich hat dies in den am meisten gefährdeten Fensterpfeilern zu geschehen.

Dafs die Quaderbauten der alten Griechen und Römer forgfältige Klammerverbindung der Werkfeine jeder Schicht und eine Verbindung der einzelnen Schichten durch eiserne oder hölzerne Dübel zeigten, ist genügend bekannt. Nur so ist ihre Widerstandskraft gegen zahlreiche Erdbeben zu erklären, wenn auch vielleicht der Schutz hiergegen nicht beabfichtigt war.

Wie sich das Fehlen dieser Sicherung rächt, zeigt die Michaels-Kapelle im Münster zu Aachen sehr deutlich. Hier sind durch verschiedene Erderfchütterungen die Quadern fämmtlicher Fensterpfeiler so bedeutend verschoben, dafs die vortretenden Halbfäulen (Dienfte) Schlangenlinien bilden. Die Verschiebung der einzelnen Quadern über einander beträgt stellenweise 4 cm. Bei dem Neubau des Glockenthurmes dafelbst werden gegenwärtig die einzelnen Schichten durch Steindübel, 8 × 8 cm breit und 15 cm hoch, an den Ecken und Strebepfeilern verbunden; an Zwischenpunkten werden Eifendübel, 10 cm lang und 2 cm stark, eingelegt. In derselben Schicht werden die einzelnen Quadern durch Eisenklammern, 18 cm lang, 2 cm breit und 1 cm stark, verbunden. In der Höhe der Fenster hat das Mauerwerk wegen der starken Durchbrechungen am meisten zu leiden; deshalb wird an dieser Stelle ein Ringanker in den ganzen Umfang gelegt, welcher in den Fenstern gleichzeitig als Sturmeifen dient. Letztere Vorsichtsmafsregel ist bereits bei der Erbauung des herrlichen Chores, welcher aus dem 14. Jahrhundert stammt, angewendet worden. Trotz der zahlreichen Erdbeben, welche die Stadt Aachen seitdem heimgesucht haben, hat dieser Chor, welcher uns durch seine aufserordentlich kühne Construction in Erstaunen versetzt, nicht im Mindesten gelitten.

Wie man diese Schutzmittel nachträglich bei älteren Bauwerken anwenden kann, dafür theilt General *Tripier*<sup>149)</sup> ein Beispiel in den Reconstructions-Arbeiten des *Beglick-Hospitales* zu Mascara mit.

119.  
Nachträgliche  
Sicherung.

Am Nordwestflügel desselben hatte sich die Blendung von der Hintermauerung getrennt. Nun legte man im Aeusseren und Inneren vertical an die Fensterpfeiler starke, durch Bolzen verbundene Hölzer und verband aufserdem die Mauern unter sich durch eiserne Anker. Obgleich das Mauerwerk sehr mangelhaft war, hat das Erdbeben von 1851 demselben nichts geschadet, während der weit besser gebaute südliche Flügel, für den man eine derartige Vorficht nicht gebraucht hatte, zusammenstürzte.

Allein die Befestigung der einzelnen Mauern in sich genügt noch keineswegs. Zwei lothrechte Mauern werden beim Durchgange eines Wellenberges nach oben divergiren, beim Durchgange des Wellenthalles convergiren. Wiederholt sich diese wechselnde Bewegung mehrfach, so wird der Einsturz unvermeidlich sein, wenn nicht die Ausweichung der Mauern durch gegenseitige Verankerung und Verftreibung gehindert wird.

120.  
Sicherung  
ganzer  
Gebäude.

Bei geringen Erfchütterungen wird es genügen, die Balken möglichst in ganzen Längen durch das Gebäude zu legen, bezw. die Stöfse derselben gut durch Schienen zu sichern und aufserdem die erforderliche Zahl von Balken- und Giebelankern anzubringen. Bei dem Erdbeben von Djijely (1856) blieben nach *Tripier* die balken-tragenden Scheidewände unverfehrt stehen, während die den Balken parallelen Umfassungswände einstürzten.

Am schwierigsten ist der Schutz von Gebäuden ohne Innenmauern, wie von Kirchen, Sälen, Speichern, Körner-Magazinen und Fabriken. Hier genügt es nicht, das Fallen nach aufsen zu hindern, sondern auch den Einsturz nach innen, so dafs also aufser einer Verankerung auch eine Verftreibung angebracht werden mufs. Die besten Dienste hierfür leisten die Ueberwölbungen, welche aber durch hoch geführte Hintermauerung und kräftige Anker zusammengehalten werden müssen.

Bei stärkeren Erfchütterungen wird man zu kräftigeren Mitteln greifen und das Gebäude durch ein System von horizontalen eisernen Bändern und Verticalschienen einschnüren müssen. Besonders wird dies in den oberen, stärker schwankenden Gefchoffen nothwendig sein.

121.  
Sicherung  
gegen  
stärkere Er-  
fchütterungen.

In Smyrna haben sich <sup>150)</sup> Backsteinbauten, bei denen in den Lagerfugen des Mauerwerkes Bandeisen horizontal eingelegt wurden, recht gut bewährt, ohne daß dieselben auch vertical verbunden waren.

In Japan aber haben französische Ingenieure auch die Verticalverbindungen für nothwendig erachtet <sup>151)</sup>.

Die Construction ist folgende (Fig. 120 u. 121). In die Lagerfugen der Außen- und Innenmauern sind, wie in Smyrna, Flachschienen *A* ( $60 \times 20$  mm) eingelegt, die erste in das Fundament, die zweite in die Höhe der ersten Balkenlage etc. An den Ecken und an den Kreuzungspunkten greifen diese Schienen über einander und sind mit Oehren versehen, durch welche die verticalen Rundeisen *B* (von 40 mm Stärke) gesteckt sind. Diese vertreten die Splinte und verhindern zugleich das Oeffnen der Lagerfugen, indem sie die Flachschienen mit einander verbinden. Auf diese Weise entstehen quadratische Felder, innerhalb deren eine Bewegung des Mauerwerkes kaum möglich ist. Die Temperatur-Differenz beträgt dort 40 Grad; auf 4 m Länge wird sich das Eisen um 2 mm ausdehnen. Zur Ausgleichung dienen Tannenholzkeile, welche in die Oehre gesteckt werden und sich um 2 mm comprimiren lassen.

Fig. 120.

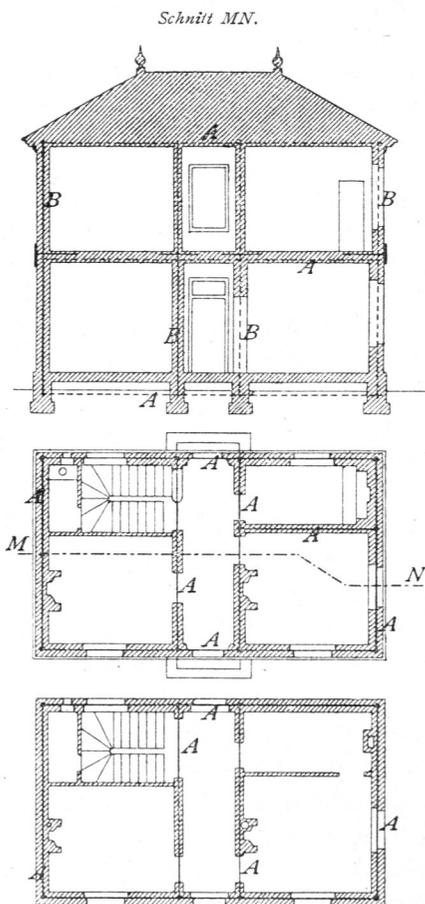
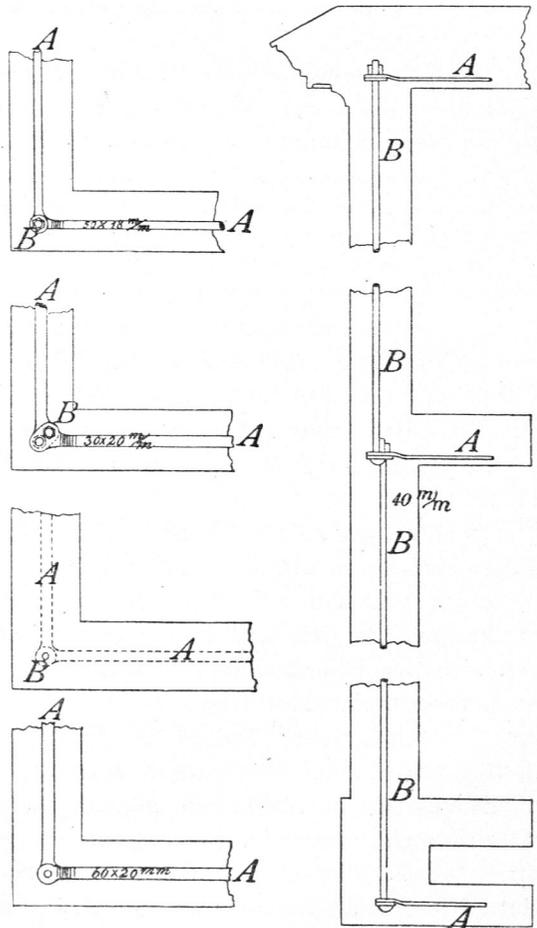
 $\frac{1}{300}$  n. Gr.

Fig. 121.

 $\frac{1}{60}$  n. Gr.

<sup>150)</sup> Siehe: *Engineer*, Bd. 50, S. 308.

<sup>151)</sup> Siehe: *Mémoires de la Soc. des ing. civils* 1877, S. 462.

Bei der Caferne von Aumale hatten sich während des Erdbebens vom 1. October 1858 Trennungen zwischen den Façaden-Mauern und den Scheide-, bezw. Giebelmauern gezeigt. Um das Gebäude zu erhalten, verband man die Façaden unter sich durch lange eiserne Anker längs der Innenmauern und die Giebelwände eben so mit den letzteren. Außerdem legte man in jedem Obergeschoß in der Höhe der Fensterstürze eiserne Bänder um das ganze Gebäude herum, welche unter sich wiederum durch starke Verticalstangen verbunden waren, eine Arbeit, welche 35 000 Francs kostete.

Wie man aber den Maffivbau auch verankern möge, so wird er doch in Bezug auf Sicherheit hinter anderen Constructions zurückstehen.

Wenn man sieht, welche bedenklichen Neigungen in alten deutschen Städten die Holz-Fachwerkbauten angenommen haben, ohne daß man an einen Abbruch denkt, so kann man wohl daraus schliessen, welche Verbiegungen ein solches Gebäude bei Erdbeben erleiden kann, ohne zusammenzufürzen. Schwellen und Rahmen bilden eine vollständige Ringverankerung, eine sorgfältige Schienenverbindung aller Ecken und Stöße vorausgesetzt.

In Smyrna hielt man<sup>152)</sup> bis zur Einführung der Bandeisen-Anker streng an Fachwerks-Häusern mit einem Geschoß fest, d. h. mit Erd- und Obergeschoß. Construiert sind dieselben in einfachem oder auch in verblendetem Holz-Fachwerk. Letzteres hält sich gut, so lange das Holz gesund bleibt; wenn die Fäulnis beginnt, tritt das Entgegengesetzte ein, wie z. B. beim englischen Consulat-Gebäude.

Noch wirksamer, als Fachwerk, ist der Schrotholz- oder Blockhaus-Bau. Hier hat das Gebäude eigentlich in jeder Höhe eine Ringverankerung; Aufsen- und Innenwände besitzen vollkommene Steifigkeit; das ganze Bauwerk ist homogen, da es nur aus Holz besteht; ein Herausfallen von Backsteinen, wie beim Fachwerksbau, kann nicht vorkommen.

Ist Holzbau in Rücksicht auf Feuersgefahr nicht zulässig, so bleibt nichts anderes übrig, als der Eisen-Fachwerkbau. Auf der Pariser Ausstellung 1878 waren von *Moisant* Zeichnungen zu Wohnhäusern auf der Insel Guadeloupe ausgestellt, welche dieses System zeigten.

Alle diese Schutzmittel sind im Wesentlichen dieselben, wie sie in Deutschland gegen die Bodenfenkungen (siehe Art. 110 bis 115, S. 107 bis 113) angewendet werden.

Außer den Mauern müssen auch alle übrigen Theile eines Gebäudes möglichst fest construiert werden. Vor allen Dingen sind die Schornsteine sorgfältig zu verankern; Ziegeldächer sind zu vermeiden oder wenigstens gut in Kalk einzudecken, besser aber durch Zink-, Asphalt- oder Holzcement-Dächer zu ersetzen. Letztere dürfen nicht zu schwer durch Kies und Erde belastet werden. In Smyrna haben sich flache Dächer, mit einem 20 bis 25 cm hohen Gemenge von Erde und Steinen, welches die Mauern zu sehr belastet, nicht bewährt<sup>152)</sup>.

Auf die Herstellung eines festen Deckenputzes ist besondere Rücksicht zu nehmen. Treppen dürfen nur aus Holz oder Eisen construiert werden.

Zum Schlusse hätten wir noch etwas zu sagen über die Stellung von Bauwerken, wenn das Epicentrum und die Laufrichtung der Erdbebenwelle aus wiederholten Vorkommnissen bekannt sind, wie dies namentlich in der Umgebung der Vulcane der Fall ist. Steht eine Mauer senkrecht zur Laufrichtung einer Welle, also parallel zur Welle selbst, so wird dieselbe, indem sie unter der Mauer durchläuft, diese heben und senken, ohne ihr großen Schaden zu thun. Steht sie aber radial zum Epicentrum, so werden einzelne Theile der Mauer gehoben, andere gleichzeitig gesenkt, und es muß nothwendiger Weise ein Zerreißen erfolgen. Eine kurze Mauer

122.  
Sicherung  
der  
Schornsteine,  
Dächer etc.

123.  
Stellung  
der  
Gebäude.

<sup>152)</sup> Siehe: *Engineer*, Bd. 50, S. 308.

hat selbstverständlich hierbei weniger zu leiden, als eine lange, woraus sich die Regel ergeben würde, Häuser möglichst so zu stellen, daß ihre kurzen Fronten radial zum Epicentrum stehen.

#### Literatur

über »Sicherungen gegen die Wirkung von Bodensenkungen und Erderstütterungen«.

*Effets des tremblements de terre sur les constructions en maçonnerie. Nouv. annales de la const.* 1867, S. 58.

DECHEN, v. Gutachten über die Bodensenkungen in und bei der Stadt Effen. Bonn 1869.

HEINZERLING, F. Hochbau auf unterhöhltem Baugrund. Allg. Bauz. 1878, S. 67.

Die Erdbeben und ihre Beziehung zur Bautechnik. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1880, S. 154.

SPILLNER. Sicherung der Gebäude gegen die Wirkungen des Erdbebens. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 70.

SPILLNER. Hochbauten über Gruben-Terrains. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 477.