

3. Kapitel.

Sicherungen gegen die Wirkung von Bodensenkungen und Erderfütterungen.

a) Sicherung der Gebäude gegen Bodensenkungen ¹⁴⁸⁾.

Im Jahre 1856 bemerkte man in Essen die ersten Beschädigungen von Häusern über Bergwerken. Seitdem haben sich diese Erscheinungen fast in allen Berg-Revieren Deutschlands gezeigt. Wir nennen in erster Linie: Essen, Iferlohn, Oberhausen, Gelsenkirchen, Witten a. d. R., Annen bei Witten, Dortmund, dann zahlreiche Ortschaften über dem Wurm-Revier bei Aachen, dem Saarbrücker Kohlenbecken, so wie über den ober-schleifischen Bergwerken.

Die Wirkungen des Bergbaues auf Terrain-Veränderung können in zweierlei Weise vor sich gehen: entweder es stürzen die Abbau-Strecken, falls sie sich nicht mit Wasser gefüllt haben, nach einer Reihe von Jahren zusammen, oder die über den Flötzen gelagerten wasserhaltigen Schichten werden durch die mit dem Bergbau verbundene Wasserentziehung trocken gelegt und setzen sich ungleich zusammen. In beiden Fällen bilden sich an der Oberfläche Erhebungen und Senkungen, vielfach verbunden mit Erdrissen. Im Wurm-Revier bei Aachen hat man beobachtet,

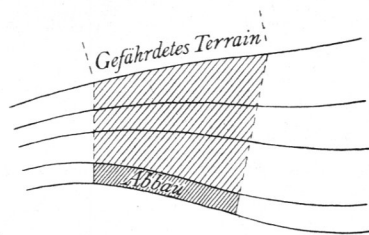
dafs der Abbau auf den platten (horizontalen) Flötzflügeln wellenförmige Senkungen hervorbringt, wogegen sich der Abbau auf den flachen (geneigten) Flötzen meistens durch Spalten und Risse bemerkbar macht. In Belgien hält man an *Gonot's* Theorie fest, dafs die Einwirkungen des Abbaues sich normal zur Flötzfläche bis zur Oberfläche fortsetzen (Fig. 102). Hiernach werden die Sicherheitspfeiler für Bauwerke innerhalb der Strecken fest gesetzt, und umgekehrt, hat man ein Bauwerk über Gruben zu errichten, so kann man hiernach mit einiger Sicherheit einen weniger gefährdeten Bauplatz ausfuchen, wobei man aber, da diese Theorie wenig realen Untergrund hat, möglichst weit von dem so ermittelten Gefahr-Terrain zurückbleiben wird.

Die Sicherung geriffener Gebäude kann eine verschiedene sein. Bei Aachen befolgt man die Praxis, die Bewegung erst völlig zur Ruhe kommen zu lassen. Man erfieht dies, wenn Cementputzstreifen, welche an einigen Stellen über die Risse gelegt werden, unverfehrt bleiben. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, dann werden die Ausbesserungen vorgenommen. Nur in Ausnahmefällen, wenn die Gebäuderisse zu bedenklich werden, greift man zu Verankerungen.

In anderen Gegenden, wo das Uebel acuter auftritt, ist man in der Regel zu Verankerungen gezwungen, denen häufig eine provisorische Absteifung der Fenster- und Thürstürze vorangehen mufs, damit diese beim Ausweichen der Wände nicht herabfallen. Die Anker wurden zuerst sehr schwach gemacht. Wir sehen in Essen noch vielfach 2 cm starke Anker mit Kopfplatten von 30 × 30 cm an (Fig. 110),

110.
Wirkungen
des
Abbaues.

Fig. 102.



111.
Sicherung
geriffener
Gebäude.

¹⁴⁸⁾ Die Sicherstellung von Gebäuden, die auf einem stark comprimibaren Untergrund zu errichten sind, gehört in die Abtheilung »Fundamente« (siehe Theil III, Band 1 dieses »Handbuchs«), ist also unter dieser Ueberschrift nicht mit inbegriffen.

welche selbstverständlich eine viel zu geringe Mauerfläche faßten. Später griff man zu 4 bis 5 cm starken Anker und Kopfplatten von 1 bis 2 qm, welche dann ihre Schuldigkeit besser thaten.

Meistens beschränkt man sich auf die Verankerung des Kellermauerwerkes. Sämmtliche Umfangs- und Zwischenmauern desselben werden sowohl unter der Sohle, als auch unter der Decke ihrer ganzen Länge nach durch Anker zusammengezogen. An allen Stellen, wo die Scheidewandern nicht durchgehen, werden Spreizen aus Mauerwerk, aus Eisen oder aus beiden Materialien eingefaltet, welche dem Zuge der Anker den nöthigen Druck entgegensetzen und so ein Zusammenziehen der vorher unverbundenen Mauertheile verhindern.

In Fig. 103 bis 109 ist eine solche nachträgliche Verankerung dargestellt.

Die Ecken werden mit gußeisernen Platten (Fig. 109) eingefasst, welche außen mit den nöthigen Anfätzen und Oeffnungen zur Aufnahme der Zuganker, innen mit ein- oder mehrfachen Verstärkungsrippen zum Einlassen in das Mauerwerk versehen sind. Die inneren Kellerwände werden unter dem Pflaster und unter der Decke mit je einem Ankerpaare eingefasst. Die Zuganker sind bei geringer Ausdehnung durchgehend, bei grösseren Längen gestossen und dann an den Stößen entweder durch Laschen und Bolzen, bezw. Niete fest oder durch Schraubenflösser regulirbar verbunden (Fig. 107 u. 108).

Die Spreizen bestehen am besten aus massivem Schichtenmauerwerk oder aus elliptischen Erd- und Gurtbögen, so zwar, daß beide Bogen zusammen eine geschlossene Ellipse bilden; doch werden auch unter der Kellerfohle umgekehrte Gewölbe, unter der Decke gußeiserne, die Zuganker umschließende Stemmrohre oder bei grösserer Länge massiv gewalzte oder gegliederte Balken angewendet. Wo Verankerungen in die Thüren einschneiden, werden schmiedeeiserne Thürgestelle eingefaltet, welche oben und unten durch Zugfangen verbunden, bisweilen überwölbt sind, während die Theile der unterbrochenen Anker an deren Pfosten enden und verschraubt sind.

Gebäude mit einspringenden Ecken erfordern bis zur Höhe des Kellergefchoffes die Herstellung voller Ecken durch Ausmauerung, um die oben erwähnten Eckplatten anbringen und danach eine zusammenhängende Verankerung herstellen zu können.

Die vorbeschriebenen Sicherungsmittel haben sich in zahlreichen Fällen ihrer Anwendung gut bewährt. Nur da, wo die Beschädigungen durch Bodensenkungen zu arge sind, wird man die Kopfplatten noch vergrößern und auch die oberen Gefchoffe verankern müssen. Als Beispiel hierfür geben wir die von *Kunhenn* ausgeführte und in Fig. 111 bis 115 dargestellte Verankerung eines Hauses in Effen a. d. R.

Hier sind die Gebäude-Ecken mit 4 cm starken und durch Rippen verstärkten Gufsplatten bis zur Höhe des 1. Obergefchoffes eingefasst, und zwar ist die Anordnung so getroffen, daß die untere Platte über die obere faßt, so daß die beiden über einander befindlichen Platten wie eine einzige wirken.

Die Zwischenmauern des Kellers sind mit je 4 Anker eingefasst, welche ebenfalls an eine gemeinsame Kopfplatte faßen. Die letzteren liegen bündig mit dem Mauerwerk; die Schraubenmutter sind eingelassen, so daß man äußerlich von der Verankerung nichts sieht.

Wir kommen nun zu der Frage, wie man Neubauten über Gruben-Terrains zu construiren habe? Selbstverständlich müssen diese allen Fällen der Bodensenkungen Widerstand leisten. Letztere sind erfahrungsmäßig folgende:

1) Der Baugrund sinkt gleichmäßig vertical abwärts; 2) er sinkt gleichmäßig geneigt; 3) es bildet sich eine Erdspalte, ohne daß aber eine Veränderung der Terrain-Neigung eintritt; 4) er nimmt eine concave oder 5) eine convexe Gestalt an, wobei gleichzeitig Erdspalten auftreten können; 6) ein Theil der Baugrundfläche bleibt unverändert, während der andere absinkt, wobei sich häufig längs der Erdspalte eine Stufe bildet.

Fig. 110.

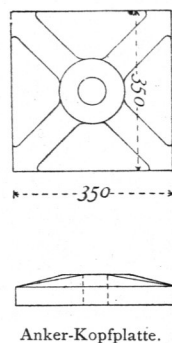


Fig. 111. *Vordere Frontmauer.*

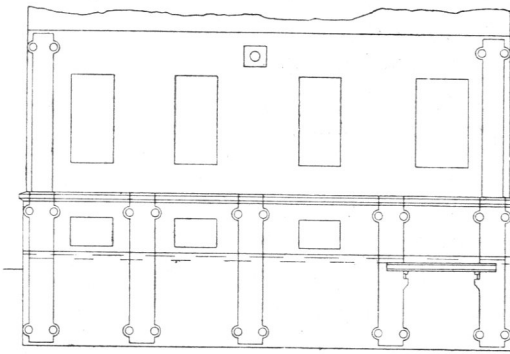


Fig. 112. *Rechtsseitige Giebelmauer.*

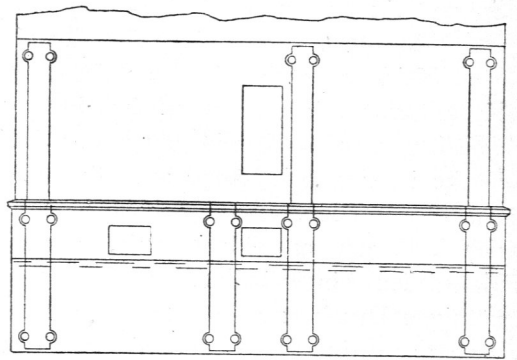


Fig. 113. *Grundriss des Kellergeschosses.*

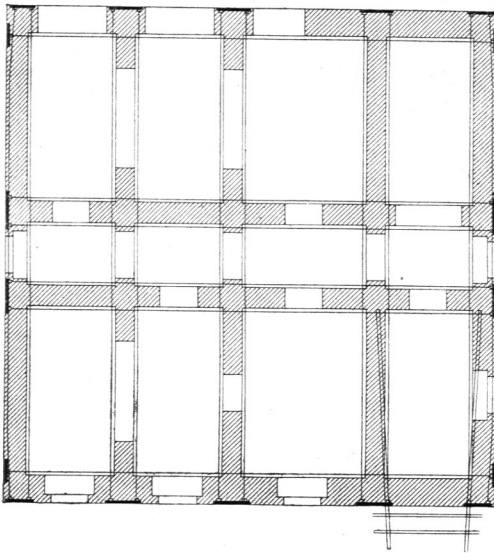
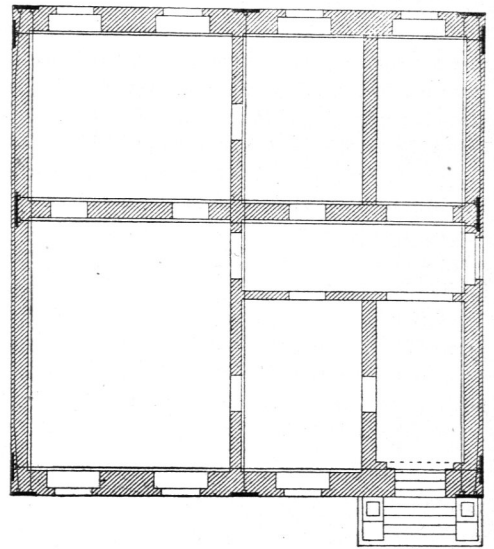
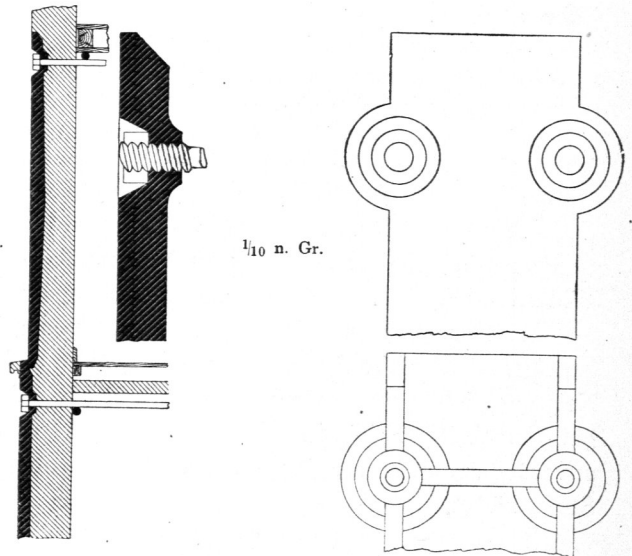


Fig. 114. *Grundriss des Erdgeschosses.*



$\frac{1}{200}$ n. Gr.

Fig. 115. *Verankerungsplatten für die Zwischenmauern.*



Verankerung-
des

Haufes Ottilien-Straße Nr. 9
in Effen a. d. R.

$\frac{1}{100}$ n. Gr.

$\frac{1}{10}$ n. Gr.

(Nach Zeichnungen des Architekten
Fritz Kunhenn dafelbst.)

Fall 1 erfordert keine besonderen Sicherheitsmafsregeln; im Falle 2 wird die Bindekraft des Mörtels meistens ausreichen, ein Rutschen der Bausteine auf ihrer Lagerfläche zu verhindern. Im Falle 3 wird eine gute Verankerung das Gebäude dagegen schützen, dafs sich die Erdfalte auch in das Mauerwerk fortsetzt. Wie aber wird es bei 4 bis 6? Hier bieten sich zwei Möglichkeiten dar: entweder man schafft dem Gebäude ein absolut steifes Fundament, welches so stark ist, dafs es, möge der Boden darunter eine beliebige Form annehmen, nicht zerbricht, sondern über den Stellen, wo der Zusammenhang zwischen Gebäude und Baugrund verloren gegangen ist, sich frei trägt, oder aber man wählt eine Construction, welche so eingerichtet ist, dafs sie der Senkung bis zu einem gewissen Grade folgen kann, gleichzeitig aber die Möglichkeit giebt, die horizontale Lage wieder herzustellen.

Ein absolut steifes Fundament könnte man erreichen durch einen kolossalen Bétonklotz oder durch einen eisernen versteiften Rost. Beide würden zu theuer werden. Im Kohlen-Revier von Saarbrücken hat man eine eiserne Rahmen-Construction zur Anwendung gebracht, auf welcher dann der weitere Bau ohne Verankerung errichtet wurde. Da dieser Rahmen aber im Stande sein mufs, das Gebäude auf grössere Strecken frei zu tragen, mithin einer sehr bedeutenden Stärke bedarf, so stellen sich auch die Kosten sehr hoch.

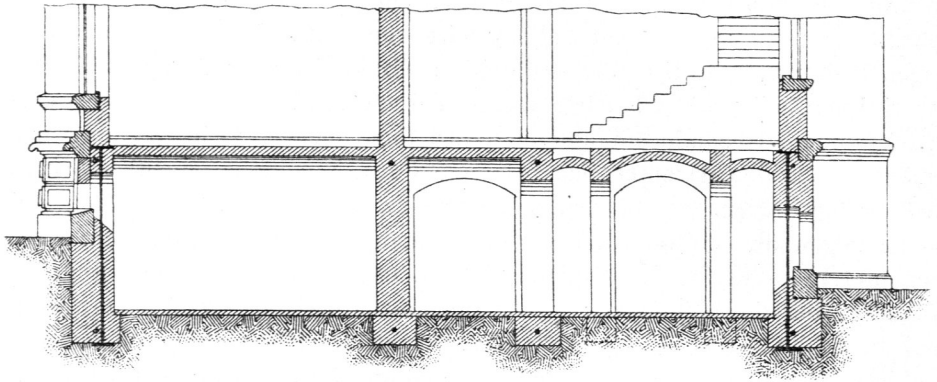
Billiger wird man davon kommen, wenn man das Kellermauerwerk durch Anker und Platten, bezw. Versteifungen zu einem unverrückbaren Ganzen gestaltet. Dies ist das am meisten verbreitete und für Maffivbauten allein brauchbare Princip. Die Anordnung ist eine ganz ähnliche, wie die oben beschriebene, welche für die Reparatur vorhandener Gebäude angewendet wird (siehe Fig. III bis III4). Nur kann man hier auch für verticale Verankerung sorgen, indem man in das Mauerwerk an wichtigen Punkten verticale Anker einlegt, welche ein Abheben des oberen Mauerwerkes vom unteren verhindern.

Heinzerling hat hierfür theoretische Betrachtungen angestellt, deren Hauptresultate folgende sind. Für die Verankerungs-Construction erscheint es vortheilhaft, die Dicke der Mauer und das Gewicht derselben — z. B. durch Anwendung von Fachwerk oder Hohlsteinen — ferner die Tiefe des Gebäudes, die Zahl und Belastung der Zwischendecken, so wie das Gewicht der Bedachung möglichst zu vermindern, dagegen den Abstand der Verankerungsebenen möglichst zu steigern und zu den Zugankern nur das zäheste Eisen zu verwenden. Besonders wichtig aber erscheint die Verminderung der Gebäudelänge. Wo, wie in städtischen Strafsen, fortlaufende Gebäudereihen herzustellen sind, ist es aus diesem Grunde räthlich, die einzelnen Gebäude nicht im Zusammenhange zu mauern, sondern etwa durch gemauerte Feder und Nuth mit geringem Spielraum zu verbinden und jedem derselben eine selbständige Senkung zu gestatten.

Letzteres Princip ist bei der Errichtung des Landgerichtsgebäudes in Essen in ausgedehntester Weise zur Anwendung gekommen. Der kolossale Gebäude-Complex ist in 5 einzelne Theile von durchschnittlich 30m Frontlänge zerlegt, welche stumpf gegen einander stofsend, einen Spielraum von 4cm zwischen sich lassen. Hierdurch wird erreicht, dafs sich nicht nur die einzelnen Theile unabhängig von einander senken können; sondern es darf sogar eine gewisse Schrägstellung eintreten. In das Bankett-Mauerwerk und in der Höhe der Kellergewölbe sind zwei vollständige Verankerungssysteme eingelegt. Die Keller sind auf Schienen überwölbt, welche ebenfalls durch Annetung kräftiger Splinte zur Verankerung herangezogen sind. Die Kopfplatten der durchgehenden Anker liegen bei dem unteren System aufserhalb des Mauerwerkes, bei dem oberen innerhalb desselben. Verticale Anker, von der Unterkante des Bankettes bis zum Erdgeschoffe reichend (Fig. III6), vollenden die Unverrückbarkeit des Kellermauerwerkes. Oberhalb desselben sind ungewöhnliche Verankerungen nicht angebracht.

Eine besondere Schwierigkeit ergibt sich, wenn an ein vorhandenes, bereits geriffenes Gebäude ein Erweiterungsbau angefügt werden soll. Dies ist z. B. beim Gymnasium in Essen der Fall, welches durch einen Neubau fast auf die doppelte Gröfse erweitert wurde. Läßt sich der neue Theil stumpf gegen den älteren an-

Fig. 116.

Vom Landgerichtsgebäude in Effen. — $\frac{1}{250}$ n. Gr.

ftosen, so hat dies weniger zu fagen; hier aber war dies bei der erforderlichen Grundrisfeintheilung nicht möglich, und man darf mit Recht, trotz der äußerst durchdachten Verankerungen und trotz der zahlreichen in Fundament und Keller eingefügten Verspreizungsmauern, auf die Bewährung gespannt sein.

Obwohl durch derartige Maßregeln ein relativ hoher Grad von Sicherheit erreicht wird, so muß man sich im Allgemeinen doch klar machen, daß die Verbindung von Ankern und Mauerwerk keine absolute Versteifung herbeiführen kann.

Wo man nicht durch die etwa verlangte Monumentalität gebunden ist, wird man daher den Maffivbau verlassen müssen. *Von Dechen* empfiehlt für gewöhnliche Wohnhäuser und sonstige kleinere Gebäulichkeiten den Holz-Fachwerkbau, indem er beobachtet hat, daß dieser weit weniger zu leiden hat, als der Maffivbau. Es erklärt sich dies daraus, daß das Holz bis zu einem gewissen Grade im Stande ist, den Biegungen des Erdreiches zu folgen.

Noch größere Sicherheit bietet der Schrotholz- oder Blockhaus-Bau, bei welchem ja in jeder einzelnen Schicht eine vollständige Ringverankerung durch das Holz selbst gebildet wird.

Aber alle diese Constructions können nur mäßigen Bodensenkungen entgegenwirken.

Kommt ein größerer Gebäudetheil frei zu schweben, so werden sie nicht mehr ausreichen und man muß dann zu dem zweiten der oben genannten Principe übergehen und die Construction derartig wählen, daß die Verbindung zwischen dem Gebäude und dem abgefunkenen Erdreich durch Untermuerung wieder hergestellt werden kann, nachdem man ersteres, so gut es geht, durch Erdwinden wieder in die horizontale Lage gebracht hat.

Von diesem Gedanken ausgehend, hat *Kunhenn* 1878 das *Mallinckrodt'sche* Geschäftshaus in Effen und 1881 das Schulgebäude in Rotthausen in folgender, durch neben stehende Tafel veranschaulichter Weise construirt.

Das Fundament- und Kellermauerwerk besteht aus einzelnen Pfeilern, welche, um das Eindringen des äußeren Erdreiches in die Keller zu verhindern, nur durch schwache Wände verbunden sind. Ist nun eine partielle Senkung eingetreten, so werden letztere durchgeschlagen und Erdwinden eingesetzt, welche das obere Gebäude wieder in die horizontale Lage bringen und so lange darin erhalten, bis die abgefunkenen Pfeiler neu aufgemauert sind. Um dies zu ermöglichen, ist das ganze Gebäude oberhalb der Pfeiler in Eifen-Fachwerk construirt. An beiden Langseiten liegt zunächst je ein I-Träger; über denselben, durch

114.
Holz-
Fachwerk-
bau.

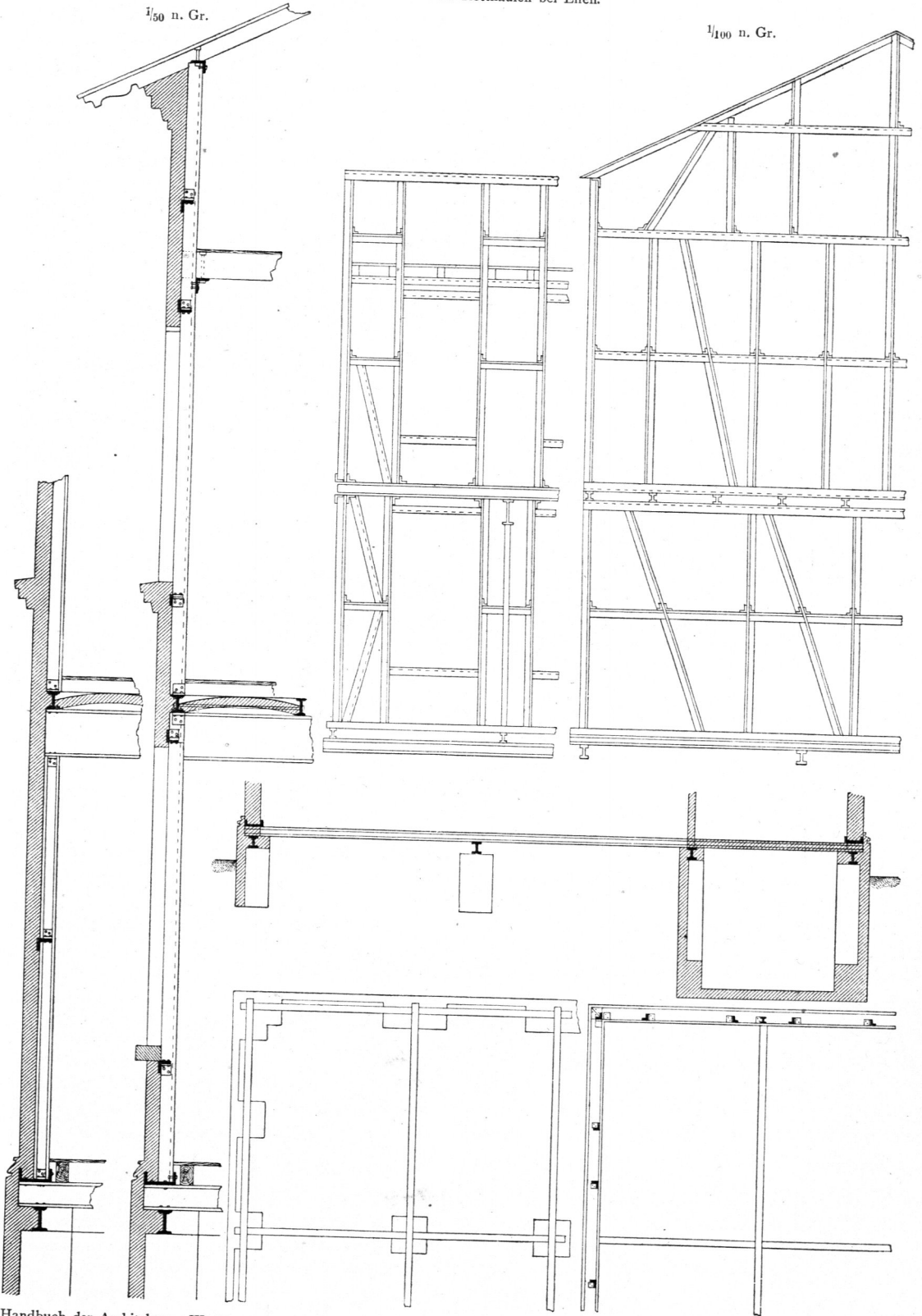
115.
Sicherung
gegen
stärkere
Senkungen.

Zu S. 112.

Landtschule zu Rotthausen bei Effen.

$\frac{1}{50}$ n. Gr.

$\frac{1}{100}$ n. Gr.



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 Erdalles. 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 (stofswefie) und undulatorische (wellenförmige) empfunden. Häufig bilden sich Erdfpalten 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 Stofsfugen gleich ab sein. Haben wir aber eine Bruchsteinmauer (Fig. 118), in deren oberster Schicht sich 5 Stofsfugen 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.

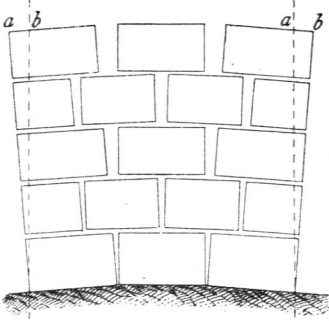


Fig. 118.

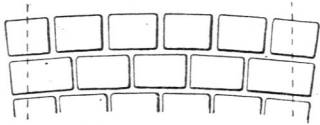
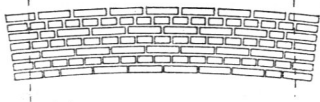


Fig. 119.



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 Fasadefläche 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*¹⁴⁹⁾, 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 Fasademaerwerk 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 Fasademaerwerk 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.

¹⁴⁹⁾ 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*¹⁴⁹⁾ 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 ¹⁵⁰⁾ 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 ¹⁵¹⁾.

Die Construction ist folgende (Fig. 120 u. 121). In die Lagerfugen der Außen- und Innenmauern sind, wie in Smyrna, Flachschienen *A* (60×20 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.

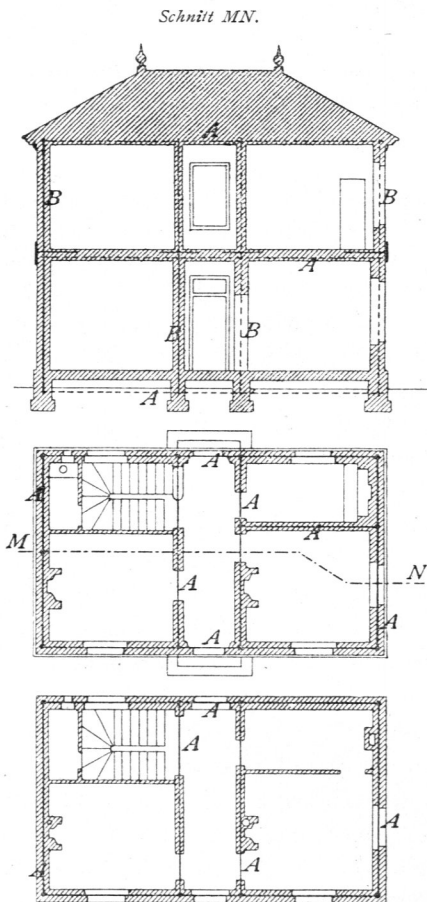
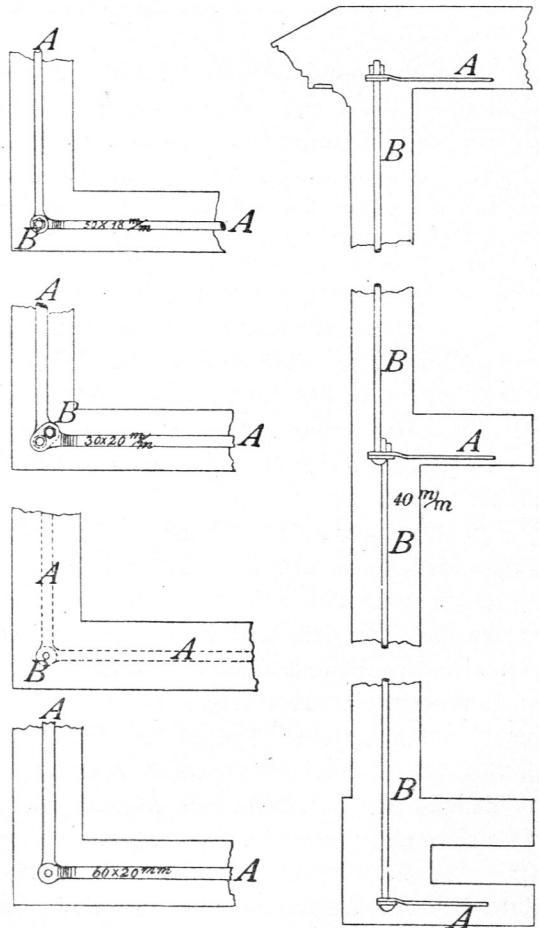
 $\frac{1}{300}$ n. Gr.

Fig. 121.

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

¹⁵⁰⁾ Siehe: *Engineer*, Bd. 50, S. 308.

¹⁵¹⁾ 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 dafs 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 man¹⁵²⁾ 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.

Aufser 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 bewährt¹⁵²⁾.

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.

¹⁵²⁾ 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.