Gräben als Schutz von Bauwerken gegen Verkehrserschütterungen

Autor(en): **Meister, F.I.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **105/106 (1935)**

Heft 15

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-47421

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

die Vertikalkomponenten (bis zu 0,028 mm im 1. Stockwerk). Bei den Rammarbeiten schwanken die Perioden nur zwischen 0,14 bis 0,19 sec, bei den Automobilerschütterungen jedoch zwischen 0,046 bis 0,27 sec.

Zusätzliche Beanspruchung der Gründungssohle infolge der Erschütterungen. Es wurde untersucht, ob infolge der Eigenfrequenz n_e der Hausmauer Resonanzmöglichkeit vorhanden ist. Allgemein ist:

$$n_e = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{f}}$$

g = Erdbeschleunigung, f = statische Verschiebung des Schwerpunktes der schwingenden Masse unter dem Eigengewicht in der Richtung der gesuchten Schwingung. Bei Pfahlgründungen ist für lotrechtes f_l [2])

$$f_l = \frac{\Sigma P}{r}\,\frac{t}{EF}\left(1 - \frac{\mu}{3}\right)$$

ΣP = Gesamtlast (Mauer- und Nutzlast) = 25600 kg/lfm im Berechnungsbeispiel, r = Anzahl der Pfähle pro m² Gründungsfläche = 7, t = Länge der Pfähle = 8 m, E = Elastizitätsmodul = 100000 kg/cm², F = Pfahlquerschnittsfläche = 4900 cm², $0 < \mu < 1$. Es ergibt sich: $f_l = 0{,}275$ cm; $n_e = 9{,}6$ Hz. Die gemessenen Erschütterungsfrequenzen betrugen 9 bis 12,5 Hz. Es besteht demnach Resonanzgefahr. Die grössten gemessenen Beschleunigungsamplituden betrugen in lotrechter Richtung $b_l = 88$ mm/sec², in waagrechter Richtung $b_w = 6{,}2$ mm/sec². Mit 1305 kg m⁻² sec² Masse pro lfm Fassadenmauer ergaben sich hieraus die maximalen Stosskräfte in lotrechter und waagrechter Richtung: $St_l = 1280$ kg/m, $St_w = 88$ kg/m.

Bei Angriff der Kraft St_w in $h = 3{,}2$ m über Gründungssohle (Abb. 3) kommt demnach zu der statischen Belastung von 2,56 kg/cm² folgende dynamische Randspannung infolge Erschütterung: $St_e/F + St_w \cdot h/W$ (F = Fläche, W = Widerstandsmoment des Mauerquerschnitts pro lfm). Sie beträgt 0,88 kg/cm². Der aus Lehm und Torf bestehende Boden (Bettungsziffer = 2,4 kg/cm² pro cm) kann infolge dauerndem Autoverkehr die totale Randspannung von 3,44 kg/cm² nicht mehr aufnehmen; eine solide Pfählung des Gebäudes ist im vorliegenden Boden notwendig.

[2]) Vergl. *E. Rausch* „Der Bauingenieur" 1926, Seite 854. *E. Rausch* „Z. V D I" 1927, Seite 992.

Arbeitsleistung für ein Meter Pfahllänge. Für die Herstellung der Ortpfähle wurde auch die aufgewendete Arbeit gemessen. Sie betrug:

Geologische Schicht Tiefe unter Oberkant	Schichtbezeichnung	Errechneter mittlerer Pfahldurchmesser	Arbeit für 1 m Pfahl
m		cm	mt
3 bis 4,2	Lehm mit Torf	45,8	159
4,2 bis 6,2	Sand	49,2	133
6,2 bis 8,2	Lehm mit Torf	45,4	208
8,2 bis 9,5	Kiessand	49,6	244

Zusammenfassung. Die Beschleunigungsamplitude der Erschütterungswelle, namentlich die Vertikalkomponente, ist stark abhängig von der geologischen und physikalischen Beschaffenheit der Untergrundschichten. Die Auswertung der gemessenen Frequenzen und Amplituden nach der Palmethode liefert differenziertere Werte als jene nach Beschleunigungsamplituden. Im vorliegenden Fall sind nach allen Auswertungsmethoden die Erschütterungen infolge Autoverkehr in 5 m Abstand stärker spürbar als jene infolge Rammarbeit in 40 m Entfernung. Während die Erschütterung durch Rammen nach keiner Bewertungsmethode den Grad „gut spürbar" überschritt, erreichte die Erschütterung durch Autoverkehr einmal im ersten und sechsten Stockwerk des Gebäudes eine in die Klasse „stark spürbar, Beginn des Lästigen" fallende Palzahl.

Gräben als Schutz von Bauwerken gegen Verkehrserschütterungen.

Von Dipl. Ing. F. I. MEISTER, Düsseldorf.

Vergleicht man die vielen Untersuchungen[1]) in neuerer Zeit über dieses Problem, so erhält man zumeist keine eindeutige Antwort. Die Schwierigkeiten liegen sowohl bei der theoretisch schwer erfassbaren Verteilung der Schwingungsenergie einer Verkehrserschütterung im Erdreich und Hausfundament, besonders bei einem vor dem Haus befindlichen Graben, wie auch in der häufig schlechten Uebereinstimmung der Messungen mit den Forderungen der Theorie.

Bei der für Architekten wie Bauämter wichtigen Frage sollte eine prinzipielle Klärung durch ausgibige Versuche erstrebt werden. Leider besteht für die Wissenschaft immer nur vereinzelt die Möglichkeit, solche Versuche durchzuführen; und zwar meist dann, wenn ein Grabenschutz infolge besonders starker Erschütterungen von den Anliegern einer Strasse in Erwägung gezogen wird.

So wurde im Jahre 1933 von der Stadtbauinspektion Stuttgart infolge der dauernden Klagen der Bewohner eines Hauses an der Neckarstrasse vorgeschlagen, vor dem Hause einen tiefen Graben auszuheben und diesen mit Betonschotter zu füllen. Die Isolierwirkung des bis auf die Hausfundamente geführten, rd. 1 m breiten Grabens sollte festgestellt werden.[2]) Als Erschütterungserzeuger stand ein vollgummibereifter Teerwagen zur Verfügung. Um einen möglichst gleichbleibenden Erschütterungsstoss in genügender Stärke auszuüben, liess man den Wagen über ein 2 cm starkes, auf der Strasse befestigtes Hartholzbrett mit abgerundeten Ecken fahren. Der Wagen fuhr immer mit gleicher Belastung und Geschwindigkeit über das Hindernis. Belastung und Geschwindigkeit wurden so gross gewählt, dass auch im obersten Stockwerk der Stoss gut spürbar war und sich aus den übrigen Strassenbahn- und Lastwagenerschütterungen heraushob.

Die Erschütterungen wurden mit einen Askania-Dreikomponenten-Seismographen gemessen und zwar zunächst vor dem Ausheben des Grabens an folgenden sieben Stellen: Am Rinnstein auf dem Gehweg in 1 m Entfernung vom Hindernis; vor der Hausfront auf dem Gehweg; im Keller, Erdgeschoss, ersten, zweiten und dritten Stock unmittelbar hinter der Hausfront. Alle Messpunkte lagen mit dem Ursprung der Erschütterung in einer Ebene senkrecht zur Strassenrichtung. An jedem Messpunkt fanden mehrere Stossmessungen statt, um für jede Messtelle einen sicheren Mittelwert der dort auftretenden Erschütterung zu erhalten.

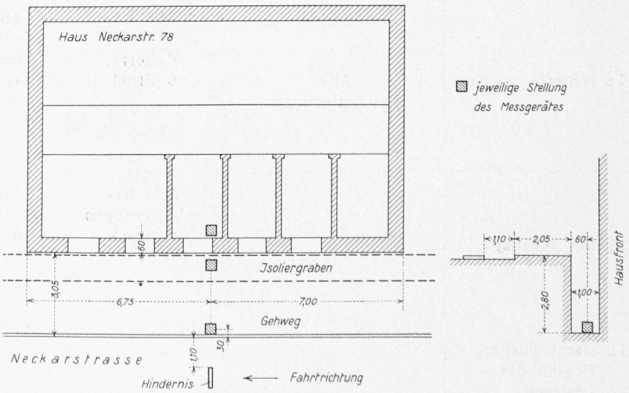


Abb. 1. Grundriss und Schnitt von Haus und Isoliergraben, 1 : 250.

[1]) *Hort:* Schwingungsschutz bei Hochbauten. „Z. d. VDI" 1931, Bd. 75, S. 567. — *K. Schwien:* Die Ausbreitung von Erschütterungen, Dissertation Hannover. — *Martin:* Schutzwirkung eines Grabens „Schalltechnik" 1932, Nr. 1, wie auch: Diskussion Martin, Hort, Geiger über dies Problem in „Schalltechnik" 1932, Nr. 2. — *Hort:* Abschirmung von Verkehrserschütterungen durch Gräben und Schutzspalte, „Verkehrstechnik" 1934, Heft 4, S. 37. — *Schröter:* Schutz der Gebäude gegen Verkehrserschütterungen, „Verkehrstechnik" 1934, Heft 11, S. 298.

[2]) Die hier angeführten Messungen wurden durch das Institut für Schall- und Wärmeforschung der T. H. Stuttgart durchgeführt.

In der gleichen Weise wurde bei ausgehobenem Graben gemessen, wobei die Stützen für die Verschalung auf die unbedingt notwendigen beschränkt wurden, damit durch die Hölzer keine Uebertragung der Erschütterungskräfte stattfinden konnte.

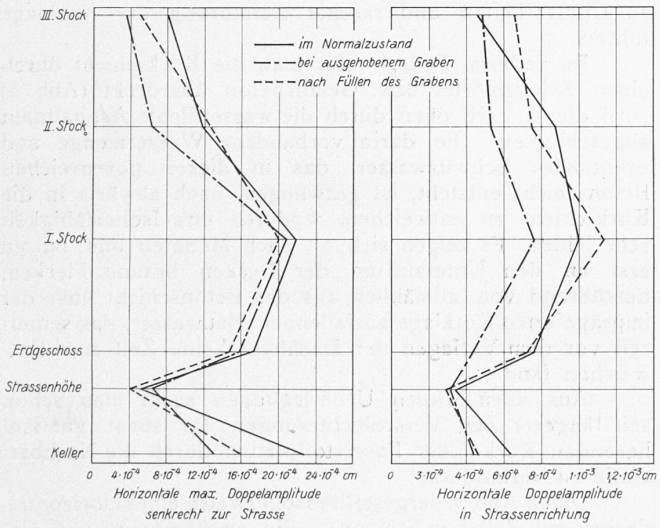
Anordnung und Abmessungen des Grabens sind aus Abb. 1 ersichtlich. Der Graben konnte nicht bis unter das Hausfundament vertieft werden, weil die Gründung des Baues sehr schlecht war.

Die dritte Mess-Serie fand nach Füllen des Grabens mit Beton-Schotter statt. Die Messpunkte waren wieder die gleichen, wie bei den ersten beiden Serien, sie sind in Abb. 1 eingetragen.

Bei der Auswertung der vom Askaniagerät gelieferten Schwingungsbilder für die Messpunkte 1 bis 7 ist von den Maximalamplituden an jeder Messtelle ein Mittelwert gebildet, da die Einzelwerte infolge der sich zeitweilig etwas ändernden Stossbeanspruchung der Strasse stärker streuten. In den Abb. 2 bis 4 sind die Mittelwerte der grössten Schwingungsamplituden in den einzelnen Stockwerken in den drei Schwingungsrichtungen aufgetragen.

Man erkennt eindeutig, dass der ausgehobene leere Graben guten Schwingungsschutz bietet: Die Erschütterungsamplituden sind für die vertikale Komponente im Durchschnitt auf die Hälfte des Normalwertes zurückgegangen. Das Auffüllen des Grabens mit Schotter brachte wieder eine bedeutende Verschlechterung, die Erschütterungen haben fast den Wert wie bei nichtausgehobenem Graben.

Ein wirksamer Schwingungsschutz von Bauwerken durch Gräben kann durchgeführt werden. Es sind dabei folgende Gesichtspunkte zu beachten. Der Graben muss umso tiefer unter die Hausfundamente gehen, je breiter sie sind. Gräben, die nicht bis mindestens auf die Tiefe der Hausfundamente geführt sind, bleiben wirkungslos. Die Stützmauern der Seitenwände sind am besten freitragend aufzumauern, insbesondere ist eine Verbindung der Aussenmauer mit dem Hausfundament zu vermeiden. In der Praxis sind die Bedingungen nicht immer zu erfüllen. Schwierigkeiten macht die Gründung und Sicherung der Aussenmauer des Grabens, sowie bei grösserer Tiefe die Entwässerung.



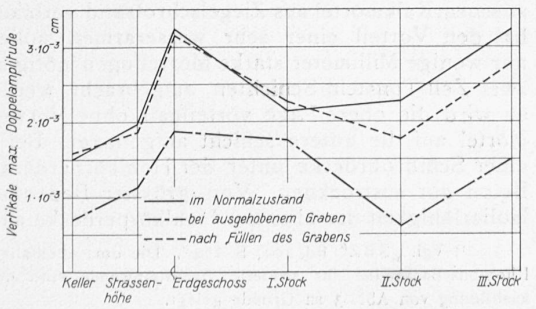


Abb. 2 bis 4. Einfluss des Grabens auf die Erschütterungs-Schwingungen.

Flachdächer ohne Gefälle.

Von Ing. R. MAILLART, Zürich.

Es ist üblich, Flachdächern nach aussen oder innen ein Gefälle von 1 bis 5 % zu geben. Der Belag bestand, wenn wir vom Blech absehen, früher meist aus Holzzement; heute werden zur Dichtung der Dachfläche asphalt- und bitumenhaltige Stoffe benützt. Die Dauerhaftigkeit solcher Beläge ist meist begrenzt infolge der Verflüchtigung gerade derjenigen Bestandteile des Dichtungsmittels, die dessen Elastizität oder Plastizität und damit eben die Dichtigkeit gewährleisten; starke Erhitzung und vor allem Austrocknung setzen die Dauerhaftigkeit dieser Beläge herab. Um die Sonnenbestrahlung abzuhalten, werden deshalb oft Schutzschichten aus Kies, Leichtbeton oder Betonplatten vorgesehen, die indes ihres Gewichtes wegen neuerdings auf ein Minimum beschränkt werden.

Da als bestes Mittel zur Hintanhaltung der Ausdünstung *ständige Feuchthaltung* des Belages erscheint, habe ich von jeher vorgeschlagen, Flachdächer *ohne* Gefälle auszuführen und die Ueberläufe für das Regenwasser derart anzuordnen, dass auf dem Dache Wasser ständig stehen bleibt, sei es in einem stark porösen Schutzbelag, oder auch ohne solchen, wenn eine Begehbarkeit des Daches nicht in Frage kommt. Nach längerer Trockenperiode wird zwar das auf dem Dach verbleibende Wasser verdunsten, auch kann es sich bei längerer Stagnation schon vorher unangenehm bemerkbar machen. Dem kann aber durch künstliche Bewässerung leicht abgeholfen werden. Man kann umsoeher darauf rechnen, dass diese nicht unterlassen wird, als die Insassen des Dachraumes im Sommer das grösste Interesse an einem gut gekühlten Dach haben. Diese nur hie und da nötige künstliche Bewässerung ist effektvoller als oft wiederholte Besprengung einer im Gefälle ausgeführten Dachfläche, was nur auf ganz kurze Zeit wirksam ist. Noch besser wäre natürlich während einer solchen Hitzeperiode ein ganz geringer, jedoch dauernder Wasserzufluss, der die verdunstete Wassermenge ständig ersetzt oder auch mehr oder weniger übersteigt, wenn dieser Aufwand für intensivere Abkühlung des Dachraumes gerechtfertigt erscheint.

Der Widerstand, den die meisten Architekten diesem Gedanken entgegensetzten, liess es nur zu ganz wenigen Ausführungen kommen.

Im Jahre 1905 habe ich ein Dach nach Abb. 1 ausgeführt; die Tragkonstruktion ist für die uns interessierende Frage unwesentlich, es könnte Holz, Eisen oder Eisenbeton zur Anwendung kommen. Im vorliegenden Falle besteht sie aus Eisenbetonbalken, mit dazwischen gespannten flachen Gewölben aus Hohlsteinen; die Zwickel wurden mit Schlackenbeton ausgefüllt und die Fläche mit einer dünnen Mörtelschicht abgeglichen. Diese Bauart ist gut isolierend, kommt aber wegen einer gewissen Umständlichkeit bei den heutigen Lohnverhältnissen kaum mehr in Frage. Der Holzzementbelag erhielt eine Schutzschicht aus stark porösem Schlackenbeton, die auf den Dachgesimsen durch Formstücke aus Kiesbeton ersetzt ist. Die Ueberläufe sind aussen angebracht, da Innenabfluss hier nicht anging.

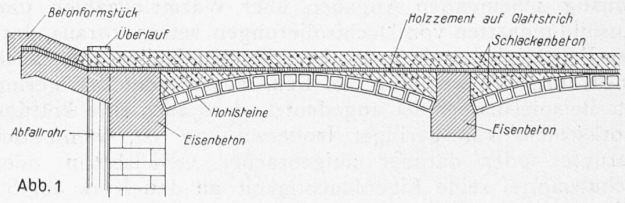


Abb. 1

Eine Besichtigung in jüngster Zeit liess infolge des im Laufe der Jahre angesammelten Staubes auf dem Dach einige Vegetation erkennen. Im Uebrigen erklärte der Bauherr, dass während der 30 Jahre des Bestandes das Dach niemals undicht war und auch zu keinen Reparaturen Anlass gegeben habe. Nebenbei ist bemerkenswert, dass

die Schutzschicht aus Schlackenbeton dem Frost standgehalten hat, erneut beweisend, dass stark poröse, wenn auch wenig feste Körper in dieser Beziehung grössere Gewähr bieten, als festere mit feinen Poren.

Ebenfalls vor etwa 30 Jahren erfolgte die Ausführung eines Daches nach Abb. 2. Der Architekt konnte zwar zum

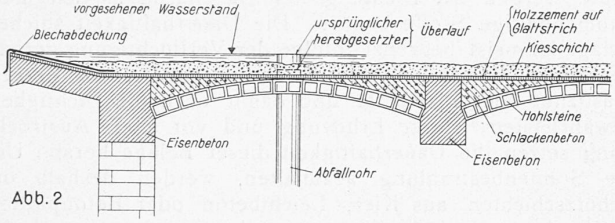


Abb. 2

Verzicht auf das Gefälle bewogen werden, lehnte aber die Abdeckung des Gesimses mit Betonformstücken, sowie die Schutzschicht aus Schlackenbeton ab und führte Blechabdeckung des Gesimses und Kiesbelag aus. Nach einer Reihe von Jahren zeigte sich beim Anschluss des Daches an die Aussenmauern starke Feuchtigkeit. Die Untersuchung ergab, dass unter dem trockenliegenden, etwas schadhaften Blech die Dachhaut (Holzzement) spröde, „verbrannt" war; die inneren Teile dagegen waren tadellos erhalten. Ueber dem Gesimse musste am ganzen Umfang die Dachhaut erneuert werden. Die Zerstörung der Ränder des Holzzementbelages war zweifellos dadurch beschleunigt worden, dass der Bauherr behufs bequemerer Begehbarkeit die Ueberlaufkanten herabsetzen liess, wodurch der Wasserstand allzusehr sank und die flachen „Uferzonen" trocken gelegt wurden. Die später gewünschte ständige Begehbarkeit hätte nicht auf diese Weise erzielt werden sollen, sondern etwa durch lose aufgelegte Platten mit genügend breiten Zwischenräumen, um die Versickerung des überschüssigen Wassers zu ermöglichen.

Aus diesen Erfahrungen kann geschlossen werden, dass ein in richtiger Art ohne Gefälle ausgeführtes Dach sehr gute Gewähr für dauernde Wasserdichtigkeit bietet. Dazu kommt der Vorteil der einfachen Ausführung einer gefällslosen Tragkonstruktion, oder, wenn diese ohnehin gefällslos ausgeführt wird, der Wegfall des unnütz belastenden und die Anlage verteuernden Gefällsbeton. Ebenso ergibt sich die aus Schönheitsgründen erwünschte horizontale Bekrönung der Baute ohne weiteres.

Das Flachdach und seine Isolierung.

Von Dipl. Ing. A. WICKART, Zürich.

Zur einwandfreien Ausbildung eines Flachdaches gehört ausser einer volumenbeständigen und möglichst wenig deformierbaren Tragkonstruktion auch die materialtechnisch vollwertige Isolierung gegen Temperaturdifferenzen, Schall und Wasser. Dabei ist die Reihenfolge und die Anordnungsweise der isolierenden Bauelemente von grosser Bedeutung für den Wirkungsgrad der Gesamtisolierung, für ihre Lebensdauer und eine vollkommene Wirkung sofort nach Bauvollendung.

Die durch Materiallieferanten zur Verfügung gestellten, günstig scheinenden Angaben über Wärmeleitzahlen und Ausbildungsarten von Dachisolierungen setzen voraus, dass der Feuchtigkeitsgehalt der betreffenden Isolierstoffe, auch nach ihrer Verwendung am Bau, ausserordentlich gering ist. Beispielshalber sei angedeutet, dass auch eine kräftige Korkschicht von geringer Isolierwirkung ist, wenn der darunter oder darüber aufgebrachte Gefällsbeton oder Schutzmörtel seine Eigenfeuchtigkeit an den Kork abgibt. Mit der Austrocknung der Isoliermaterialien nimmt ihr Wärmeleitvermögen ab, sofern sie durch die Austrocknung nicht rissig werden. Dies führt dazu, nur trocken aufzubringende Baustoffe zur Isolierung zu verwenden.

Die nur wenige cm starken, theoretisch gut isolierenden Platten aus Kork- oder Faserstoffen haben in der Regel ein geringes Wärmespeicherungsvermögen. Die relativ dünne Isoliermasse ist trotz ihrer guten isolierenden Eigenschaften nicht im Stande, bei längerer Dauer von Kälte oder Wärme, einem Kalt- oder Heisswerden zu trotzen. Eine grössere Masse auch weniger gut isolierender Materialien benötigt längere Zeit, um im Winter abgekühlt oder im Sommer durchwärmt zu werden. Das Speicherungsvermögen einer kräftig dimensionierten Isolierung hat den Vorteil, dass die eigentliche Tragkonstruktion unter rasch wechselnden Temperaturänderungen weniger zu leiden hat. Ausserdem hat die Farbe des Daches grossen Einfluss auf seine Erwärmung bzw. Abkühlung. Durch Wahl einer hellen Dachdraufsicht kann dafür gesorgt werden, dass sich die oberste, den Sonnenstrahlen ausgesetzte Schicht, weniger erwärmt und deshalb nicht so stark ausdehnt, als dass dadurch die Haftspannungen zwischen dieser und der darunter liegenden Schicht gelöst würden. Denn sobald in den Isolierschichten durch verschiedene Ausdehnung Risse und Hohlräume entstehen, sind Schweisserscheinungen bei plötzlichen Abkühlungen und dadurch bedingte Durchfeuchtung der Isoliermasse mit ihren nachteiligen Folgen nicht zu vermeiden. Auch aus diesen Ueberlegungen geht hervor, dass eine kräftige Ueberdeckung der Asphaltschicht als Schutzmasse gegen Temperatureinflüsse grosse Bedeutung besitzt.

Beim begehbaren wie beim nicht begehbaren Flachdache steht man bei Verwendung von Kork- oder Faserstoff-Isolierplatten immer vor der Frage, ob diese zu oberst liegen sollen ohne Ueberdeckung durch eine lastverteilende Schutzschicht, oder ob es zweckmässiger ist, den nass aufgebrachten Gefällsbeton über der Isoliermasse anzuordnen. Beide Lösungsarten besitzen gewisse Nachteile.

Sobald die Korklage direkt unter der Asphalt-Dachhaut liegt (Abb. 1), besteht die Gefahr von Schweisserscheinungen, sowie die Gefahr, dass die Dachhaut auf weicher Unterlage während des Baues oder später verletzt wird. Eine so entstandene undichte Stelle ist fast nicht auffindbar. Ferner bestehen Schwierigkeiten in der Befestigung der Stirn- und Einlaufbleche. Die Isolierplatten müssen durch Dübel oder Steinschrauben unterbrochen werden, was ihrer Isolierwirkung erheblichen Abbruch tut. Materialfehler in der Asphaltisolierhaut (Aufbringen bei kalter Witterung) können zu Undichtheiten und rascher Zerstörung der Korklage führen.

Im anderen Falle, wenn man die Korkschicht durch einen Schutzmörtel bzw. Gefällsbeton überdeckt (Abb. 2) wird dieser nach oben durch die wasserdichte Asphalthaut abgeschlossen. Die darin vorhandene Wassermenge und eventuelles Schwitzwasser, das in dieser porenreichen Betonschicht entsteht, ist gezwungen, nach abwärts in die Korkschicht zu entweichen, wodurch ihre Isolierfähigkeit sehr leidet. Es zeigen sich oft nach Monaten und Jahren erst an den Untersichten der Decken braune Flecken, herrührend von allmählich aus der Betonschicht über der imprägnierten Korklage ausfallendem Bauwasser, das seinerzeit vor dem Verlegen der Dachhaut keine Zeit zum Entweichen fand.

Aus allen diesen Ueberlegungen sucht man schon seit längerer Zeit Verschlechterungen der sonst gut isolierenden Kork- oder Faserstoffplatten durch die Nachbarstoffe zu verhindern.

Die in Abb. 3 dargestellte Isolierweise eines Horizontaldaches mit Zell-Ton-Steinen[1]), die zweckmässig mit plastischem Kalkmörtel aus Ziegelschrotsand vermauert werden, hat den Vorteil einer sehr wasserarmen Isoliermasse, da nur wenige Millimeter starke Mörtelfugen nötig sind. Wenn zwei Zell-Tonstein-Schichten aufgebracht werden können, so wird die obere Lage vorteilhaft ohne Verwendung von Mörtel auf die untere Schicht aufgenagelt. Bei Anordnung einer Schilfrohrdecke unter der Hohlkörperdecke kann der Beton gut austrocknen. Von grösster Bedeutung für die Isolierfähigkeit der über der Hohlkörperdecke aufgebrachten

[1]) Vgl. „SBZ" Bd. 104, S. 174*. Die dort ebenfalls besprochenen Rhombus-Backsteine für armierte Backsteinwände sind der Tragmauerausbildung von Abb. 3 zu Grunde gelegt.