

TBE Richtlinien für Ziegeldecken

(TBE Recommendations for Clay Block Floors)

TBE-GEMEINSCHAFTSARBEIT

Berichter: M. JEGOROW

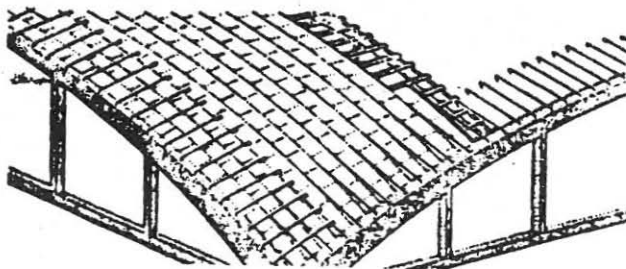
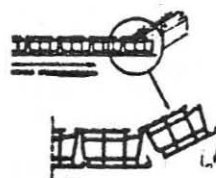
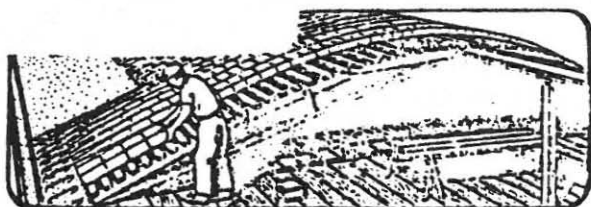
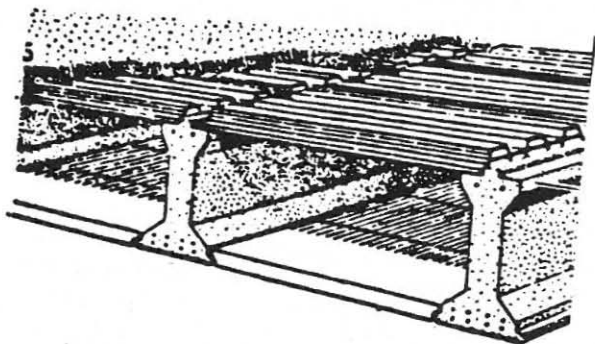
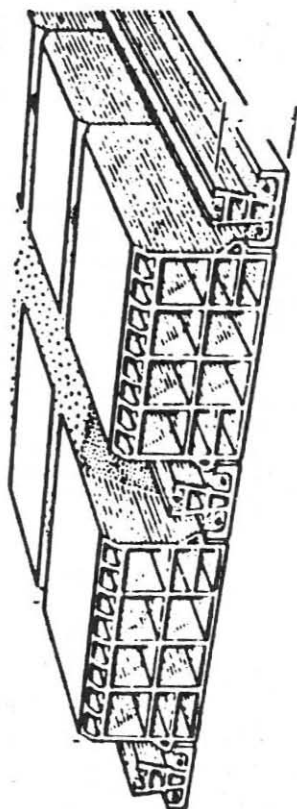
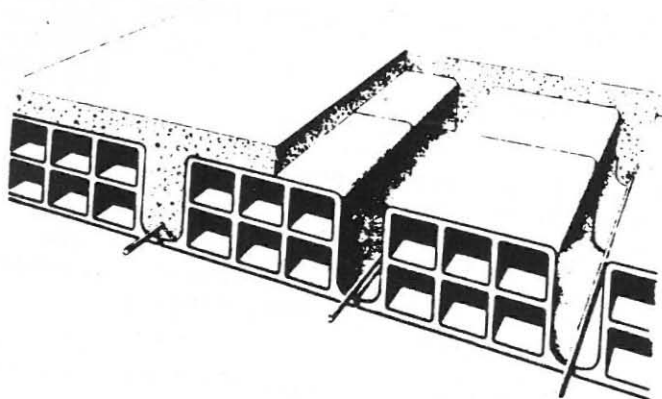
Bautechnisches Institut, Linz-Austria

Kurzfassung: TBE - der Europäische Verband der Ziegelindustrien versucht nationale Unterschiede in der konstruktiven Behandlung von Ziegeldecken durch eine Richtlinie auszugleichen, vor allem geht es um die einheitliche, rechnerische Berücksichtigung des Ziegels als Teil von Verbundtragwerken. Die nachfolgend vorgestellte Richtlinie entstand unter direkter Mitarbeit von Belgien, Großbritannien, Italien und Österreich.

Abstract: TBE - the European Federation of Brick and Tile Industries started a cooperative work to produce an International Recommendation intending to reduce differences in the structural design of clay block floors. Above all a guideline shall be given how to consider the clay blocks as an interacting part of a composite structure. This Recommendation was drafted by a working party from Austria, Belgium, Great Britain and Italy.

1. Übliche Arten von Ziegeldecken

Unter Einbeziehung räumlicher Tragwerke kann man 5 Hauptgruppen von Ziegeldecken unterscheiden. Zunächst die Decken, bei denen die Ziegelhohlkörper so geformt sind, daß sie von Auflager zu Auflager verlaufende Rippen bilden, die gemeinsam mit etwaigem Aufbeton nach Einlegen von Stahlbewehrung ausbetoniert werden. Bei dieser Gruppe gibt es auch zwei vorgefertigte Varianten, wobei eine davon eine vorgespannte Ausführung ist. Die nächste Gruppe sind Decken, die aus vorgefertigten Zuggurten und zwischen diesen eingehängten Ziegelhohlkörpern bestehen. Diese Rohdecke wird durch Einbringen von Beton zwischen, bzw. zwischen und über den Ziegelhohlkörpern zu einem Verbundtragwerk ergänzt. Der Zuggurt besteht gewöhnlich aus Ziegelschalen, oder Platten und Beton. Er enthält die Biegezugbewehrung und falls erforderlich, die Schubbewehrung. Auch hier kennt man sowohl schlaff bewehrte als auch vorgespannte Ausführungen. Die dritte Gruppe unterscheidet sich von der zweitgenannten dadurch, daß der vorgefertigte Teil ein biegesteifer Stahlbeton-, bzw. Spannbetonträger ist. Die vierte Gruppe von Ziegeldecken ist vor allem in den Niederlanden verbreitet. Es sind dies Decken, die aus bewehrten Hohlziegel-Plattenstreifen bestehen, wobei diese Plattenstreifen wie eine Wand vertikal aufgemauert werden und dabei in die "Lagerfugen" die Bewehrung eingelegt wird. Nach Erhärten des Fugemörtels werden die Plattenstreifen gekippt und in horizontaler Lage eingebaut. Die als Ingenieurbauwerke interessanteste Gruppe sind die bereits erwähnten und in Italien entwickelten räumlichen Tragwerke, wie zum Beispiel Schalentragwerke unter Verwendung von Hohlziegeln. Sie werden in einem gesonderten Kapitel eingehender behandelt.



2. Konstruktiver Entwurf

Um eine sinnvolle Berechnung und konstruktive Durchbildung von Ziegeldecken nach den Regeln für Stahlbeton-, bzw. Spannbetontragwerke zu ermöglichen, mußten die beiden folgenden Hauptfragen geregelt werden:

- Abmessungen
- Mitwirkung der Füllziegel bei der Aufnahme von Biegemomenten und Querkräften

Über den Füllziegeln eingebrachter Beton (Aufbeton) muß im allgemeinen mindestens 20 mm dick sein. Druckzonenziegel, die für Decken ohne Aufbeton Verwendung finden, müssen so gestaltet sein, daß sie in einem Bereich, der mindestens 1/5 der Deckenhöhe ausmacht (bis zu 50 mm), Druckspannungen zwischen den Füllziegeln zuverlässig übertragen können.

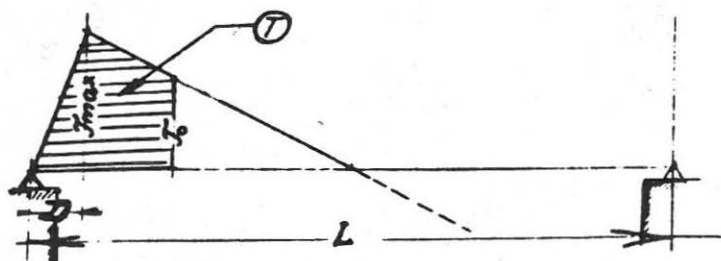
Richtwerte für das höchstzulässige Größtkorn des Zuschlagstoffes bei bestimmten Betonabmessungen gibt die folgende Tabelle, außerdem muß bei Ortbetonrippen der kleinste Abstand zwischen Bewehrung und Ziegelschale stets kleiner gewählt werden, als das Größtkorn des Zuschlagstoffes.

kleinste Betonabmessung	höchstzulässiges Größtkorn des Zuschlagstoffes
mm	
bis 20	5
30	10
40	16
über 80	32

Der Rippenachsabstand soll 800 mm nicht überschreiten. Die Mindestbreite bewehrter Ortbetonrippen ist 1/10 des Rippenachsabstandes und die Höhe von Ortbetonrippen soll nicht größer als das Vierfache ihrer Breite sein.

Eine Mitwirkung der Füllziegel gilt als gesichert, wenn die charakteristische Druckfestigkeit des Ziegelscherbens größer oder gleich jener des Betons, jedoch nicht kleiner als 15 N/mm² ist.

Beim Nachweis der Aufnahme von Biegedruckspannungen dürfen zum Aufbeton bis zu 10 mm addiert werden. Beim Schubspannungsnachweis dürfen im allgemeinen bis zu 20 mm zur Betonbreite der Stege addiert werden. Bis zu einer rechnerischen Schubspannung τ_0 , die in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit des Rippenbetons der folgenden Tabelle zu entnehmen ist, sind keine Bügel erforderlich. Im Bereich größerer Schubspannungen, d.h. zwischen den Werten τ_0 und τ_{\max} ist die gesamte Schubkraft durch Bügel aufzunehmen - die folgende Skizze zeigt das Berechnungsschema.



- D gesamtte Deckenhöhe
 L Spannweite
 T aus obiger Annahme über die Verteilung der Schubspannungen
 berechnete Schubkraft, die durch Schubbewehrung aufzunehmen
 ist

Betondruckfestigkeit		zulässige Schubspannung	
charakteristische Würfeldruckfestigkeit z.B. B D GB I	mittlere Würfeldruckfestigkeit z.B. A	τ_o	τ_{max}
N/mm ²			
15	19,2	0,40	$3 \times \tau_o$
18,8	22,5	0,40	
20	24,0	0,47	
25	30	0,53	
30	38,4	0,60	
35	40	0,60	

2.1 Durchbiegungen

Bei Ziegeldecken sind größere Schlankheiten (L/D) als bei gleichartigen Stahlbetontragwerken zulässig, weil die Mitwirkung der Füllziegel auch auf die Schwind- und Kriechverformungen des Betons einen günstigen Einfluß ausübt. Für Schlankheiten

$$25 < L/D < 35$$

darf angenommen werden, daß die Langzeitdurchbiegung gleich groß wie der elastische Anteil der Durchbiegung unter voller Gebrauchslast ist, d.h. daß nach einem Zeitraum von etwa 3 Jahren mit einer Gesamtdurchbiegung gleich dem doppelten Wert des erwähnten Durchbiegungsanteiles gerechnet werden muß.

2.2 Querrippen

Wenn der Rippenachsabstand kleiner als 250 mm und die Verkehrslast der Decke nicht größer als 3500 N/m² sind, oder wenn die Stützweite kleiner als 3 m ist, sind keine Querrippen erforderlich. Querrippen müssen symmetrisch oben und unten armiert werden, diese Bewehrung ist aufgrund der Lasten, die durch die Querrippen zu verteilen sind, zu bemessen - sollte jedoch mindestens 20 % der auf einen Meter bezogenen Schnittgrößen des Deckentragwerkes entsprechen.

2.3 Vorspannung

Die Vorspannungsverluste sind als Folge der Mitwirkung der Ziegelschalen gering und können entweder bei hoher Vorspannung mit 15 % der Stahlspannung abgeschätzt, oder bei kleineren Vorspanngraden unter Vernachlässigung des Schwindens mit einer Endkriechzahl von $\frac{1}{2,0}$ berechnet werden.

Der Mindestdurchmesser von Spanndrähten ist 2,5 mm, bis einschließlich 3 mm Durchmesser ist glatter Draht zulässig.

2.4 Rißbildung

Vorgespannte Ziegeldecken sind unter Gebrauchslasten rissefrei. In der Zugzone anderer Ziegeldecken können Risse in den Stoßfugen der Ziegelteile entstehen. Etwaige Sekundärrisse im Beton unter der Ziegelschale haben keine nachteilige Wirkung auf das Langzeitverhalten. Die Rißweite an der Tragwerksoberfläche darf bei Ziegeldecken größer sein als sie für Stahlbetontragwerke zulässig ist, denn die Ziegelschale bildet eine zusätzliche Schutzschicht gegen schädliche Umwelteinflüsse.

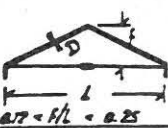
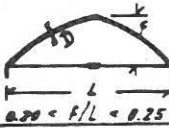
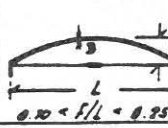
2.5 Räumliche Tragwerke

Füllziegel, die für derartige Tragwerke Verwendung finden, müssen in ihrem Querschnitt so isotrop wie möglich ausgebildet werden, denn die Druckspannungen können sowohl den oberen als auch den unteren Teil der Füllziegel beanspruchen und darüber hinaus auch rechtwinklig zur Erzeugungsrichtung des Füllziegels wirken. Ein Aufbeton allein ist ungünstig. Eine wirksame Verstärkung durch Beton ist nur möglich, wenn auch auf der Innenseite der Schale eine Betonschicht (z.B. Spritzbeton) aufgebracht wird.

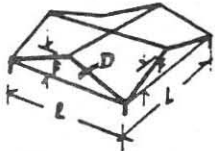
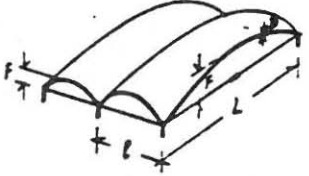
Überwiegend auf Biegung beanspruchte Schalentragwerke unterliegen folgenden Schlankheitsbeschränkungen:

- für kurze Spannweiten: $L/D < 35$
- für große Spannweiten: $L/D < 30$

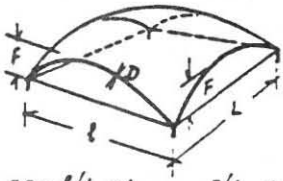
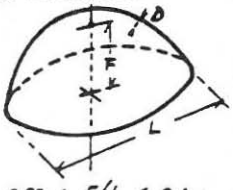
Für andere Tragwerksformen können die Angaben der folgenden Tabellen eine Hilfe beim Vorentwurf bilden.

Decken höhe [mm]			
D = 120	$L \leq 10 \text{ m}$	$L < 11 \text{ m}$	$L \leq 16 \text{ m}$
D = 160	$10 < L \leq 12 \text{ m}$	$11 < L < 12 \text{ m}$	$16 < L \leq 20 \text{ m}$
D = 200	$12 < L < 14 \text{ m}$	—	$20 < L \leq 25 \text{ m}$
D = 240	—	—	$25 < L \leq 30 \text{ m}$

Tragwerke mit doppelter Krümmung aus vorgefertigten Teilen

			
mm	$0.5 < l/L < 1$	$F/L = 0.2$	$l = 5-7 \text{ m}$ $f/L = 0.2$ $F/L = 0.10$
$D = 12+30$	$L \leq 25 \text{ m}$		$L \leq 25 \text{ m}$
$D = 16+30$	$25 \leq L \leq 40 \text{ m}$		$25 \leq L \leq 35 \text{ m}$
$D = 20+30$	$40 \leq L \leq 50 \text{ m}$		$35 \leq L \leq 50 \text{ m}$

Tragwerke mit doppelter Krümmung nur Bauausführung auf Schalung möglich

			
mm	$0.5 < l/L < 1$	$F/L = 0.1$	$0.25 < F/L \leq 0.1$
$D = 12+30$	$L \leq 25 \text{ m}$		$L \leq 25 \text{ m}$
$D = 16+30$	$25 \leq L \leq 40 \text{ m}$		$25 \leq L \leq 35 \text{ m}$
$D = 20+30$	$40 \leq L \leq 50 \text{ m}$		$35 \leq L \leq 60 \text{ m}$

3. Bauausführung

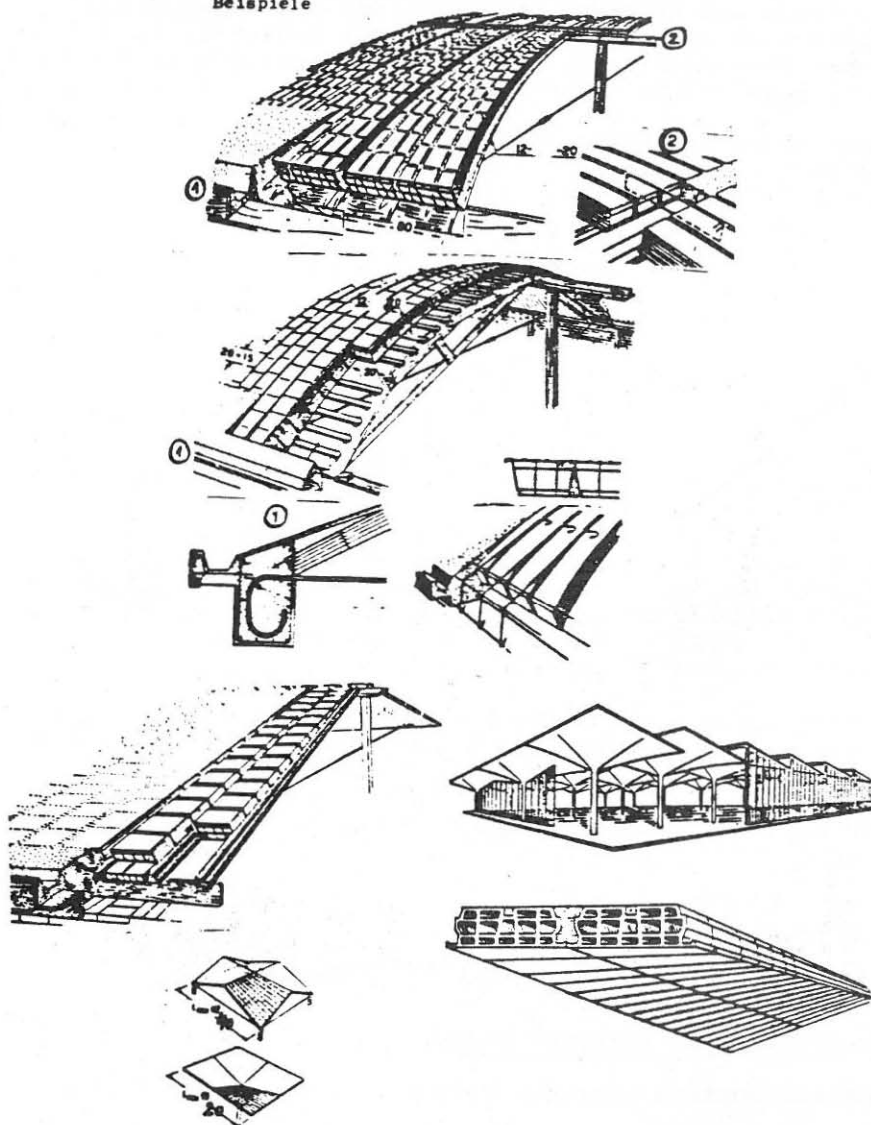
Dieses Kapitel wird aus Platzgründen wesentlich gekürzt wiedergegeben, insbesondere werden beim Kapitel Betonierung alle Punkte weggelassen, die allgemeinen Betonbau betreffen, und nur der Vollständigkeit halber in die Richtlinien aufgenommen wurden.

3.1 Sicherheitsfragen

Produzent und Bauausführender müssen produktspezifische Sicherheitsgesichtspunkte beachten, sowie entsprechende Anweisungen erarbeiten und zur Kenntnis bringen.

Das Heben von Fertigteilen darf nur an den dafür vorgesehenen Vorrichtungen (Tragösen) erfolgen. Es wird empfohlen, das Hebezeug im Werk mit einer Übersetzung auszustatten, so daß eine größere Kraft auf die Tragösen wirkt, als nachher am Bau (Prüfung aller Tragösen - aber auch die Prüfung der ganzen Fertigteile ist auf diese Art möglich). Beim Stapeln von Fertigteilen kann schlechter Untergrund zu einem Schiefstellen, verbunden mit Kippgefahr, führen. Im Winter dürfen Fertigteile weder mit Bodenfeuchtigkeit in Berührung kommen, noch Spritzwasser, insbesondere im Bereich von Fahrwegen, die mit Tausalz behandelt werden, ausgesetzt sein.

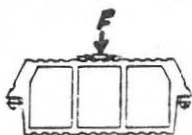
Beispiele



Schrumpffolienverpackung ist keine dauerhafte Transportsicherung.

Wo der Einbau der Decke auf Unterstellungen erfolgt, muß deren Abstand vom Produzenten festgelegt und dem Bauausführenden zur Kenntnis gebracht werden, welcher Sorge zu tragen hat, daß die Unterstellungen stabil und auf sicherem Untergrund (nicht auf Pfostenstücken oder auf gefrorenem Boden) eingebaut werden. Der Bauausführende muß außerdem bedenken, daß die Angaben des Produzenten sich nur auf statische Lasten beziehen, so daß im Falle dynamischer Wirkungen, z.B. Stöße und Schwingungen beim Einsatz von Pumpbeton, zusätzliche Vorkehrungen erforderlich sein können.

Füllziegel haben ausreichende Festigkeit, wenn ihre Bruchlast, unabhängig von ihrer Länge, größer als 1500 N ist. Die Belastungsanordnung bei dieser Prüfung zeigt die folgende Skizze.



3.2 Betonierung

Vor der Betonierung sind alle mit Beton in Berührung kommenden Flächen gründlich zu reinigen und zu nassen. Der Wassergehalt des Betons sollte höher als sonst üblich gewählt werden (der Ziegel entzieht dem Beton das Überschußwasser und speichert es). Fließbeton sollte nicht verwendet werden. Für den Betontransport auf der Decke sollten auf die Füllziegel Bohlen gelegt werden. Ein Schaden durch Austrocknen des frischen Betons ist bei Ziegeldecken weniger wahrscheinlich als bei normalen Betonbauten - der Ziegel wirkt als Feuchtespeicher.

Bei Betonierung im Winter müssen die Ausschallfristen verlängert werden. Wenn keine genaueren Untersuchungen durchgeführt werden, kann der Reifegrad des Betons rechnerisch abgeschätzt werden; es darf angenommen werden, daß der Beton seine planmäßige (28 Tage) Festigkeit erreicht hat, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$E(T_1 + 10) \geq 784$$

T_1 mittlere Tagestemperatur

4. Eigenschaften der fertigen Decke

Die folgenden Angaben sind als Unterstützung für den Planer gedacht.

4.1 Formbeständigkeit

In Betontragwerken ohne Ziegel können Schrumpfen des frischen Betons, Schwinden des abgebundenen Betons, Wärmedehnung und Kriechen unter Belastung Risse verursachen. Der Ziegelanteil des Deckentragwerkes beeinflusst diese Vorgänge in günstiger Weise. Die Kapillarität des Ziegelmaterials gewährleistet bessere Putzhaftung im Vergleich mit Beton.

4.2 Brandwiderstand

Unter Brandbeanspruchung weisen Ziegeldecken ein ähnlich günstiges Verhalten wie Stahlbetonvollplatten auf. Füllziegel entsprechender Form verhindern ein vorzeitiges Abplatzen der Betonstege und damit ein Schubversagen des Tragwerkes. Ziegelschichten dürfen, wenn durch entsprechende Formgebung die wirksame Haftung am Beton während des Brandes gewährleistet ist, einer Betonüberdeckung gleichgesetzt werden.

4.3 Wärmedämmung

Die Wärmedämmung von Ziegeldecken kann formal genauso berechnet werden wie die einer Platte. Bei Füllziegeln ohne horizontale Unterteilung der Luftkammern ist die Wärmeleitfähigkeit λ höchstens gleich 0,8 W/mK, bei Decken mit Füllziegeln mit einer oder mehreren horizontalen Unterteilungen ist die Wärmeleitfähigkeit λ höchstens 0,60 W/mK.

4.4 Schalldämmung

Die folgenden Korrelationsgleichungen erlauben eine Abschätzung des Luft- und Trittschallschutzes akustisch zumindest zweischaliger Decken, bei denen eine der Schalen eine Ziegelhohlkörperdecke ist. Der Gültigkeitsbereich ist $250 < M < 500 \text{ kg/m}^2$ für die Gesamtmasse der Decke.

Luftschallschutzindex

$$I_a = 0,0246 M + 47,4 \text{ (in dB)} \quad (1)$$

Trittschallschutzindex für harten Gehbelag

$$I_i = 69,0 - 0,0294 M \text{ (in dB)} \quad (2)$$

Trittschallschutzindex für weichen Gehbelag

$$I_i = 59,0 - 0,0294 M \text{ (in dB)} \quad (3)$$

4.5 Korrosionsschutz der Bewehrung

Kennt man die Diffusionswiderstandsfaktoren von Ziegelschale und Beton, so kann man die hinsichtlich Korrosionsschutz der Bewehrung gleichwertige Schichtdicke aus diesem Beton allein berechnen, doch für Praxiserfordernisse können Richtwerte der folgenden Tabelle entnommen werden, dabei bedeuten:

- c normgemäß erforderliche Überdeckung durch Beton allein
- d vorhandene Dicke der Ziegelschale

Mindest erforderliche Betondicke in mm \rightarrow damit zusammen mit einer Ziegeldicke "d" der Korrosionsschutz gleichwertig jenem durch "c" Beton allein erreicht wird

		Betonüberdeckung [mm]			
Ziegelschale [mm]	c \ d	10	20	30	40
	5	7	17	27	37
	10	5	14	24	34
	15	5	12	21	31
	20	5	10	19	28

\rightarrow Lineare Interpolation zulässig

Allerdings sollte der Zementgehalt des Betons mindestens 450 kg/m³ betragen, sofern der Abstand zwischen Armierung und Ziegelschale kleiner als 10 mm ist und ausnahmslos sollten mindestens 5 mm Beton rund um den Stahl vorhanden sein.

Schlußwort

Die zum Teil erheblichen Unterschiede, die zwischen den Bauvorschriften einzelner, ja sogar benachbarter, Länder bestehen, erschweren den grenzüberschreitenden Warenaustausch im Bereich der Bauprodukte in bedeutendem Ausmaß; sie sind jedoch weder technisch noch wirtschaftlich begründbar, sondern lediglich durch die Tatsache zu erklären, daß die Länder ihre Bauvorschriften schufen, als der Markt für ihre Bauprodukte noch mit ihrem Staatsgebiet übereinstimmte.

Internationale Richtlinien, technischen Inhalts, schaffen die Voraussetzungen für den Abbau dieser Art von Handelshemmnissen.

Die Arbeiten an der hier in gekürzter Form vorgestellten TBE-Richtlinie für Ziegeldecken sind noch nicht vollständig abgeschlossen, doch erschien die Präsentation der bisherigen Ergebnisse bei dieser Konferenz, im Hinblick auf die Gewinnung einer breiteren Diskussionsbasis, als gerechtfertigt.