

Vorgespannte und vorgefertigte Brücke in Leca-hade-Beton der Portlandzementwerk AG, Olten

Autor(en): **Desserich, Marcel / Baumann, Paul / Weiss, Robert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 11

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70620>

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.

sachte Trübung einer künstlich bestrahlten PVC-Klarsichtfolie, «eingefrorene» Spannungen in einem PVC-Installationsrohr und Spannungsspitzen im Bereich von Gefügestörungen in einem PE-Druckrohr.

Literaturverzeichnis

- [1] A. Schwittmann und H. Oberst: Gefüge-Untersuchungen von Kunststoffen, aus: R. Nitsche und K. A. Wolf, Kunststoffe, Bd. 2, praktische Kunststoffprüfung, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1961.
 [2] S. Wintergerst: Die Polarisationsoptik im Dienst der Untersuchung von Kunstharzteilen. «Kunststoffe» 43 (1953), H. 10, S. 415—417.

- [3] J. Voigt: Die Stabilisierung der Kunststoffe gegen Licht und Wärme. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1966.
 [4] H. Dorn und K. Egner: Dauerstandverhalten von grossformatigen Kunststoff-Dachplatten unter ungehemmtem Witterungseinfluss, 2. Teil, «Kunststoffe im Bau» 1967, H. 7, S. 75—82.
 [5] Badische Anilin- und Sodafabrik AG: Kunststoffphysik im Gespräch, 2. Auflage, Ludwigshafen 1968.

Adresse des Verfassers: J. Sell, Abt. für Holz und Kunststoffe der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA), 8600 Dübendorf, Überlandstrasse 129.

Vorgespannte und vorgefertigte Brücke in Leca hade-Beton der Portlandcementwerk AG, Olten

DK 624.21:666.974.3

Von Marcel Desserich und Paul Baumann, dipl. Bauingenieure ETH SIA, im Ingenieurbüro Desserich und Funk, Luzern, und Robert Weiss, dipl. Bauing. ETH SIA, Portlandcementwerk AG, Olten

1. Allgemeines

Im Januar 1967 wurde auf dem Areal der Portlandcementwerk AG, Olten, eine vorgespannte, vorgefertigte Verbindungsbrücke auf hohen Stützen zwischen zwei Fabrikationsabteilungen montiert. Die Brücke dient als Fussgängersteg und zur Aufnahme eines Stahlplattenbandes für den Klinkertransport der Zementfabrik. Die Betonträger von 22,30 m Länge wurden in Leichtbeton hergestellt und im Spannbett vorgespannt. Sie setzen einen Markstein in der Geschichte der Verwendung von Leca hade-Leichtbeton in der Schweiz (Leca ist die Abkürzung für «Light expanded clay aggregate», hade bedeutet hohe Druckfestigkeit).

2. Der Baustoff

2.1 Leca hade-Leichtbeton

Nachdem sich seit vielen Jahren der Leca-Leichtbaustoff¹⁾ seinen Platz als isolierendes und statisch beanspruchbares Material für vorgefertigte Elemente und Schüttbetonbauten (u.a. 14stöckige Hochhäuser, grosse Bauten in Sichtbeton usw.) auf dem schweizerischen Baustoffmarkt erobert hatte, wurde ein noch druckfesterer Leca-

¹⁾ Vgl. SBZ 1958, H. 39, S. 583; 1961, H. 9, S. 140 und H. 44, S. 761; 1966, H. 6, S. 125.

Tabelle 1. Heute in der Schweiz gebräuchliche Leca-Blähton-Qualitäten, Korngruppen und Raumgewichte ($\pm 10\%$ Gewichtstoleranz)

Korngruppe	Leca Raumgewicht	Leca hade Raumgewicht
Leca 0-3 mm	700 kg/m ³	
Leca 3-10 mm	380 kg/m ³	
Leca 10-20 mm	330 kg/m ³	
Leca hade 0-3 mm		850 kg/m ³
Leca hade 3-8 mm		800 kg/m ³
Leca hade 8-15 mm		750 kg/m ³

Blähton entwickelt und geprüft, das sogenannte Leca hade. Leca hade zeichnet sich gegenüber dem bisher gebräuchlichen Leca durch eine erhöhte Eigenfestigkeit der Körner und des damit hergestellten Betons aus. Leca hade entspricht damit den vom amerikanischen «Expanded Shale Clay and Slate Institute» aufgestellten Bedingungen. Es gelten somit auch die entsprechenden amerikanischen Materialdaten und Erfahrungswerte (Tabellen 1 bis 4).

2.2 Materialkennwerte für die Berechnung der Brückenträger

Im vorliegend beschriebenen Ausführungsbeispiel wurden die in den Tabellen 3 und 4 enthaltenen Material-Kennwerte in die statische Berechnung eingeführt. Sie beruhen auf Vorversuchen, ausgeführt an verschiedenen Materialprüfanstalten und im Labor der Portlandcementwerk AG, Olten, sowie auf den amerikanischen Versuchs- und Erfahrungswerten an gleichwertigen Blähtonen.

3. Planung

3.1 Einführung

Der vorgespannte Leca-hade-Beton stellt keine neuen statischen Probleme; hingegen müssen die Grundsätze der Berechnung dem neuen Baumaterial angepasst werden. Für die Berechnung mussten

Tabelle 2. Trockenraumgewichte und Würfeldruckfestigkeiten von Leichtbeton aus verschiedenen Leca-Qualitäten

Trockenraumgewicht des Leichtbeton	Leichtbeton mit Zuschlagstoff Leca		Leichtbeton mit Zuschlagstoff Leca hade	
	Zementgehalt	Würfeldruckfestigkeit	Zementgehalt	Würfeldruckfestigkeit
1000 kg/m ³	P 300	100 kg/cm ²	—	—
1500 kg/m ³	P 300	200 kg/cm ²	P 350	350 kg/cm ²
1700 kg/m ³	—	—	P 400	400 kg/cm ²

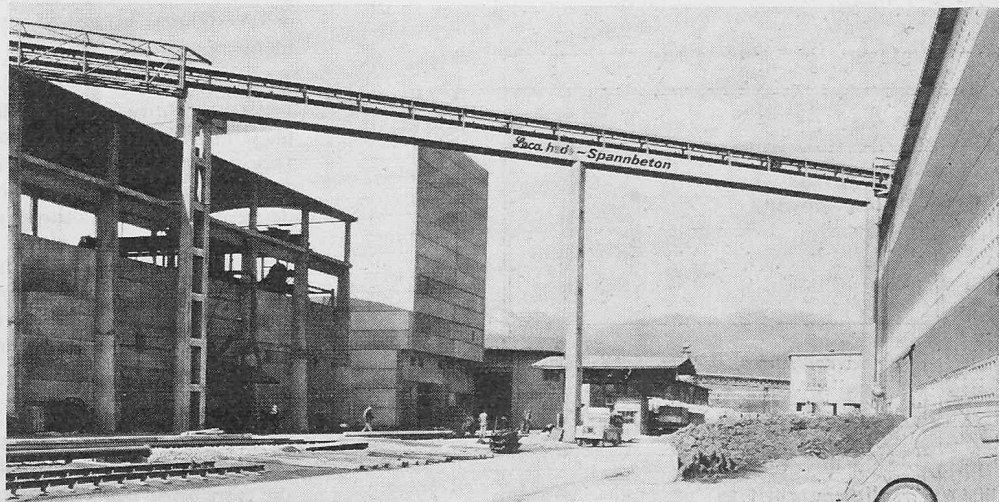


Bild 1. Die Transportband-Brücke aus Leca-hade-Spannbeton im Portlandcementwerk AG, Olten

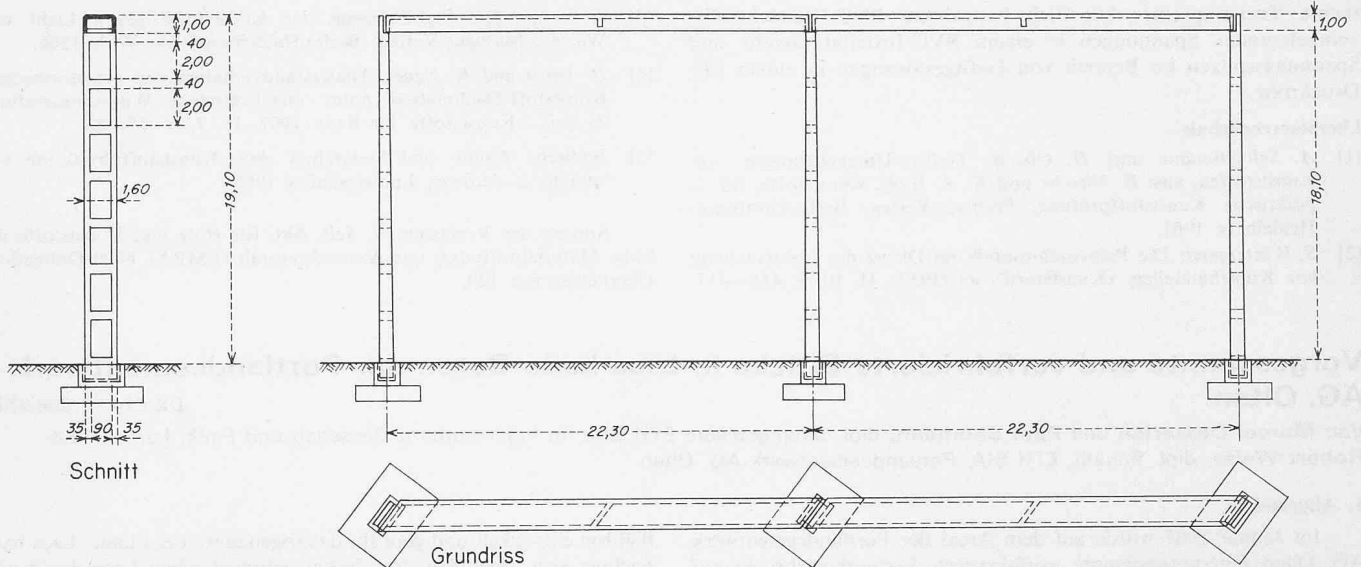


Bild 2. Grundriss und Schnitt 1:400

Tabelle 3. Materialkennwerte von Leca hade Beton (Vergleich zu hochwertigem Beton BH 400 in Klammern)

Raumgewicht	Frischzustand	$\gamma = 1850 \text{ kg/m}^3$ ($\sim 0,75 \cdot \gamma_{BH}$)
	Trockenzustand	$\gamma = 1700 \text{ kg/m}^3$ ($\sim 0,70 \cdot \gamma_{BH}$)
Würfeldruckfestigkeit nach 7 Tagen		$\beta_d = \text{min. } 280 \text{ kg/cm}^2$
	nach 28 Tagen	$\beta_d = \text{min. } 360 \text{ kg/cm}^2$ ($\sim 0,70 \cdot \beta_{dBH}$)
Zulässige Betonbeanspruchung	(Kantenpressung mit Bruchsicherheit $s = 3$)	
	$\sigma_{zul.}$ (28 Tage)	$= 120 \text{ kg/cm}^2$ ($\sim 0,80 \cdot \sigma_{BH}$)
Elastizitätsmodul	$E \sim 180000 \text{ kg/cm}^2$	($\sim 0,60 \cdot E_{BH}$)
Endschwindmass	$\epsilon_s \sim 0,0003-0,0004$	($\sim 1,3 \cdot \epsilon_{sBH}$)
Endkriechzahl	$\varphi \sim 3-2$	(wie φ_{BH})
Zuschlagstoffe	50 Vol. % Leca hade	8-15 mm
	30 Vol. % Leca hade	3-8 mm
Zementdosierung	HPC 400 kg/m^3	0-6 mm

Tabelle 4. Materialkennwerte der Armierung

Schläffe Armierung	Torstahl	42 m.D.
		$\sigma_{zul.} = 2200 \text{ kg/cm}^2$
Vorspanndrähte	\varnothing	$= 6 \text{ mm}$
	β_Z	$= 165 \text{ kg/mm}^2$
Beton-Überdeckung	min. 3 cm	

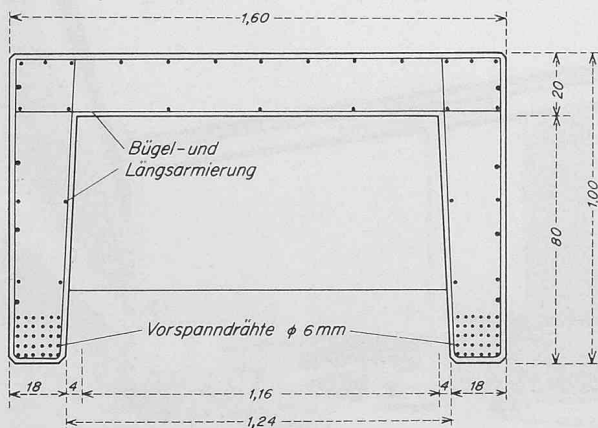


Bild 4. Trägerquerschnitt 1:25

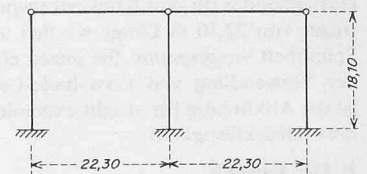


Bild 3. Statisches System

deshalb Grenzbereiche der Materialeigenschaften zugrunde gelegt und anhand von anschliessenden Messungen kontrolliert werden.

Durch das «Vorspannen» eines Baumaterials werden die berechneten Beanspruchungen schon beim Spannvorgang erreicht und nicht – wie bei schlaff bewehrten Betonteilen – erst unter voller Nutzlast. Es konnten deshalb schon während der Bauausführung infolge der Einflüsse der Vorspannkräfte als äussere Lasten wertvolle Hinweise auf die Materialeigenschaften des Leca-hade-Betons gewonnen werden. Die effektive Vorspannkraft muss in jedem Schnitt bekannt sein, wobei alle Einflüsse, wie zum Beispiel das Schwinden und Kriechen des Leca-hade-Betons, zu berücksichtigen sind.

Da der vorgespannte Beton an die Planung, die Bauausführung und die Baustoffe ganz besondere Anforderungen stellt, sollen in der Folge einige typische Probleme und Ergebnisse der Untersuchungen gezeigt werden.

3.2 Konstruktionsentwurf

Die Stützen und Träger bilden einen zweifeldrigen Rahmen mit je 22,30 m Stützweite, mit starrer Füsseinspannung der Stiele und gelenkartiger Lagerung der Träger (Bild 2). Die Stützen wurden als vertikale Vierendeel-Träger ausgebildet und auf der Baustelle in Eisenbeton liegend vorfabriziert. Die Träger besitzen eine nach unten geöffnete U-Form; sie wurden in Leca-hade-Beton im Werk (Spannbett-Verfahren) hergestellt, auf die Baustelle transportiert und dort montiert.

3.3 Statische Berechnung

Das richtige und wirtschaftliche Konstruieren setzt den Überblick über das innere Kräftespiel der einzelnen Tragteile voraus. Das gewählte statische System (Bild 3) erwies sich aufgrund mehrerer Varianten als das wirtschaftlichste, besonders unter Berücksichtigung der gegebenen Verhältnisse und der gewählten Montage-Bauweise (kurze Bauzeit).

Da sich die Neuerung in der Materialanwendung nur auf die Brücken-Träger bezieht, beschränken wir uns in der Folge auf die Darstellung derselben als vorfabrizierte und im Spannbett-Verfahren vorgespannte Leca-hade-Betonteile (Bild 4) mit folgenden Lasten:

$$\begin{aligned} \text{Eigengewicht} \quad g &= 1,1 \text{ t/m}' \quad (\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3) \\ \text{Nutzlast} \quad p &= 0,4 \text{ t/m}' \end{aligned}$$

Durch Variation der in Abschnitt 2 aufgeführten materialtechnischen Grundwerte wurden jene Kombinationen gesucht, welche die extremsten Beanspruchungen ergaben. Dabei waren die Längen-

änderungen infolge Schwinden und Kriechen von massgebender Bedeutung und wurden – entsprechend der Zementdosierung und den Vorversuchen – um rund 30% grösser angenommen als bei vergleichbarem Normalbeton (hochwertiger Beton BH 300).

Mit einem ermittelten maximalen Spannkraftverlust infolge Schwinden, Kriechen und Stahlrelaxation von total 29% ergab sich eine erforderliche Initialvorspannung V_0 des Trägers von 190 t. Diese Kraft wird durch 60 Vorspanndrähte \varnothing 6 mm aufgebracht, welche auf beide Schenkel der Träger in je 5 Lagen gleichmässig verteilt sind (Bild 4). Da die Stahldrähte gradlinig verlaufen und das Spannbett-Verfahren angewendet wurde, sind keine Umlenkkräfte oder Reibungsverluste zu berücksichtigen. In Feldmitte der Balken betragen die maximalen Randspannungen:

- Im unbelasteten Zustand unmittelbar nach dem Aufbringen der Vorspannkraft ($t = 0$): $\sigma_0 = + 7 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_u = + 69 \text{ kg/cm}^2$.
- Im belasteten Zustand nach Beendigung des Schwindens und des Kriechens ($t = \infty$): $\sigma_0 = + 31 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_u = 0 \text{ kg/cm}^2$.

Durch Abstufung der Wirksamkeit der Vorspanndrähte konnte in jedem Schnitt der Träger die Spannung dem Momentenverlauf angepasst werden. Die schrägen Hauptzugspannungen beim Auflager liegen innerhalb der tolerierbaren Grenzen. Die Träger weisen eine Bruchsicherheit von über 1,8 und eine Rissesicherheit von über 1,25 auf.

4. Versuchsergebnisse

Der Zweck der Messungen bestand darin, die für die statische Berechnung festgelegten Hypothesen, speziell hinsichtlich der Materialeigenschaften des Leca-hade-Betons, zu überprüfen. Die Messungen wurden teilweise im Herstellungswerk, teilweise am fertigen Bauwerk vorgenommen. Es ist selbstverständlich, dass diese Messungen nicht jene Genauigkeit besitzen, die Laboratoriums-Messungen aufweisen. Die Ergebnisse der ausgeführten Messungen erlauben jedoch trotzdem, einige wichtige Schlussfolgerungen zu ziehen.

4.1. Messergebnisse

Raumgewicht. Unter der Voraussetzung, dass das in Tabelle 3 angegebene Mischungsverhältnis vom Unternehmer in konstant gleichbleibender Zusammensetzung gewährleistet wird, beträgt das mittlere Raumgewicht des Leca-hade-Betons im Frischzustand $1,80 \text{ t/m}^3$, im Trockenzustand $1,75 \text{ t/m}^3$ (nach 28 Tagen).

Festigkeit. Die Festigkeitsentwicklung wurde aufgrund von Laboratoriums-Proben ermittelt. Die Mittelwerte der am Zentralschweizerischen Technikum in Luzern geprüften Würfeldruckfestigkeiten von 30 Würfeln $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ betragen nach:

4 Tagen	303 kg/cm ²	28 Tagen	420 kg/cm ² (erford. 360 kg/cm ²)
7 Tagen	390 kg/cm ²	60 Tagen	425 kg/cm ² s
16 Tagen	400 kg/cm ²	90 Tagen	437 kg/cm ²

Elastizitätsmodul. Um diesen bestimmen zu können, wurden die Deformationen des Trägers unmittelbar nach der Einleitung der Vorspannkraft gemessen (Bild 5). Es darf angenommen werden, dass sich in diesem Zeitpunkt noch keine Spannverluste infolge Schwinden und Kriechen des Betons eingestellt haben. Nach der Mohrschen Analogie kann der Elastizitätsmodul des Leca-hade-Betons aus der Biegelinie ermittelt werden. Auf den Träger wirken in diesem Zeitpunkt nur das Eigengewicht und die Vorspannkraft V_0 als äussere Kräfte. Für die Bestimmung des Eigengewichtes wurde das Raumgewicht des Frischzustandes ($1,85 \text{ t/m}^3$) zugrunde gelegt, weil der Träger erst 6 Tage alt und die Temperatur niedrig war und der Beton somit noch relativ viel Feuchtigkeit enthielt. Ausserdem führt eine leichte Überschätzung der tatsächlich vorhandenen Belastung zu einem kleineren und somit als Annahme eher sichereren Wert des E -Moduls.

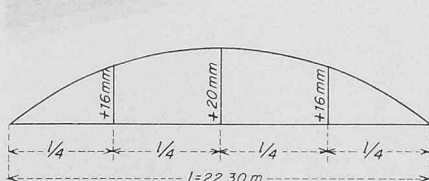


Bild 5. Biegelinie der Träger nach 6 Tagen

Für den verwendeten Leca-hade-Beton (LB 400) liess sich durch diese Versuche ein Elastizitätsmodul von $E_{LB} = 187000 \text{ kg/cm}^2$ ermitteln.

Verformung der Träger nach 1 Jahr. Die Deformationen der Träger werden regelmässig gemessen. In Bild 6 ist die Verformung der Träger am montierten Bauwerk unter Nutzlast $p = 0,3 \text{ t/m}^1$ dargestellt.

4.2 Schlussfolgerungen

Die erhaltenen Ergebnisse während der Herstellung, des Transportes und der Montage der Elemente erlauben den Schluss, dass die der Berechnung zugrunde gelegten Werte des Leca-hade-Betons annähernd den effektiven Verhältnissen entsprechen. Selbstverständlich muss die Bauausführung jeweils den getroffenen Berechnungsannahmen an Genauigkeit und Qualität entsprechen.

5. Wirtschaftlichkeit

Die Verwendung von Leca-hade-Beton für Bauwerke aller Art, insbesondere für Brückenbauten, ist dann technisch sinnvoll, wenn sich bei gleichem Qualitätsanspruch wirtschaftliche Vorteile ergeben.

Da das Eigengewicht des Leca-hade-Betons nur rund 70% desjenigen des Normalbetons beträgt, sind die Einsparungen an Spannstahlbedarf sowie die Einsparungen an den Stützen und Gründungen grösser als die Mehraufwendungen für den Spezialzuschlagstoff (Lecahade). Bei der Vorfabrikationsmethode haben zudem sehr oft

Tabelle 5. Materialkennwerte für Leca hade Beton mit Zementdosierung HPC 400 und Trockenraumgewicht 1700 kg/m^3 (1750 kg/m^3)

	Mess- ergebnisse an Brücken- trägern	Praktische Rechen- werte	Vergleich der Rechen- werte mit hoch- wertigem Beton	Ausländ. Vergleichs- werte (Mittel- werte)
Raumgewicht γ frisch kg/m^3	1800	1850	—	1700
lufttrocken nach 28 Tagen kg/m^3	1750	1700 (1750)	2450	1600– 1700
Würfeldruck- festigkeit β_a nach 7 Tagen kg/cm^2	390	300	400	280
28 Tagen kg/cm^2	420	360	500	360
Elastizitätsmodul Leca-hade-Beton E kg/cm^2	187000	170000	300000	170000
Endschwindmass $\epsilon_s \infty$ in ‰	—	0,3 bis 0,4	0,25 bis 0,35	max. $1,3 \cdot \epsilon_s$ von Normal- beton
Endkriechzahl $\varphi \infty$	—	3 bis 2	3,5 bis 1,5	wie Normal- beton

Tabelle 6. (zu Bild 6). Wetterbedingungen

Tag	Symbol	Zeit	Temp.	Rel. Luft- feucht.
5. 4. 67	—	10.30 h	+ 11 °	50 %
25. 3. 68	----	09.30 h	+ 15 °	80 %

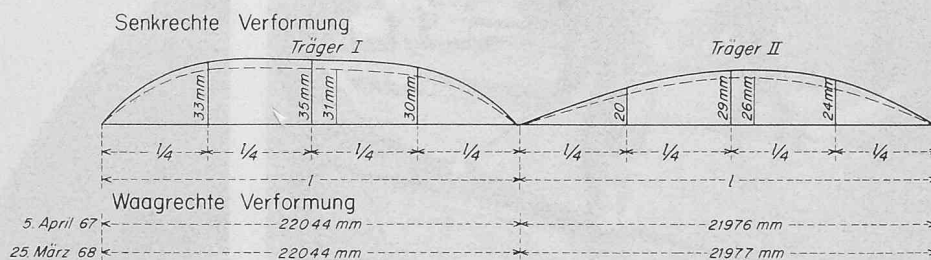


Bild 6. Verformung der Träger nach einem Jahr unter $p = 0,3 \text{ t/m}^1$ Nutzlast

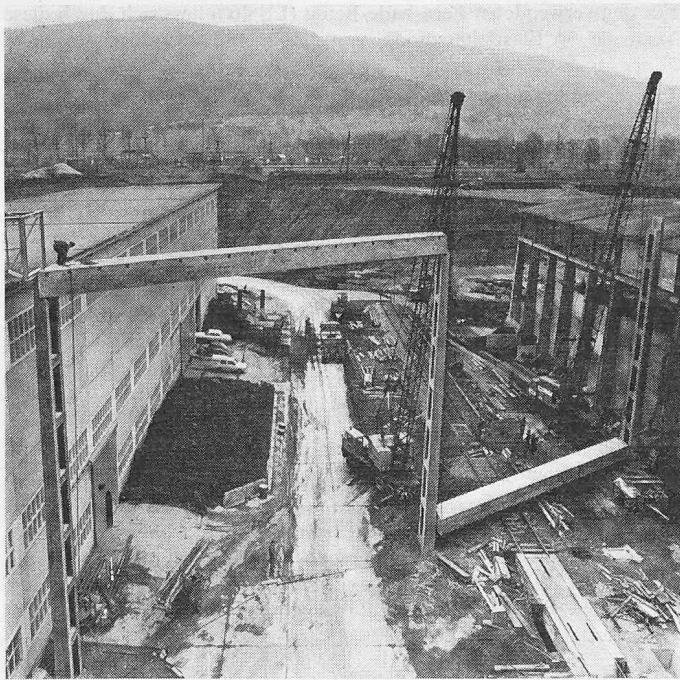


Bild 7. Montage der Träger

die Gewichte der Einzelstücke für Herstellung, Transport und Montage entscheidenden Einfluss auf die Baukosten.

Bei Ersatz des normalen Kiesbetons (BH 300) durch den in seinen Eigenschaften ähnlichen Leichtbeton höherer Festigkeiten können die Anwendungsbereiche des Betons in der Praxis erweitert oder seine Wirtschaftlichkeit gegenüber den jetzigen Ausführungen noch gesteigert werden. Dabei treten bei den höheren Betongütern

Kunststoffe im Strassenbau

Von Dipl.-Ing. Karlanton Bethäuser, Ludwigshafen am Rhein

Einleitung

Das ständig wiederkehrende Schlagwort von der «Kunststoffstrasse» hält einer genauen technischen Überprüfung nicht stand, denn bisher gibt es noch keine Verkehrsstrassen vollständig aus Kunststoff. Aber es ist eine Tatsache, dass immer mehr Kunststoffe in bestimmten Teilbereichen des Strassenbaus eingesetzt werden, wenn dadurch ein technischer oder ein wirtschaftlicher Vorteil erreicht werden kann.

Die Anforderungen an neuartige Kunststoffanwendungen auf diesem Einsatzgebiet sind zuweilen nicht gerade bescheiden. So wird beispielsweise für den Unterbau von Strassen eine möglichst

Bild 1. Schutz des Erdplanums mit Polyäthylen-Folien, die an den Rändern verklebt werden



(Leca-hade) die ingenieurmässigen Anwendungen (Gewichtersparnis) und bei den niedrigen Festigkeiten (Leca) die Anwendung im Wohnbau (Wärmedämmung) in den Vordergrund.

6. Zusammenfassung

Die Portlandcementwerk AG Olten stellte die Aufgabe, eine möglichst wirtschaftliche Lösung einer Brückenkonstruktion zu finden. Als mögliches Baumaterial stand neben den traditionellen Konstruktionsmaterialien der für die Vorspannung geeignete Leca-hade-Leichtbeton mit einem gegenüber Normalbeton rund 30% kleineren Raumgewicht zur Verfügung.

Erstmals wurde mit diesem Material in der Schweiz eine grössere vorgespannte und vorfabrizierte Element-Konstruktion geplant und ausgeführt. Auf Grund der Messergebnisse konnten zusätzliche Resultate und Erfahrungen für diesen Baustoff erhalten werden. Dem Ingenieur steht somit heute mit diesem Leichtbeton hoher Festigkeit ein weiterer hochwertiger Baustoff zur Verfügung.

Bei überwachter feldmässiger Herstellung des Leca-hade-Betons kann mit den in Tabelle 5 enthaltenen Werten gerechnet werden (bei fabrikmässig kontrollierter Herstellung lassen sich noch bedeutend günstigere Werte erreichen).

Die erhaltenen Messergebnisse und die Erfahrungen während der Herstellung, des Transportes und der Montage der Elemente (Bild 7) erlauben den Schluss, dass die der Berechnung zugrunde gelegten Werte für dieses Bauwerk in vorgespanntem Leca-hade-Beton praktisch den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen.

Die beschriebene Bandbrücke wird als Provisorium für etwa 5 Jahre in Betrieb stehen. Die vorgespannten Leichtbetonträger werden anschliessend für eingehende Ermüdungs- und Bruchversuche zur Verfügung stehen.

Die Berechnung der Brücke der Portlandcementwerk AG Olten erfolgte durch das Ingenieurbüro *Desserich & Funk*, Luzern. Die Herstellung, der Transport und die Montage wurden der Bauunternehmung *Gebr. Brun AG*, Emmenbrücke, übertragen.

Adressen: *Desserich & Funk*, Ingenieurbüro, 6000 Luzern, Matthofring 24. – *Portlandcementwerk AG*, 4600 Olten.

DK 679.56:625.7

wartungsfreie Betriebsdauer von mehreren Jahrzehnten angestrebt. Gemessen an solchen Forderungen sind die meisten heutigen Kunststoffanwendungen noch in einem Versuchsstadium, da selbst eine mehrjährige Bewährung im allgemeinen für eine solche langfristige Beurteilung nicht ausreichend ist. Aber der Zwang, neuere und höhere Anforderungen durch neuartige Entwicklungen zu erfüllen oder auch durch Rationalisierung den personellen und finanziellen Aufwand zu verringern, spornt doch immer wieder Bauherren, Unternehmer und Industriezweige dazu an, neue Wege zu suchen und zu gehen, auch und gerade im Strassenbau.

Bild 2. Dämmschicht aus blockgeschäumten Polystyrol-Hartschaumplatten mit umlaufendem Stufenfalz

