

**Zeitschrift:** Cementbulletin  
**Herausgeber:** Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)  
**Band:** 56-57 (1988-1989)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Mikrohohlkugeln  
**Autor:** B.M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-153720>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 26.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# CEMENTBULLETIN

MAI 1988

JAHRGANG 56

NUMMER 5

## Mikrohohlkugeln

Technische Daten. Dosierung und Beigabe zu Beton. Wirkung auf Festbeton. Vergleich zu LP-Mitteln. Anwendungsmöglichkeiten.

Mikrohohlkugeln sind kleine, luftgefüllte Blasen mit einer elastischen Hülle aus Kunststoff. Sie werden der Betonmischung zugegeben, um künstliche Luftporen einzuführen. Derart hergestellter Luftporenbeton weist eine erhöhte Beständigkeit bei Frost- und insbesondere bei Frost-Tausalz-Beanspruchung auf.

### Technische Daten der MHK

Mikrohohlkugeln, abgekürzt MHK, werden als medizinische Kapseln verwendet, können aber auch als Betonzusatzstoff fabriziert werden. Ihr Durchmesser wird in relativ engen Grenzen gehalten und liegt bei baupraktischer Anwendung zwischen 10 und 60  $\mu\text{m}$ , vgl. Abb. 1. Grössere oder kleinere Durchmesser sind im Zusammenhang mit der Betonherstellung wenig wirksam.

Die elastische Hülle steht unter einem inneren Luftdruck. Sie ist so dünn, dass sie im Festbeton durch die Ausdehnung des gefrierenden Porenwassers noch zusammengedrückt werden kann, muss andererseits so stark sein, dass sie beim Mischen des Betons nicht verletzt wird. Kugeln, die trotzdem platzen, hinterlassen Fetzen wie ein zerstörter Luftballon. Die Wandstärke der Hülle liegt im Mikrometerbereich (d. h. bei  $10^{-7}$  bis  $10^{-6}$  m).

Die Rohdichte der MHK ( $\rho_{\text{MHK}}$ ) ist gleich der Masse des Kunststoffs plus jener der eingeschlossenen Luft, geteilt durch die Summe der

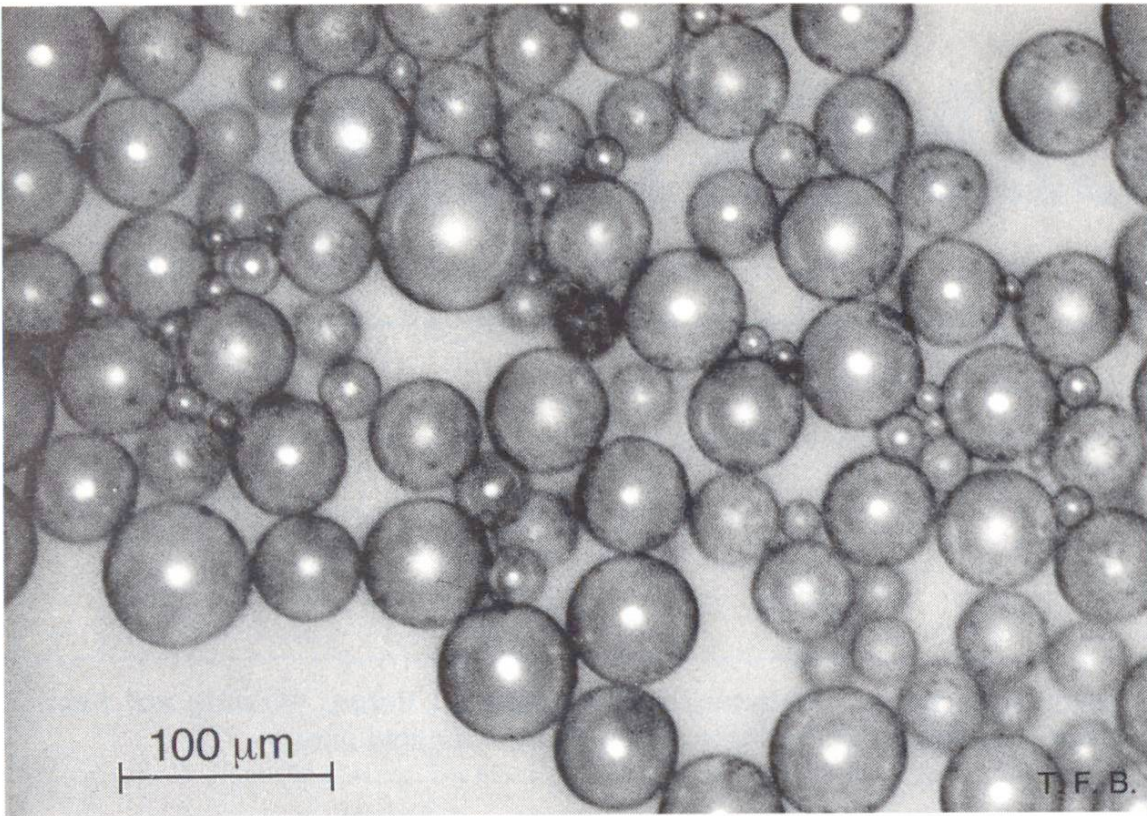
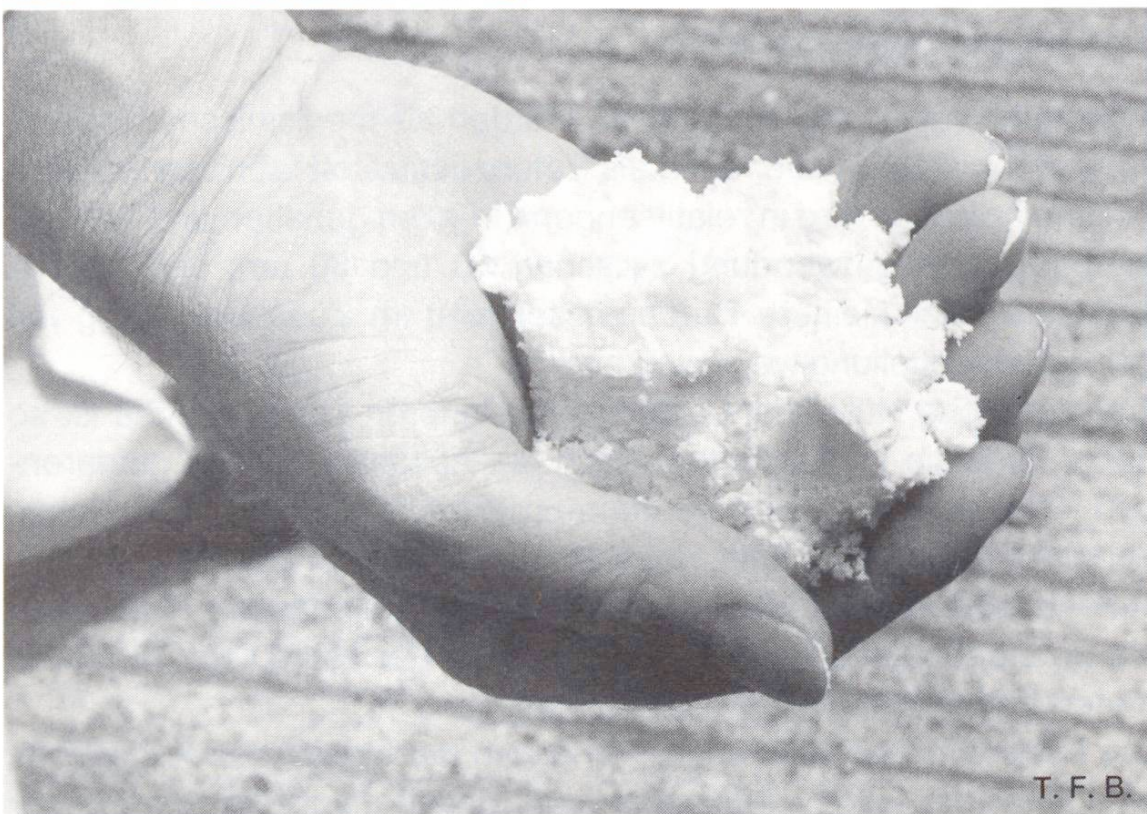


Abb. 1 Mikrohohlkugeln als Betonzusatz. Mikroskopische Aufnahme der MHK-Paste.

Abb. 2 MHK-Paste. Schüttdichte etwa 75 g/l.



### 3 Tabelle 1: Stoffraumrechnung für eine MHK-Paste

Teile	Massen-% %	Masse g	Rohdichte g/l	Volumen l
Wasser	90	900	1000	0,9
MHK inkl. eingeschlossene Luft	10	100	27	3,7
MHK-Paste	100	1000	217	4,6

Die Schüttdichte dieser Paste beträgt etwa 75 g/l.

Kugelvolumen. Sie wird vom Hersteller als Kennwert angegeben. Höhere Rohdichte bedeutet dickere Wandstärke oder kleinere Kugeln.

MHK können nicht trocken angeliefert werden. Sie sind federleicht und würden sich wie Flaum verhalten. Deshalb werden sie mit Wasser gemischt und als weisse Paste (Abb. 2) in Plastikbeutel verpackt. Handelsübliche MHK-Paste hat einen Wassergehalt von etwa 90%. In diesem Fall beträgt die Masse der MHK noch 10%, d.h. 100 g je kg Paste. Haben die Kugeln eine Trockenrohichte  $\rho_{\text{MHK}}$  von beispielsweise 27 g/l, so können mit 1 kg dieser Paste 3,7 l Hohlraum in den Beton eingeführt werden, vgl. Tab. 1.

MHK-Paste sollte gegen Austrocknung geschützt werden. Sie ist unbegrenzt haltbar, wird in Kunststoffbeuteln gestapelt und kann bei Temperaturen zwischen 0 und 70 °C verarbeitet werden. Trocknet die Paste während der Lagerung trotzdem aus, entsteht ein Untergewicht der Beutel. Die Paste selbst enthält aber immer noch die ursprüngliche Menge gekaufter Luft in kugelförmiger Verpackung.

#### Besonderheiten der Betonherstellung

*Dosierung der MHK:* Als Kennwert dient das erforderliche Porenvolumen je m<sup>3</sup> Festbeton, angegeben in Vol.-%. Wieviele MHK soll man dem Beton begeben? – Diese Frage kann nicht für sich alleine beantwortet werden. Sie hängt vom Zementgehalt und vom W/Z-Wert ab, diese Werte wiederum stehen in Beziehung zum angestrebten Ziel der Beständigkeit. Im Hinblick auf die Beanspruchung durch Frosttausalz sollte der W/Z-Wert ohnehin tief gehalten werden. Je tiefer der W/Z-Wert, desto geringer ist der Bedarf an künstlichem Porenvolumen. Man wird diese Zusammenhänge anhand von Vorversuchen ermitteln und kann dann die MHK-Paste direkt in

4 kg je m<sup>3</sup> Festbeton dosieren. Beispiel: Bei einem Zementgehalt von 300 bis 350 kg/m<sup>3</sup> und bei einem W/Z-Wert < 0,55 genügen 2 kg einer gegebenen MHK-Paste je m<sup>3</sup> Festbeton. Die MHK verhalten sich betontechnologisch wie ein Zuschlagstoff. Sie nehmen an den chemischen Reaktionen nicht teil und können mit anderen Beton-zusätzen beliebig kombiniert werden.

*Qualitätssicherung:* Bevor man MHK erstmals anwendet, sind Vorversuche mit Ermittlung der Festbetoneigenschaften unumgänglich. Sie geben Aufschluss über das Verhältnis «Dosierung zu Porenbildung am Festbeton» und sind die Grundlage des Betonrezepts. Bei der Frischbetonkontrolle während der Bauausführung genügt es dann zu überwachen, dass dieses Rezept auch eingehalten wird. Will man MHK im Frischbeton nachweisen, ist eine besondere Methode anzuwenden. Der Luftporentopf führt zu fehlerhaften Aussagen, da die so ermittelte Gesamtluftmenge nicht als Massstab verwendet werden kann.

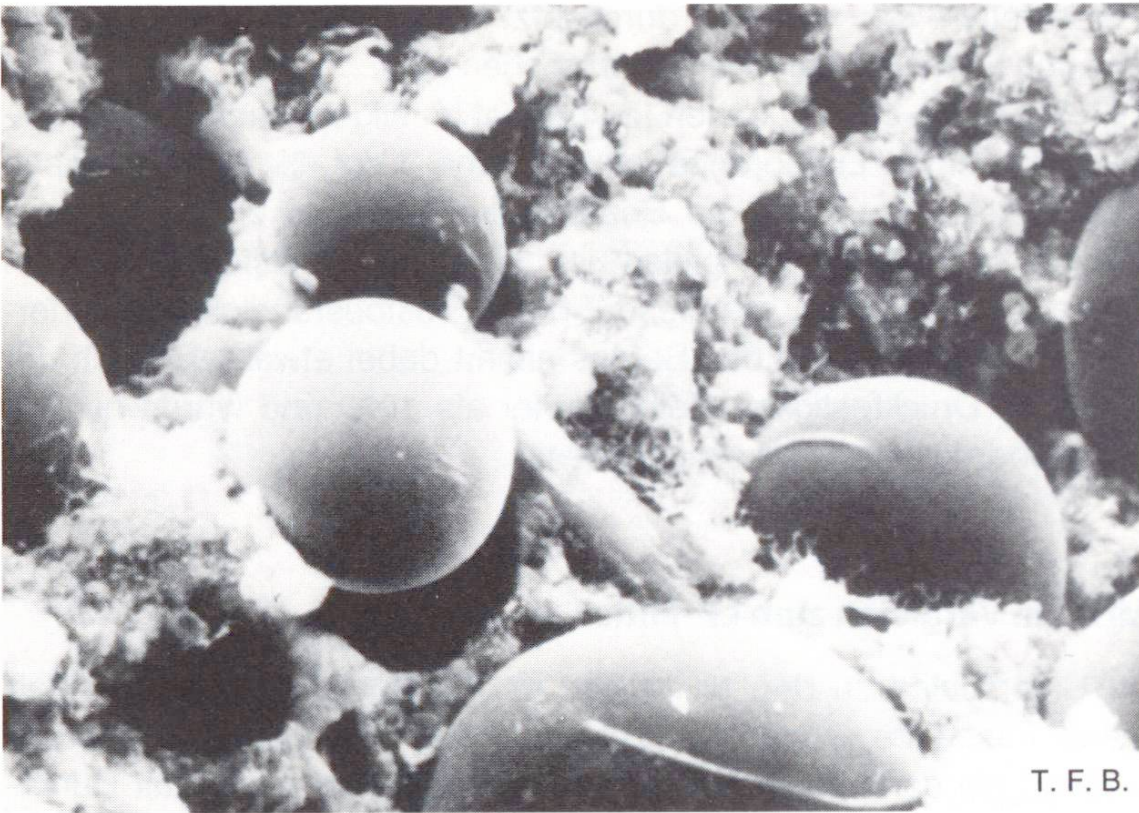
*Mischen:* Die MHK-Paste wird auf der Betonanlage dem Frischbeton nach der üblichen Nassmischzeit (min. 1 Minute) beigegeben. Zur Feinverteilung der MHK ist anschliessend ein Nachmischen von 30 Sekunden erforderlich. Sind die MHK im Zementleim gut eingebettet, so ist ein späteres Aufschwimmen nicht zu befürchten. – Die Zugabe geschieht wegen der Kleinmengen meist noch von Hand, doch sind Dosieranlagen erhältlich. Wegen der Verletzungsgefahr der Kugeln sollte die Paste nicht dem Trockengemisch zugegeben werden, und die Mischzeit darf 5 Minuten nicht überschreiten.

*Einbringen:* Beton mit MHK-Zusatz soll in üblicher Weise eingebracht werden. Das Vibrieren kann die MHK nicht auftreiben, sofern mit einem tiefen W/Z-Wert gearbeitet wird und der Beton auch sonst nicht zur Entmischung neigt.

## **Wirkung der MHK auf den Beton**

*Frischbeton:* Wie mit dem Ausbreitmass nachgewiesen werden kann, wirken die MHK plastifizierend.

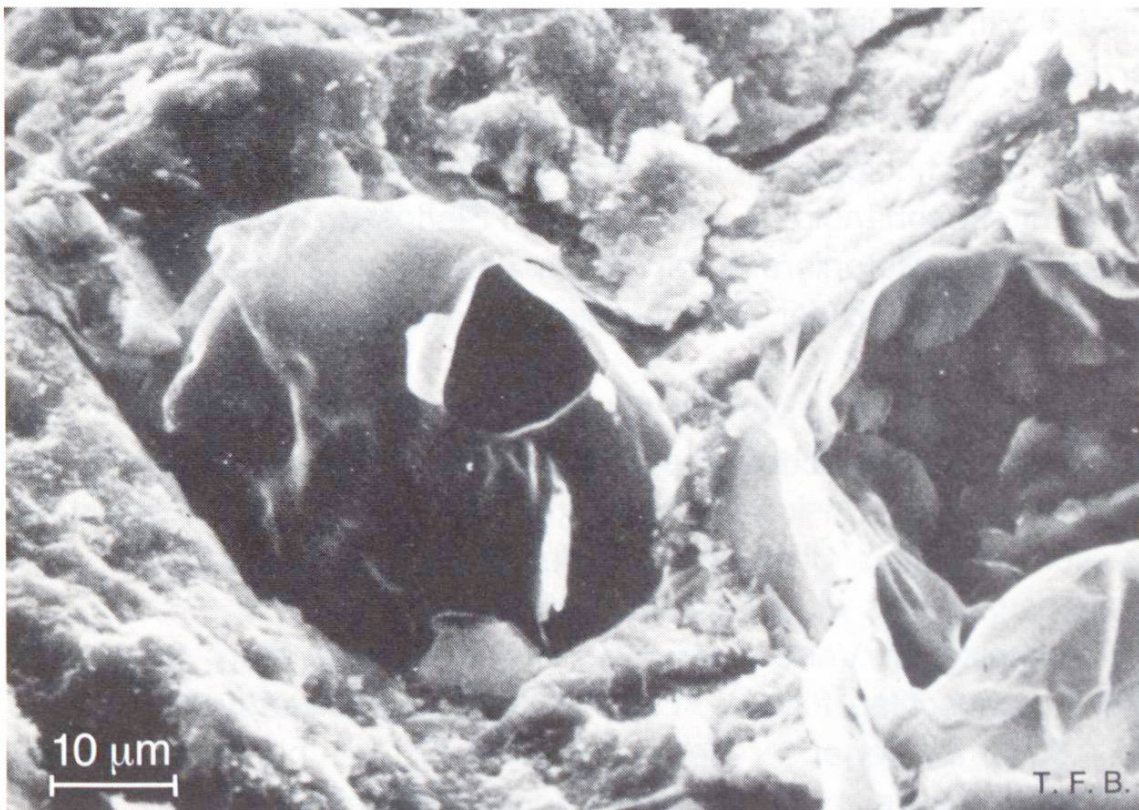
*Festbeton:* Künstliche Luftporen haben den Zweck, im Zementstein ein System von fein verteilten, kugelförmigen Poren zu schaffen, weil man voraussetzt, dass ein solches System das Netz der Kapillarporen unterbricht und Expansionsraum für gefrierendes Wasser schafft, vgl. Abb. 1 b in [1]. Viele feine Poren mit guter Verteilung sind dabei wirksamer als wenige grosse Poren. MHK sind in diesem Sinne verlorene Schalungen, um solche feinste Hohlräume herzustellen. Abb. 3 und 4 sind zwei Aufnahmen von Beton mit einem



T. F. B.

Abb. 3 MHK im Zementstein eingebettet.

Abb. 4 Mikrohohlkugeln als Plastikkugeln sichtbar (bei der Präparation zerstört). Oben: Kapillarpore als «Riss» sichtbar.



T. F. B.

6 Zementstein, der von MHK durchsetzt ist und dessen Kapillarporen von den Luftporen der MHK unterbrochen sind.

Wie Versuche gezeigt haben [2], genügt im allgemeinen eine Dosierung, die einen Luftporengehalt von rund 1 Vol.-% einführt. Diese Menge reicht aus, um die Beständigkeitskriterien zu erfüllen. So erreicht man damit beispielsweise einen Abstandsfaktor AF von weniger als 0,20 mm, wie dies für hohe Frostbeständigkeit erforderlich ist. Die Rohdichte des Betons nimmt dabei etwas ab, doch der Abfall an Druckfestigkeit bleibt kleiner als 10% und würde nur bei einer Überdosierung erheblich grösser.

### **MHK im Vergleich zum LP-Mittel**

Im Unterschied zu den MHK sind die Luftporenbildner (LP-Mittel) keine Feststoffe, sondern erzeugen feine Bläschen im Anmachwasser, die dann im erhärteten Zementstein Hohlräume mit Durchmessern von 20 bis 300  $\mu\text{m}$  und mehr hinterlassen. Diese Durchmesser wie auch die Verteilung der Hohlräume selbst können stark streuen. Je nach Anforderung an den Festbeton braucht es deshalb bei Verwendung von LP-Mitteln ein Porenvolumen von 3 bis 6% (im verdichteten Frischbeton gemessen). Wirksam sind aber bereits die Poren mit den kleineren Durchmessern. Grössere Poren muss man in Kauf nehmen, damit die wirksamen kleineren in der erforderlichen Anzahl überhaupt gebildet werden. Grosse Poren mindern aber nur die Festigkeit, ohne die Beständigkeit wesentlich zu erhöhen.

MHK benötigen mit rund 1 Vol.-% ein geringeres Porenvolumen als die LP-Mittel. Ausserdem lassen sich gleichmässigeren Festigkeiten erzielen.

Die Dosierung der LP-Mittel gehört zu den schwierigeren Aufgaben der Betontechnologie, weil sie von der Betontemperatur und -konsistenz direkt abhängig ist. Diese beiden Einflussgrössen können sich während der Betonierarbeiten rasch ändern, was eine kontinuierliche Überwachung der Betonherstellung auf der Baustelle erforderlich macht.

Mit der Verwendung von MHK lässt sich die Herstellung von Luftporenbeton vereinfachen. Die MHK-Paste wird auf den  $\text{m}^3$  Festbeton dosiert, was die Unsicherheiten infolge Temperatur und Konsistenz ausschliesst. Zur Überwachung der Ausführung genügt ein Verbrauchsnachweis wie z. B. beim Bindemittel.

Die technischen Vorteile müssen aber erkauft werden. So beträgt der Preiszuschlag für Beton mit LP-Mittel gegenwärtig Fr. 2.50 bis Fr. 4.50 je  $\text{m}^3$ , jener für Beton mit MHK Fr. 20.– bis Fr. 30.– je  $\text{m}^3$  (verbindliche Preise für Offerteingaben im Handel erfragen).

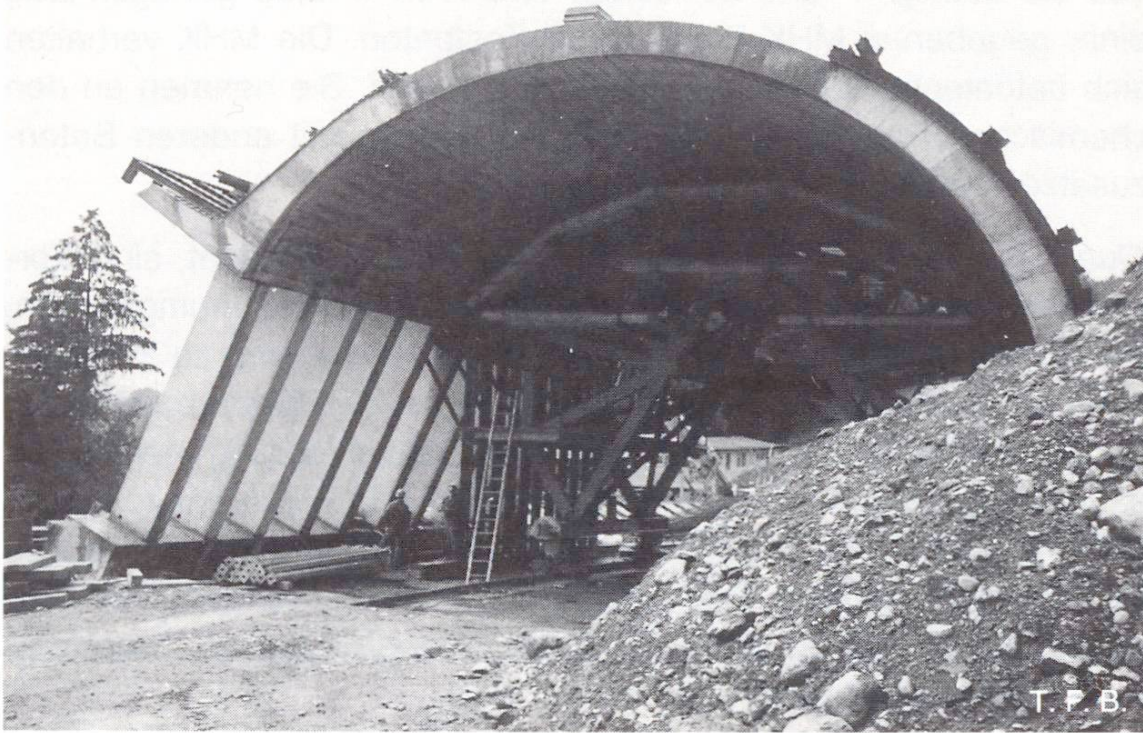


Abb. 5 Tunnel Spiezwiler (Arge Frutiger, Marti, Lanz). Tagbaustrecke Süd. Fundament: überdeckt, ohne Luftporenzusatz. Stützen: vorgefertigt, mit Luftporenmittel. Gewölbe: Ortbeton mit MHK als Zusatz. Vorgesehen ist zur Zeit, auch das Innengewölbe der Untertagstrecke als Luftporenbeton mit MHK herzustellen.

Abb. 6 Autobahnkreuz Rottepolderplein bei Den Haag (NL). Brückenbrüstungen mit MHK ausgeführt.





## 8 Anwendungsgebiete

Wird zur Erhöhung der Frost- bzw. Frost-Tausalz-Beständigkeit ein Luftporenbeton verlangt, so ist die Verwendung von MHK überall dort angezeigt, wo

- die Gefahr besteht, dass die Bildung künstlicher Luftporen ausser Kontrolle gerät,
- der Materialpreis eine untergeordnete Rolle spielt.

Dies ist namentlich der Fall bei

- Beton mit erdfeuchter Konsistenz,
- Fliessbeton, dessen Fliessmittel einen Entschäumer enthält,
- einem Betonierablauf mit langer Verarbeitungszeit,
- Verarbeitung mit hohem Energieaufwand.

In der Praxis wird es sich dabei um folgende Bauteile handeln:

- kleine Bauteile (Brüstungen von Brücken, Mauerkronen von Becken, Kunstwerke);
- grössere Objekte, sofern die Voraussetzungen zur Bildung künstlicher Luftporen ungünstig sind;
- Reparaturarbeiten (Sichtflächen, Betonbeläge);
- Herstellung von Zementwaren.

Mikrohohlkugeln ermöglichen eine einfache und zielsichere Betonmischung. Wie bei jedem Betonzusatz ist aber die angestrebte Qualitätsverbesserung nur zu erreichen, wenn auch die elementaren Regeln der Betonherstellung beachtet werden.

*B. M.*

### Literatur

- [1] Luftporenbeton. Cementbulletin Nr. 18/87. Wildegg 1987
- [2] *Sommer, H.*: «Ein neues Verfahren zur Erzielung der Frost-Tausalz-Beständigkeit des Betons». Zement und Beton, 1977, S. 124/129

### Bildhinweis

Abb. 1, 2: TFB Wildegg. Abb. 3, 4, 6: Heidelberger Zement, Leimen. Abb. 5: Propatec, Wallisellen.