

Les fissures dans le béton jeune

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **63 (1995)**

Heft 10

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146376>

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.

Les fissures dans le béton jeune

La phase du béton jeune a une importance déterminante pour les propriétés ultérieures d'un béton.

Le matériau béton se caractérise par le fait qu'il ne témoigne pas de certaines des propriétés utiles les plus importantes dès que sa fabrication est achevée, mais seulement beaucoup plus tard [1]. Il doit en l'occurrence également passer par la phase du béton jeune. Les phénomènes tels que par exemple l'hydratation et les variations de volume qui se produisent pendant ce laps de temps exercent une influence déterminante sur des propriétés du béton durci aussi importantes que l'aptitude au service, la capacité portante et la durabilité [2].

Généralités

Immédiatement après l'adjonction de l'eau de gâchage, des réactions physiques, et surtout chimiques, s'amorcent dans le béton, desquelles résulte finalement le béton durci. Le béton frais témoigne ainsi d'une certaine résistance aux déformations mécaniques déjà pendant sa fabrication. Cette résistance augmente avec le temps, et le béton raidit. La phase du raidissement est terminée lorsque le béton frais ne peut plus être travaillé.

La phase de la prise qui fait suite dure jusqu'au moment où le béton témoigne d'une résistance juste encore mesurable (environ $0,1 \text{ N/mm}^2$). La phase du béton jeune commence

avec le début du durcissement du béton, et elle dure à peu près jusqu'au moment de la plus grande vitesse de durcissement. Ce processus est illustré dans la figure 1 par le point d'inflexion de la courbe de durcissement. On qualifie de béton vert un béton fraîchement compacté, qui n'a pas encore fait sa prise. Le temps pendant lequel on peut parler de béton jeune dépend beaucoup de la composition du béton frais et des conditions environnantes. Normalement, ce temps commence quelques heures après l'adjonction d'eau et se termine après un à deux jours.

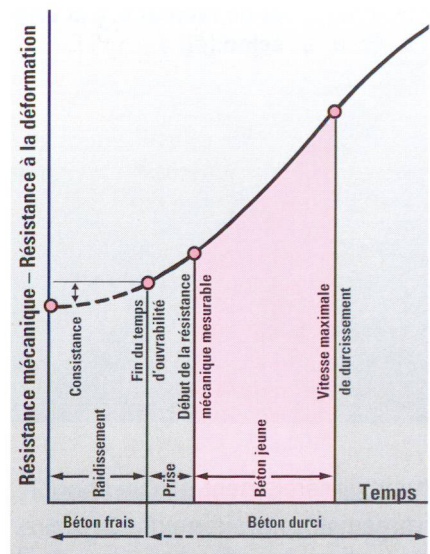


Fig. 1 Phases réactionnelles d'un béton frais de consistance initiale plastique (schéma) selon [3].

Dangers pour le béton jeune

Les niveaux de la résistance à la compression et à la traction, du module d'élasticité, ainsi que d'autres grandeurs physiques du béton jeune, sont initialement très bas. Dès qu'un certain raidissement est atteint, des déformations entravées ou imposées provoquent des tensions. Les déformations ou tensions de compression ne consti-

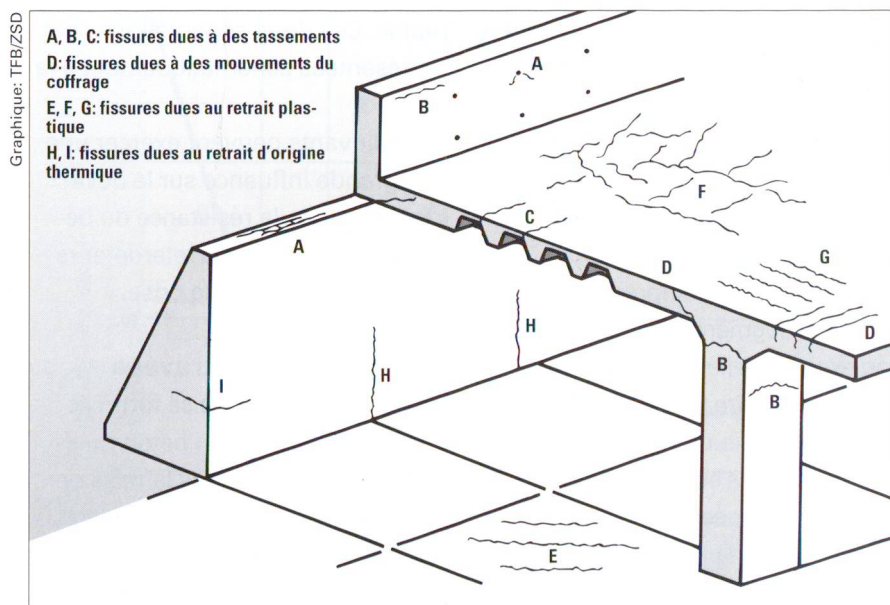
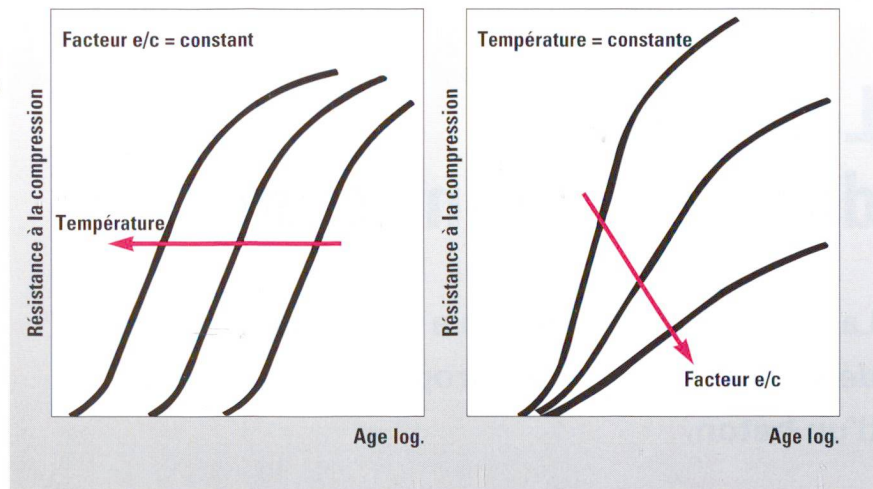


Fig. 2 Représentation schématique de fissures pouvant se former dans le béton jeune (selon [11] et [12], modifié).

Fig. 3 Représentation schématique du développement de la résistance du béton en fonction de la température (à gauche) et du facteur e/c (à droite) selon [4].



Graphique: TFB/ZSD

tuent généralement pas un danger immédiat, contrairement aux tensions de traction, qui dans certaines phases du durcissement dépassent les limites admissibles, et peuvent provoquer des fissures [2]. Différentes fissures pouvant se former dans le béton jeune sont dessinées à la figure 2, aux endroits typiques d'un ouvrage hypothétique.

On compte parmi les principales influences négatives exercées sur le béton jeune:

- le retrait dû à la dessiccation
- le retrait dû à des variations de volume internes pendant l'hydratation
- la dilatation due à l'échauffement pendant l'hydratation du ciment
- le retrait dû au refroidissement
- les déformations dues à des mouvements du coffrage

Deux propriétés du béton jeune

La résistance à la compression du béton jeune augmente au début de façon exponentielle. Après quelques jours, c'est-à-dire lorsqu'il ne s'agit plus de béton jeune, cette augmentation faiblit. Mais elle n'est jamais totalement terminée.

La résistance à la traction est également une propriété physique importante du béton jeune. Son développement est influencé en majeure partie

par les mêmes facteurs qui influent sur la résistance à la compression [4]. Les principaux facteurs exerçant une influence sur le développement de la résistance mécanique sont:

- la nature et la finesse du ciment (plus il est fin, plus le développement de la résistance est rapide)
- le rapport e/c
- les adjuvants
- le traitement de cure (température, humidité)

L'hydratation du ciment, et donc le développement de la résistance, commencent d'autant plus tôt que la température du béton est élevée. Plus le rapport e/c est bas, plus le développement de la résistance est rapide. Ces deux observations sont représentées schématiquement à la figure 3.

Les adjuvants peuvent exercer une très grande influence sur le développement de la résistance du béton jeune, surtout les retardateurs et les accélérateurs de prise.

Déformations entravées

Souvent, des fissures se forment dans des éléments en béton quelques heures déjà après la mise en place et le compactage du béton. Quelques-unes des causes de ce phénomène sont résumées brièvement ci-après. Il est traité séparément de l'hydratation du ciment.

Tassements

Le ressuage du béton pendant les deux à trois heures suivant son compactage peut provoquer dans les dalles un tassement d'environ 1 % de leur épaisseur [4]. La rétraction peut également être importante dans les éléments verticaux tels que les murs. Des fissures se forment lorsque le tassement est entravé, par exemple par l'armature.

Les moyens de protection possibles contre les fissures de tassement sont:

- la réduction du ressuage par des formules de béton appropriées
- l'interruption du bétonnage pendant quelques heures lorsque des variations dimensionnelles de l'élément de construction sont prévisibles
- le recomptage

Retrait précoce [5]

Le retrait précoce, également appelé retrait plastique ou retrait capillaire, s'observe dans le béton qui n'a pas encore durci, lorsque la surface devient mate parce que l'eau excédentaire est éliminée plus par évaporation que par ressuage. Les grandes surfaces (surfaces de dalles, de dalles) dont le traitement de cure a été insuffisant sont particulièrement menacées.

Lorsque le béton jeune se dessèche rapidement, des rétractions considé-



Fissures dues
au retrait précoce
dans un
revêtement en béton.

Photo: Gilbert Cimma, TFB

rables se produisent en quelques heures. Après le début du durcissement, le développement de la rigidité devance le développement de la résistance. Dans cette phase, le béton jeune est très sensible aux contraintes résultant de déformations entravées. Dans le pire des cas, des fissures dues au retrait précoce apparaissent.

Les fissures dues au retrait précoce sont cunéiformes, et se reconnaissent à leurs bords «rentrés» (voir figure 4). Elles ont généralement 0,5 à 2 mm de largeur, et cheminent le long des granulats. En cas de condi-

que peu durci, il se rétracte relativement beaucoup. Lorsque la rigidité augmente, la tendance à la rétraction diminue rapidement. Ce phénomène est représenté dans la figure 5, au moyen du retrait d'un cylindre de béton qui a durci sans céder d'humidité à l'environnement [2].

Le retrait chimique est de l'ordre de grandeur de 1 mm/m et plus. Dans les colonnes et murs de grande hauteur particulièrement, il peut provoquer des fissures ou d'autres dégâts lorsque la rétraction verticale est entravée, par exemple par

l'armature, par des éléments de coffrage, ou par un béton contigu ayant déjà durci.

Déformations du coffrage

C'est quelques heures après avoir été compacté que le béton est le moins apte à la déformation. Si des déformations ou des mouvements du coffrage se produisent pendant cette phase, le béton jeune ne peut pas toujours absorber sans fissuration les contraintes en résultant. L'allongement à la rupture (allongement pouvant être supporté sous traction jusqu'à la rupture) est dé-

Graphique: TFB/ZSD

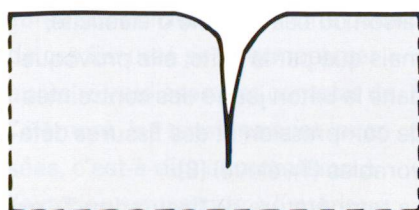


Fig. 4 Fissure due au retrait précoce avec bords «rentrés» (représentation schématique selon [5]).

tions climatiques défavorables, le retrait précoce atteint jusqu'à 4 mm/m [6].

Retrait chimique

Le ciment Portland complètement hydraté sollicite un volume d'environ 8 % plus réduit que les matières premières ciment et eau. Aussi longtemps que le béton jeune n'a

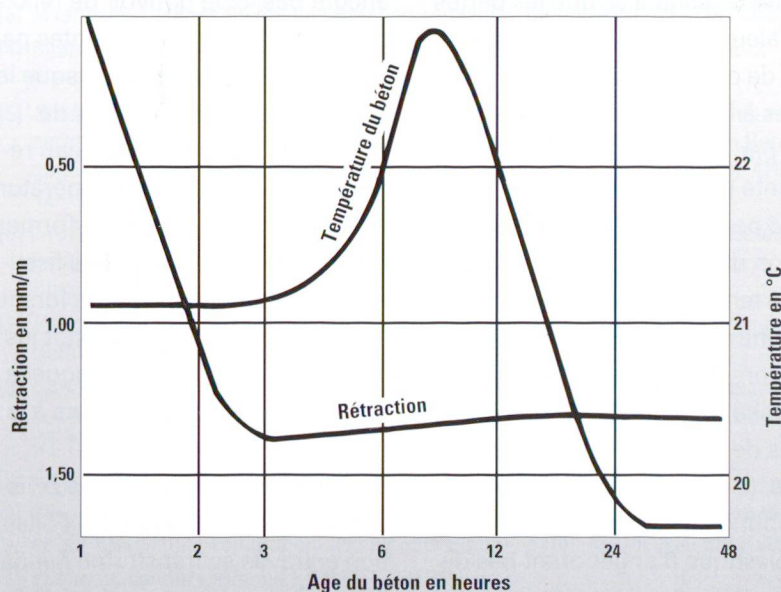


Fig. 5 Retrait chimique d'un cylindre de béton (350 kg de ciment Portland, e/c = 0,55, 20 °C); interruption de l'humidité cédée à l'environnement (selon [2]).

Graphique: TFB/ZSD

Fig. 6 Allure de température pendant l'hydratation dans des éléments de construction d'épaisseur moyenne et développement des contraintes en cas de déformation entravée (selon [8] et [9], modifié).

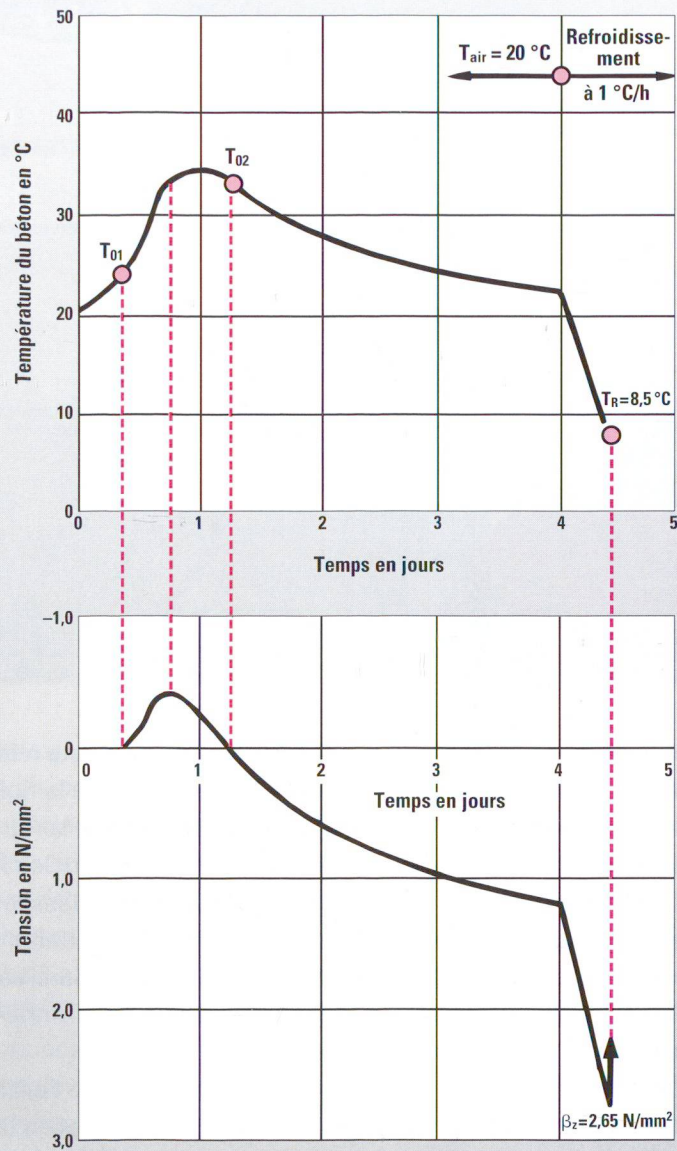
terminant pour la déformation que l'on peut exiger du béton. Il est d'au moins 0,02 ‰, même au moment le plus défavorable. On peut en déduire par exemple qu'avec une portée de 6 m, une dalle en béton de 16 cm d'épaisseur ne peut pas suivre à coup sûr une flèche d'environ 1 mm sans se fissurer [7].

Influences de la chaleur d'hydratation

L'hydratation du ciment est un processus chimique qui dégage beaucoup de chaleur, surtout pendant la première phase de durcissement. De ce fait, la température du béton augmente jusqu'à ce que les pertes de chaleur par la surface de l'élément de construction soient supérieures à la quantité de chaleur produite par l'hydratation. Cela est représenté schématiquement à la figure 6 pour un élément de construction d'épaisseur moyenne, en même temps que le cheminement des contraintes lorsque la dilatation du béton jeune est entravée [8, 9]. En s'échauffant, le béton se dilate. En cas de dilatation thermique entravée, la dilatation se transforme au début entièrement en déformation plastique n'engendrant pas de tensions. Les tensions de compression ne se produisent qu'à partir de la température T_{01} , lorsque le béton

oppose à la dilatation thermique une résistance mesurable. La sollicitation en compression n'est pas forte, car le module d'élasticité est encore bas, et le pouvoir de relaxation (réduction des contraintes par le fluage) encore élevé. Lorsque le béton refroidit, les tensions de compression sont de nouveau réduites et, à la seconde température à tension nulle T_{02} , se transforment en tensions de traction. Des fissures traversantes se forment lorsque le refroidissement se poursuit jusqu'à la température T_R , à laquelle les tensions sont supérieures à la résistance à la traction. Dans les bétons peu sujets aux fissures, la majeure partie de la dilatation entravée se transforme pendant l'échauffement en tensions de compression. C'est pourquoi le béton ne devrait s'échauffer que peu au dé-

but, et plus fortement par la suite. Cela parce qu'une chaleur d'hydratation dégageée très tôt provoque de faibles tensions de compression en raison du bas module d'élasticité, mais que par la suite, elle provoque dans le béton jeune des contraintes de compression et des fissures défavorables (T_R élevé) [8]. La température de fissuration T_R est d'autant plus basse que le dosage en ciment est faible et que le facteur e/c avec dosage en ciment constant est élevé (entre $e/c = 0,45$ et $0,65$: température de fissuration réduite de $1,5^\circ\text{C}$ lorsque le facteur e/c augmente de $0,05$). On peut également l'abaisser en remplaçant une partie du ciment par des ajouts pouzzoloniques, en abaissant la température du béton frais, ou en utilisant un ciment dont la chaleur d'hydratation se développe lente-



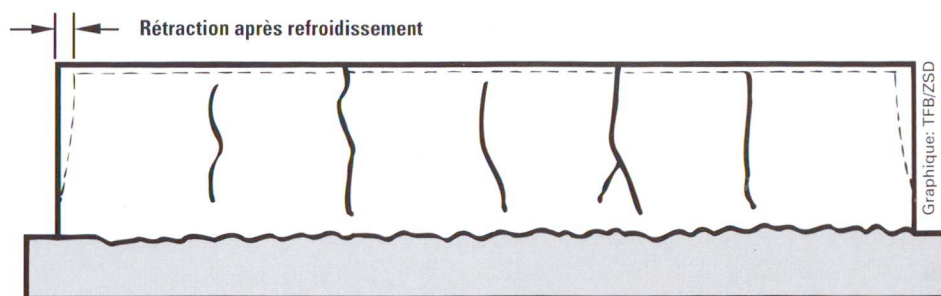


Fig. 7 Fissures largement ouvertes dues à la déformation entravée lors du refroidissement du mur bétonné sur une fondation (selon [10], modifié).

ment [9]. Les entraîneurs d'air ainsi que certains retardateurs de prise abaissent également la température de fissuration [8].

Fissures superficielles [10]

L'hydratation dans le béton jeune entraîne des différences de température dans la section – particulièrement dans les éléments massifs –, car la chaleur se dissipe à l'extérieur. Il en résulte des contraintes propres (traction à l'extérieur de la section, compression à l'intérieur). Lorsque la contrainte de traction dépasse la résistance à la traction, il se forme ce qu'on appelle des fissures superficielles [10]. Une partie de ces fissures se referment, car après refroidissement complet de l'élément, les tensions sont inversées, c'est-à-dire compression à l'extérieur et traction à l'intérieur. Les fissures superficielles peuvent être évitées si la différence de température entre le noyau et l'air environnant ne dépasse pas 20 °C lors du décoffrage. Avec des éléments de moins de 2 m d'épaisseur, c'est généralement le cas après quatre à sept jours.

Fissures largement ouvertes [10]

Les éléments de construction qui ne sont pas bétonnés au même moment diffèrent par l'ampleur de

l'hydratation, et donc également par celle du dégagement de chaleur d'hydratation. Si la déformation est entravée par le béton existant (par exemple une fondation), les contraintes dans le béton plus jeune se trouvant au-dessus provoquent des tensions de traction, et lorsque ces tensions dépassent la résistance à la traction, il se forme des fissures largement ouvertes,

en partie continues (figure 7). Des joints, dont l'espacement dépend de la différence de température entre les deux étapes de bétonnage, permettent d'éviter ce genre de fissures. L'espacement des joints dans un élément avec une différence de température de 30 °C doit par exemple être de 20 m au maximum [10].

Kurt Hermann

Bibliographie

- [1] Wierig, H.-J., «Technologie der Betone aus erdfeuchten Mischungen», *Betonwerk + Fertigteil-Technik* **61** [1], 95–98 (1995).
- [2] Weigler, H., und Karl, S., «Junger Beton: Beanspruchung – Festigkeit – Verformung», *Betonwerk + Fertigteil-Technik* **40** [6], 392–401/[7], 481–484 (1974).
- [3] Wierig, H.-J., «Frischbeton und Bauwerksqualität», *Beton* **33** [5], 175–179 (1983).
- [4] Rilem committee 42-CEA, «Properties of set concrete at early ages – State-of-the-art-report», *Materials and Structures* **14** [84], 399–450 (1981).
- [5] Schiessl, P., und Reuter, C., «Sachstandsbericht Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen», Teilbericht 3: «Durchlässigkeit von gerissenem Beton gegenüber Flüssigkeiten und Gasen», *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton* **416**, 47–111 (1991).
- [6] Grube, H., «Ursachen des Schwindens von Beton und Auswirkungen auf Betonbauteile», *Schriftenreihe der Zementindustrie*, Heft 52 (1991), Beton-Verlag, Düsseldorf.
- [7] Wischers, G., und Manns, W., «Ursachen für das Entstehen von Rissen in jungem Beton», *Beton* **23** [4], 167–171 und 222–228 (1973).
- [8] Springenschmid, R., und Breitenbücher, R., «Beurteilung der Reissneigung anhand der Ristemperatur von jungem Beton bei Zwang», *Beton- und Stahlbetonbau* **85** [2], 29–34 (1990).
- [9] Eibl, J., (éd.), «Betonkalender», 84e année, 1re partie (1995), 37–40.
- [10] Manns, W., «Rissvermeidung bei der Betonherstellung – Ursachen und Erkenntnisse zur Rissbildung von grünem und jungem Beton», *Beton* **43** [10], 504–510 (1993).
- [11] «Scheurkalender», *Betoniek* **8** [25], 1–8 (1991).
- [12] «Durable concrete structures – CEB design guide, 2nd Ed. 1989», *CEB-Bulletin* **182**, 1–267 (1989).