

# CDF-Test - Prüfverfahren des Frost-Tau-Widerstands von Beton - Prüfung mit Taumittel-Lösung (CDF)

## RILEM RECOMMENDATION

(Übersetzung des Originaltextes aus:

**Materials and Structures (1996) Vol 29 (193), pp 523-528,**

**durch Prof. Max J. Setzer and Rainer Auberg (Chairman/Secretary of TC117), veröffentlicht in Betonwerk + Fertigteil-Technik (1997) Vol , pp )**

Bearbeitet von M.J. Setzer, G. Fagerlund, D.J. Janssen

**TC MITGLIEDERLISTE:** **Chairman:** M.J. Setzer, Germany; **Secretary:** R. Auberg; **Mitglieder:** C. Dubois, France; G. Fagerlund, Sweden; V. Hartmann, Germany; S. Jacobsen, Norway; D.J. Janssen, USA; H. Kukko, Finland; J. Marchand, Canada; T. Miura, Japan; P-E. Petersson, Sweden; M. Pigeon, Canada; J. Prost, France; T.F. Rønning, Norway; E.J. Sellevold, Norway; E. Siebel, Germany; J. Stark, Germany; W. Studer, Switzerland

### VORWORT

Eine RILEM-Empfehlung soll sich auf die Beschreibung und Messung einer Prüfmethode beziehen. Diese Vorschriften sollen auf einer gesicherten wissenschaftlichen Basis beruhen. Da ein Abnahmekriterium aus Gründen, die nur unter bestimmten Bedingungen und unter wirtschaftlichen Überlegungen gültig sind, verändert werden kann, kann eine RILEM Recommendation nur Richtwerte dazu enthalten.

Aufgrund dieser Überlegungen mußte der Entwurf für den CDF-Test geändert werden (ohne CF-Test). Die notwendigen Änderungen waren jedoch nicht so bedeutend, daß sie durch das gesamte Komitee verabschiedet werden mußten. Aus diesem Grund wurde vom TC 117 eine für die Veränderungen verantwortliche redaktionelle Gruppe gebildet, die sich aus Prof. Fagerlund, Prof. Janssen, Prof. Setzer, Chairman des Komitees, zusammensetzte. Die Arbeit dieser Gruppe ist nun abgeschlossen.

Als Chairman des RILEM Technical Committee TC 117-FDC ist es eine Ehre für mich, allen Mitgliedern und besonders der redaktionellen Gruppe, für ihre sehr wichtige und engagierte Arbeit zu danken, die zu einer Recommendation mit einer sicheren Präzision für das Frost-Tausalz-Prüfverfahren von Beton geführt hat.

Während der Meetings von RILEM TC 117-FDC wurden die drei Prüfverfahren, die als RILEM Recommendation

Draft in Materials & Structures (Vol 28, No. 177) veröffentlicht wurden, intensiv diskutiert. Wie bereits in der Veröffentlichung des Entwurfs erwähnt, wird TC 117-FDC kein Prüfverfahren als endgültige RILEM Recommendation beschließen, bei dem die Präzisionsdaten nach ISO 5725 noch nicht vorliegen. Bis zum Treffen in Sapporo (31.07.-01.08.1995) waren nur die Präzisionsdaten für den CDF-Test veröffentlicht; dieses hat sich bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht geändert. Deshalb beschloß RILEM TC 117-FDC einstimmig, dem von Prof. Janssen vorgeschlagenen Text zuzustimmen:

„TC 117 directs RILEM to recommend the CDF test for the determination of the scaling resistance of concrete. However, the committee cannot decide whether the draft procedures for the CF, Slab or Cube tests should be recommended until the precision data for these tests have been made available and the committee has had an opportunity to examine these data.“

(TC 117 fordert RILEM auf, den CDF-Test zur Bestimmung des Widerstands gegen Abwitterung von Beton zu empfehlen. Das Komitee entscheidet über die Entwürfe des CF-, Slab- oder Cube-Test, wenn die Präzisionsdaten dieser Tests verfügbar sind und dem Komitee zur Prüfung vorgelegt wurden.)

M.J. SETZER - July 1996

## 1. Einleitung

Der ausreichende Widerstand gegen Frost-Tau-Belastung mit Taumitteln soll untersucht werden<sup>1</sup>. Dies erfordert eine Prüfmethode, die sowohl eine dargelegte Präzision, d.h. Wiederhol- und Vergleichspräzision, als auch eine ausreichende Korrelation der Prüfergebnisse zum Verhalten des Betons in der Praxis aufweist.<sup>2</sup>

Wie in anderen Bereichen auch, z.B. der Festigkeitsprüfung, kann ein Prüfverfahren des Frost-Taumittel-Widerstands nicht alle möglichen praktischen Beanspruchungen erfassen. Dies würde den Aufwand vergrößern. Gleichzeitig würde sich die Streuung erhöhen und die Ergebnisse wären nicht zu interpretieren. Der CDF-Test wurde entwickelt, um eine hohe Präzision mit minimalem Kostenaufwand für Ausstattung und Labor zu erreichen. CDF bedeutet „Capillary suction of De-icing solution and Freeze thaw test“ (Kapillares Saugen von Taumittellösung und Frost-Tau-Test).<sup>3</sup>

## 2. Anwendungsbereich

Dieses Prüfverfahren ermöglicht die Messung der Abwitterungsmenge einer Oberfläche durch eine Anzahl von definierten Frost-Tau-Wechseln in Gegenwart von Taumitteln - in der Regel Natriumchlorid-Lösung (CDF) - und führt zu einer Einschätzung des Frost-Taumittel-Widerstands des geprüften Betons.

Das Verfahren kann zur Prüfung der beanspruchten Oberfläche von Betonwaren, von Betonfertigteilen und der Betonausgangsstoffe sowie von Betonrezepturen eingesetzt werden.

---

(1) Bis heute ist dies durch Regeln erreicht worden, die auf langer praktischer Erfahrung beruhend den Wasser-Zement-Wert, die Art der Zusammensetzung und die Zugabe von Luftporen festlegen. Jedoch sind neue Ausgangsstoffe oder unerprobte Mischungszusammensetzungen für bestimmte praktische Anforderungen erforderlich. Es gibt Betonanwendungen, bei denen die Vorschriften zur Mischungszusammensetzung aus der Praxis nicht angewandt werden, wie erdfeuchte Produktion von Pflastersteinen, Bordsteinen und Gehwegplatten. Hierfür ist ein zuverlässiges Prüfverfahren des Frost-Tau und Frost-Tausalz-Widerstandes notwendig.

(2) Ein Prüfverfahren soll durch ausreichend exakte Beschreibung der relevanten Parameter so präzise und zuverlässig wie möglich definiert werden. Die Ergebnisse sollen sich auf praktische Erfahrungen wie die oben erwähnten Regeln für Rezepturen beziehen. Die Präzision soll entsprechend der ISO 5725 ermittelt werden. Mit dieser Methodik ist der Frost-Tau- und Frost-Tausalz-Widerstand auch unter ungünstigen praktischen Bedingungen mit ausreichender Zuverlässigkeit vorauszusagen.

(3) Es wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Jedoch besteht immer noch Mangel in der Präzision, d.h. in der Wiederhol- und Vergleichspräzision. Der CDF-Test wurde entwickelt, indem die bestehenden Verfahren analysiert und optimiert und Ergebnisse der Grundlagenforschung für die entsprechende Einschränkung von Prüfparametern mit einbezogen worden sind.

## 3. Normen

prEN-ISO 2736/2: Testing hardened concrete-test specimens. Part 2: Making and curing of test specimens.

ISO 5725/1 bis 6-1990: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results.

## 4. Definitionen

1. *Frost-Taumittel-Widerstand* ist der Widerstand gegenüber Frost-Tau-Wechseln zusammen mit einer Taumittel-Lösung als Prüflüssigkeit.

2. Die *Prüflüssigkeit* besteht aus 3 Massenprozent Natriumchlorid und 97 Massenprozent entmineralisiertem Wasser.

3. *Abwitterung* ist der Materialverlust der Oberfläche des Betons durch Frost-Tau- oder Frost-Taumittel-Belastung.

4. Der *Referenzpunkt* ist der physikalische Meßpunkt, an dem der Temperaturzyklus geregelt wird.

5. Die *Referenztemperatur* ist die gemessene Temperatur am Referenzpunkt.

6. Die *Prüffläche* ist die Seitenfläche eines Probekörpers, an der der Frost-Taumittel-Widerstand entsprechend dieser Prüfvorschrift bestimmt wird.

## 5. Prüfeinrichtung

1. *Klimaraum* mit einer Temperatur von  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  und einer relativen Feuchtigkeit von  $65 \pm 5 \%$ .

2. Die Verdunstung wird durch ein *Verdunstungsgefäß* mit einer Tiefe von annähernd 40 mm und einer Querschnittsfläche von  $225 \pm 25 \text{ cm}^2$  gemessen.

3. *Seitliche Abdichtung* mit Epoxidharz oder Aluminiumfolie mit Butylklebung. Beide müssen bei einer Temperatur von  $-20^\circ\text{C}$  dauerhaft und gegenüber dem Angriff der Taumittelösung widerstandsfähig sein. Sie dürfen bei Erreichen der Mindesttemperatur nicht spröde werden.

4. *Prüflüssigkeit*, besteht aus Taumittelösung, z.B. 97 Massenprozent entmineralisiertes oder destilliertes Wasser und 3 Massenprozent NaCl.

5. *Prüfbehälter*. Die Proben werden während der Frost-Tau-Wechsel in Edelstahlbehältern gelagert. Die Größe des Prüfbehälters soll so gewählt werden, daß die Luftschicht zwischen den vertikalen Flächen der Probe und dem Prüfbehälter auf  $20 \pm 10 \text{ mm}$  begrenzt ist.<sup>4 5</sup> Auf dem Boden des Behälters wird ein  $10 \pm 0.1 \text{ mm}$  hoher Abstandhalter eingelegt, um den Probekörper abzustützen und eine definierte Höhe der Flüssigkeitsschicht zwischen der Prüffläche und dem Behälter zu gewährleisten.

Die gleichen Prüfbehälter können für das kapillare Saugen verwendet werden. Andere Behälter können verwendet werden, wenn durch diese eine gleichartige Anordnung für das kapillare Saugen sichergestellt wird. Während des kapillaren Saugens müssen die Prüfbe-

---

(4) Die Luftschicht zwischen den vertikalen Flächen der Probekörper und dem Prüfbehälter wirkt als Wärmedämmung.

(5) Die Edelstahlbehälter sind in verschiedenen modularen Größen angepaßt, so daß die gleichen Randbedingungen für jede Probekörpergröße angetroffen werden.

hälter mit einem Deckel verschlossen werden. Bei Gefahr von Tauwasserbildung soll der Deckel eine Neigung haben, um ein Auftropfen von Tauwasser auf den Probekörper zu verhindern.

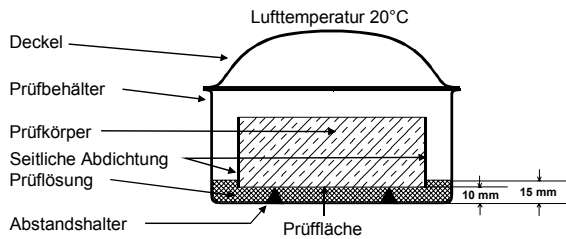


Abb. 1: Kapillares Saugen

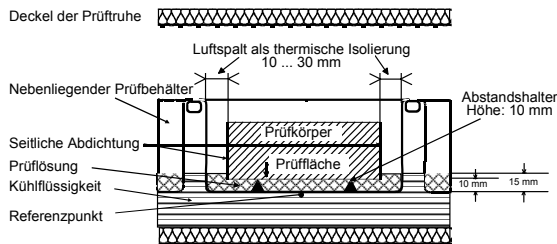


Abb. 2: Prüflösungsbehälter mit Probekörpern im Flüssigkeitskühlbad

6. *Temperaturkontrollierte Prüfruhe.* Um die Temperatur während des Frost-Tau-Wechsels zu regeln und um einen einachsigen Wärmefluß sicherzustellen, wird eine Truhe mit Flüssigkeitskühlbad verwendet. Die Temperatur des Kühlbades wird durch ein geeignetes Gerät gesteuert. Die Wärme- und Kühlleistung und die Regelmäßigkeit muß in der Lage sein, das Temperatursystem am Referenzpunkt mit  $\pm 0.5$  K bei voller Beladung der Prüflösungsbehälter mit Probekörpern zu regulieren. Die Temperatur des Bades muß innerhalb eines Toleranzbereiches von  $\pm 0.5$  K bei der Minimaltemperatur und von  $\pm 1$  K bei den übrigen Temperaturen liegen. Eine konstante Zeitverschiebung zwischen den einzelnen Prüflösungsbehältern ist zulässig.

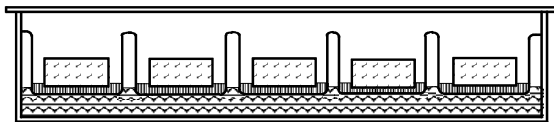


Abb. 3: Temperaturkontrollierte Truhe

Die Prüfruhe muß mit Halterungen für die Prüflösungsbehälter über dem Kühlflüssigkeitsbad ausgestattet werden, die eine Eintauchtiefe der Prüflösungsbehälter von ungefähr 20 mm sicherstellen. Während des Frost-Tau-Wechsels muß der obere Bereich der Prüfruhe, der die Proben enthält, vom Kühlbad entweder durch Prüflösungsbehälter oder andere Abdeckungen getrennt werden.<sup>6</sup>

(6) Bei der Durchführung des Tests in einem kryogenen Bad ist keine Abdeckung der Prüflösungsbehälter erforderlich, da der Prüfruhendeckel einen genügenden Verdunstungsschutz schafft, während die Wände der Probenbehälter als Kühlfalle dienen. Die geometrische Anordnung in einem Kühlflüssigkeitsbad stellt einen einachsigen thermischen Angriff sicher. Eine seitliche thermische Isolierung ist nicht erforderlich, da die thermische Leitfähigkeit der umgebenden Luft genügend klein ist, und da die Kühlflüssigkeit große Wärmemengen zu- und abführen kann.

Die Referenztemperatur wird in der Kühlflüssigkeit des Kühlbades unter dem Prüflösungsbehälterboden gemessen. Der Meßfühler wird durch geeignete Maßnahmen gehalten, so daß ein genauer Abstand von 1 mm zwischen Behälterboden und Meßfühler gewährleistet ist. Für die Messung wird ein standardisiertes Platin-Widerstandsthermometer (PT100) mit einem elektrischen Widerstand von  $100 \Omega$  bei  $0^\circ\text{C}$  empfohlen. Zur Kalibrierung soll die Minimaltemperatur bei  $-20^\circ\text{C}$  verwendet werden.

Für die Überwachung und Regelung der Referenztemperatur wird ein Prüflösungsbehälter in der Mitte des Bades verwendet.<sup>7</sup>

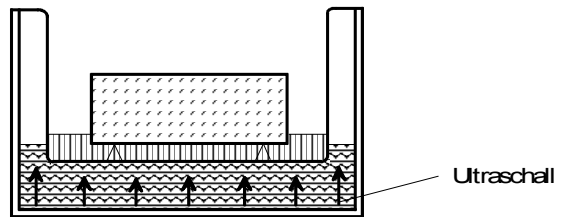


Abb. 4: Ultraschallbad

7. *Ultraschallbad.* Die Abmessung des Ultraschallbades muß ausreichend groß sein. Die Prüflösungsbehälter müssen ohne mechanischen Kontakt eingetaucht werden können. Zusätzlich muß ein Mindestabstand zwischen dem Prüflösungsbehälter und dem Boden des Bades von 15 mm sichergestellt sein. Das Ultraschallbad soll über folgende Leistungsdaten verfügen: ERS Leistung 250 W; HF Höchstleistung 450W bei doppeltem Halbwellen-Betrieb; Frequenz 35 kHz.

- 8. *Papierfilter* zur Aufnahme der Abwitterungen.
- 9. *Vorrichtung zur Einstellung der Flüssigkeitshöhe*, z.B. durch ein Saugergerät (Abb. 5). Das Saugergerät kann aus einer Kapillare mit einer Abstandhalterung von  $15 \pm 1$  mm bestehen, die mit einer Wasserstrahlpumpe verbunden ist, um die überschüssige Flüssigkeit aus den Prüflösungsbehältern abzusaugen.
- 10. *Trockenschrank* für eine Temperatur von  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- 11. *Waage* mit einer Genauigkeit von  $\pm 0.01$  g.
- 12. *Vernier-Schieblehre* mit einer Genauigkeit von  $\pm 0.1$  mm.

(7) Grundsätzlich kann die Frost-Tau-Prüfung auch in einer luftgekühlten Prüfruhe durchgeführt werden. Jedoch muß sowohl ein einachsiger Wärmefluß als auch ein Temperaturzyklus mit genügender Präzision sichergestellt sein, um die gleiche Abwitterung an der Prüflösungsfläche festzustellen. Das Temperaturprofil kann nicht wie im flüssigkeitsgekühlten Bad geregelt werden. Das Meßsystem muß daher entsprechend dem Kühlbad angepasst werden.

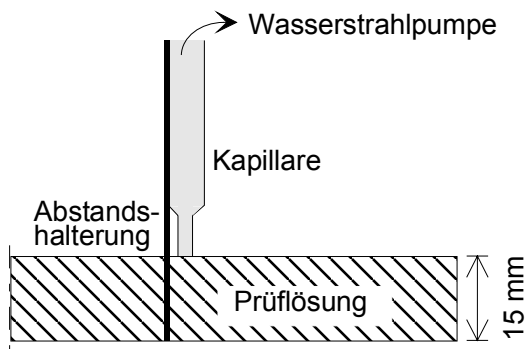


Abb. 5: Absaugeinrichtung zur Entfernung der Flüssigkeit über einer Höhe von 15 mm aus den Prüfhältern.

## 6. Probekörper

### 6.1 Erforderliche Gesamtprüffläche und Anzahl der Probekörper

Für eine Prüfserie wird eine Anzahl von  $\geq 5$  Probekörpern<sup>8</sup> mit einer Gesamtprüffläche von  $\geq 0,08 \text{ m}^2$  empfohlen.

### 6.2 Herstellung von Probekörpern zur Prüfung von Betonrezepturen oder von Betonausgangsstoffen in einer Mischung (Referenzprüfkörper)

Zur Prüfung von Betonmischungen oder von Betonausgangsstoffen in einer Mischung werden die Probekörper in 150 mm Würfelformen gemäß prEN ISO 2736/2 gefertigt und auf einem Rütteltisch verdichtet. In der Schalung ist zentrisch eine vertikale Teflonscheibe angeordnet, die die Form in zwei gleiche Hälften teilt. Die Teflonscheibe darf nicht mit Trennmitteln behandelt werden. Die Betonoberflächen an der Teflonscheibe sind die Prüfflächen. Bei größerem Zuschlagskorn kann die Teflonscheibe an der Seite der Schalung angeordnet werden.

Nach  $24 \pm 2$  Stunden Nachbehandlung werden die Probekörper entschalt und sechs Tage (bis zum Alter von 7 Tagen) in Leitungswasser bei  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  gelagert. (Wenn die Festigkeitsentwicklung der Probekörper langsam ist, kann die Nachbehandlung in der Schalung verlängert werden. Die Lagerung in Leitungswasser wird dann um die gleiche Zeit verkürzt). Dieser Behandlung folgt die Trockenlagerung.

### 6.3 Probekörper zur Prüfung der Oberfläche von Betonbauteilen

Die Prüffläche soll der Oberfläche des realen Bauteils, welche der Witterung ausgesetzt ist, entsprechen. Die Prüffläche soll eben sein und kann beliebige äußere Gestalt haben. Sie kann geschalt, abgezogen, gesägt oder von anderer Beschaffenheit sein<sup>9</sup>.

Die Prüffläche soll frei von Trennmitteln sein. Falls ein Trennmittel unvermeidbar ist, kann dieses die Abwitterung während der ersten Frost-Tau-Wechsel beeinflus-

sen. Dies muß bei der Bewertung mit berücksichtigt werden.

Die Höhe der Probekörper soll der Höhe der unter Kapitel 6.2 beschriebenen Probekörper entsprechen. Eine Höhe zwischen 50 und 150 mm ist akzeptabel.

### 6.4 Probekörper zur Prüfung von vorgefertigten Betonelementen

Kleine vorgefertigte Betonelemente, wie Betonpflastersteine und -platten, können unabhängig von der äußeren Form direkt geprüft werden. Wenn die Länge 200 mm übersteigt, soll das Element geschnitten werden. Die Prüffläche ist die bewitterte Oberfläche des Produktes. Sie soll eben sein.

Die Prüffläche soll frei von Trennmitteln sein. Falls ein Trennmittel unvermeidbar ist, kann dieses die Abwitterung während der ersten Frost-Tau-Wechsel beeinflussen. Dies muß bei der Bewertung berücksichtigt werden.

Die Höhe der Probekörper soll vergleichbar mit der Höhe der in Kapitel 6.2 beschriebenen Probekörper sein. Eine Höhe zwischen 50 und 150 mm ist akzeptabel.

## 7. Prüfverfahren

Das Prüfverfahren beinhaltet drei Schritte: Die Trockenlagerung, die Vorsättigung durch kapillares Saugen und die Frost-Tau-Wechsel. Das Prüfverfahren beginnt unmittelbar nach der Nachbehandlungsperiode. Bei Probekörpern, die gemäß Kapitel 6.2 hergestellt worden sind, beginnt dies im Alter von 7 Tagen.

### 7.1 Trockenlagerung

Die Probekörper werden in einer Klimakammer ( $20^\circ\text{C} / 65\% \text{ r. F.}$ ) zur Oberflächentrocknung für 21 Tage gelagert. Eine Überwachung des Gewichtes wird empfohlen.

In der Klimakammer soll die Verdunstung einer freien Wasseroberfläche  $45 \pm 15 \text{ g/m}^2\text{h}$  betragen. Die Verdunstung wird durch Gewichtsverlust in einem mit Wasser gefüllten Gefäß mit einer Tiefe von annähernd 40 mm und einem Durchmesser von  $225 \pm 25 \text{ cm}^2$  gemessen. Das Gefäß soll auf  $10 \pm 1 \text{ mm}$  vom Rand gefüllt sein. Eine Überwachung des Gewichtes wird empfohlen.<sup>10</sup>

### 7.2 Probenvorbereitung

Die Seitenflächen der Proben werden 7 bis 2 Tage vor Beendigung der Trockenlagerung mit Aluminiumfolie mit Butylklebung oder mit einem lösungsmittelfreien Epoxidharz abgedichtet.<sup>11</sup> Die Proben müssen sauber und trocken sein. Vor Abdichtung der Seitenflächen wird empfohlen, diese mit einem entsprechenden Primer zu behandeln.

(8) Die Mindestanzahl von 5 Probekörpern wird für die statistische Auswertung und zur Bestimmung von möglichen Ausreißern empfohlen.

(9) Prüfkörper, die nicht wie in § 6.2 beschrieben hergestellt wurden, werden entsprechend behandelt.

(10) Nach der Trockenperiode soll das gesamte gefrierbare Wasser, zumindest nahe der Prüffläche, verdunstet sein. Das wird erreicht, wenn sich ein Wassergehalt einstellt, der einem Gleichgewichtszustand bei 70% r. F. entspricht.

(11) Bei der Durchführung von Frost-Tau- / Frost-Taumittel-Prüfungen verhindert die seitliche Abdichtung eine Verfälschung des Ergebnisses durch eventuelle seitliche Abwitterung.

### 7.2.1 Abdichtung durch Aluminiumfolie mit Butylklebung<sup>11</sup>

Eine Aluminiumfolie mit Butylklebung wird auf die Seitenflächen mit einer Überlappung von 20 mm fest aufge-  
rollt.

### 7.2.2 Abdichtung mit Epoxidharz<sup>11</sup>

Ein lösungsmittelfreies Epoxidharz wird auf die Seitenfläche aufgebracht, wobei die Unterseite des Probekörpers und die Prüffläche freibleiben müssen.

### 7.3 Vorsättigung mit Prüflösung durch kapillares Saugen

Nach der Trockenlagerung werden die Probekörper mit der Prüffläche nach unten auf die 10 mm hohen Abstandhalter in die Prüfbehälter gelegt. Anschließend wird die Prüflösung bis auf eine Höhe von  $15 \pm 1$  mm in den Behälter eingefüllt, ohne daß die Proben von oben feucht werden. (Dies kann erreicht werden, indem man annähernd 17 mm einfüllt und die überschüssige Lösung durch ein Kapillarröhrchen mit einem Abstandhalter von 15 mm absaugt, das an eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen ist.)

Während des kapillaren Saugens muß der Prüfbehälter mit einem Deckel verschlossen werden, der eine abge-  
schrägte Form haben soll, um ein Abtropfen von eventuell auftretendem Kondenswasser auf die Probekörperoberseite zu verhindern.

Das kapillare Saugen dauert 7 Tage bei einer Temperatur von  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Während des kapillaren Saugens soll, abhängig vom Saugvermögen des Materials, der Flüssigkeitsstand kontrolliert und in regelmäßigen Abständen wie oben beschrieben reguliert werden.

Die Gewichtszunahme der Probekörper soll gemessen werden.

### 7.4 Reinigung der Prüffläche vor Beginn der Frost-Tau-Wechsel

Vor Beginn der Frost-Tau-Wechsel sollen lose anhaftende Teilchen und Schmutz von der Prüffläche der Probekörper mittels Behandlung in einem Ultraschallbad, wie in Kapitel 7.6 beschrieben, entfernt werden. Das entfernte Material bleibt unberücksichtigt.

### 7.5 Frost-Tau-Prüfung

#### 7.5.1 Temperatur-Zyklus

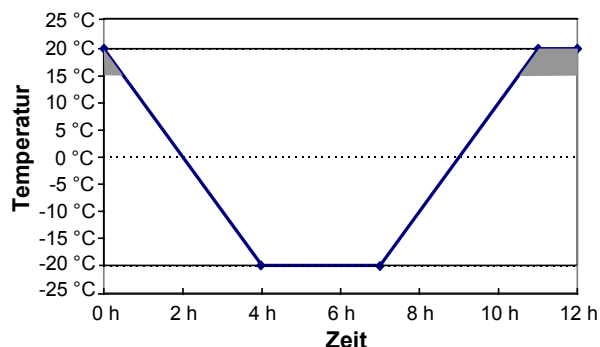


Abb. 6: Kontrolltemperatur-Zyklus

Ein Frost-Tau-Wechsel dauert 12 Stunden (Abb. 6). Die Temperatur wird beginnend bei  $+20^\circ\text{C}$  in 4 Stunden mit einer konstanten Abkühlrate von 10 K/h gesenkt. Sie wird dann 3 Stunden lang bei  $-20^\circ\text{C}$  konstant gehalten

und in 4 Stunden mit einer Heizrate von 10 K/h wieder auf  $+20^\circ\text{C}$  erhöht. Sie wird bei  $+20^\circ\text{C}$  1 Stunde lang konstant gehalten.<sup>12</sup> Der Temperatur-Zyklus wird am Referenzpunkt überwacht. Die Abweichung der Temperatur gemessen am Referenzpunkt soll nicht mehr als  $\pm 0,5$  K zumindest bei der Minimaltemperatur und  $\pm 1$  K bei den übrigen Temperaturen betragen. (Eine konstante Zeitverschiebung zwischen den einzelnen Prüfbehältern ist zulässig.)

### 7.6 Bestimmung der Oberflächenabwitterung

Die Oberflächenabwitterung kann gemessen werden, wenn die Temperatur über  $15^\circ\text{C}$  liegt (schattierte Fläche Abb. 6).

Zum Entfernen der Abwitterungen von der Prüffläche wird der Prüfbehälter in die Übertragungsflüssigkeit eines Ultraschallbads getaucht und für drei Minuten der Ultraschall-Reinigung ausgesetzt. Die Prüflösung, die die Abwitterung enthält, wird gefiltert. Der Papierfilter wird danach bei  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  für 24 Stunden getrocknet und nach einer Stunde ( $\pm 5$  Minuten) Abkühlen bei  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  und  $60 \pm 5\%$  r. F. wird die Masse des Filters, mit den getrockneten Abwitterungen  $\mu_b$ , auf  $\pm 0,01$  g Genauigkeit gemessen. Die Masse des leeren Filters  $\mu_f$  ist zuvor mit der gleichen Genauigkeit aufzunehmen.

Die Masse des abgewitterten Materials  $\mu_s$  ist dann:

$$\mu_s = \mu_b - \mu_f$$

Die Abwitterung wird nach 14 und nach 28 Frost-Tau-Wechsel ermittelt. Zusätzliche Messungen, z.B. nach 4 oder 6 Frost-Tau-Wechseln, sind empfehlenswert.

## 8. Auswertung der Prüfergebnisse

Zu jedem Meßzeitpunkt und für jeden Probekörper ist folgendes zu berechnen:

Die Gesamtmenge des abgewitterten Materials bezogen auf die Prüffläche nach dem n-ten Wechsel  $m_n$ :

$$m_n = \frac{\sum m_s}{A} \cdot 10^6 \quad (\text{g/m}^2) \quad (1)$$

Hier ist:

$\mu_s$  die Masse des abgewitterten Materials nach n Wechseln mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,01$  g. Die Summe wird über alle Messungen bis zum n-ten Wechsel gebildet.

A ist die Größe der Prüffläche. Sie wird auf der Basis der linearen Abmessungen berechnet. Diese werden durch den Durchschnitt von mindestens zwei Messungen gerundet auf die nächsten 0,5 mm bestimmt.

Der Mittelwert und die Standardabweichung müssen bestimmt werden. Das Ergebnis soll nach Ausreißern überprüft werden.

(12) Der Zyklus entspricht im Wesentlichen einer Empfehlung, die auf der Sitzung des RILEM TC 117 „Freeze thaw and de-icing resistance of concrete“ im Mai 1990 vereinbart wurde. Die Dauer der Minimaltemperatur wird ebenso wie die Maximal- und Minimaltemperatur und die Dauer der Kühl- und Heizphase beibehalten. Jedoch ist die Rate angehoben und die Dauer der Maximaltemperatur reduziert worden, um einen 12-Stunden-Zyklus zu erreichen. Es ist nachgewiesen, daß der Einfluß auf die Abwitterung gering ist (Setzer, M.J.; Hartmann, V.: Verbesserung der Frost-Tausalz-Widerstands-Prüfung - Improved frost/ de-icing salt resistance testing. Betonwerk und Fertigteiltechnik, Vol. 57, Heft 9 (1991) 73-82).

Zur Bestimmung des Widerstands gegen Abwitterung werden der Mittelwert und die Einzelwerte der Probekörper nach 28 Frost-Tau-Wechseln verwendet

### 9. Bewertung des CDF-Tests

Der Frost-Tausalz-Widerstand des CDF-Test wird nach 28 Frost-Tau-Wechseln bewertet.

Die Präzision für den Frost-Tausalz-Widerstand (3% Natriumchlorid-Lösung) kann in Anlehnung an ISO 5725 festgelegt werden.<sup>13</sup>

#### 9.1 Präzision des CDF Tests für Betonrezepturen

Man unterscheidet drei Varianten der Präzision: Wiederholpräzision, Vergleichpräzision und Streuung zwischen den Labors. Die Präzision des CDF Tests mit einer 3%igen Natrium-Chloridlösung wurde in Anlehnung an die ISO 5725 für Betonrezepturen bestimmt, wie in Kapitel 6.2 beschrieben. Der Variationskoeffizient  $v$  hängt ab von der mittleren Abwitterung  $m$  bezogen auf die Widerstandsgrenze  $m_0 = 1500 \text{ g/m}^2$

$$v = v_0 \cdot \left( \frac{m}{m_0} \right)^d \quad (2)$$

Die Parameter in Gleichung 2 für die Wiederholpräzision, die Vergleichpräzision und die Streuung zwischen den Labors als Exponentialfunktion der mittleren Abwitterung  $m$  sind:

	Wiederhol- präzision	Zwischen den Labors	Vergleich- präzision
$d$	-0.33	-0.26	-0.29
$v_0$	10.4%	14.0%	17.5%

### 10. Prüfbericht

Der Prüfbericht soll mindestens folgende Angaben enthalten:

Einen Bezug auf diese Prüfvorschrift.

Größe, Herkunft und Bezeichnung der Probekörper.

Im Falle der Prüfung von Betonmischungen oder -ausgangsstoffen die Zusammensetzung des Betons.

Die Zusammensetzung der Prüflösung (Wasser oder Salzlösung)

Die Masse des abgewitterten Materials für jeden Probekörper sowie den Mittelwert und die Standardabweichung in  $\text{g/m}^2$  abgerundet auf die nächsten  $1 \text{ g/m}^2$  mindestens nach 14 und 28 Wechseln.

Die Masse der aufgesaugten Lösung während des kapillaren Saugens für jeden Probekörper sowie den Mittelwert und die Standardabweichung.

Augenscheinliche Beurteilung (Risse, Abwitterung von Zuschlagspartikeln) vor Beginn und wenigstens nach 14 und 28 Wechseln.

Jegliche Abweichung von diesem Standardprüfverfahren.

verantwortlich für die Übersetzung:

Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Dr.-Ing.habil. Max J. Setzer und Rainer Auberg (Chairman und Secretary of RILEM TC117)

Universität GH Essen, Bauphysik und Materialwissenschaft, Postfach 10 37 64, 45117 Essen

Tel.: 0201/183-2689, Fax: 0201/183-3968,

e-mail: [mj.setzer@uni-essen.de](mailto:mj.setzer@uni-essen.de)

(13) Weitere Hinweise in Bezug auf praktische Anwendung, CDF Widerstandsgrenze und Präzisionsdaten sind in:

Setzer, M.J.; Auberg, R.: Freeze Thaw and Deicing Salt Resistance of Concrete Testing by CDF Method; CDF Resistance Limit and Evaluation of Precision. Materials and Structure 28 (1995) 16 - 31.

Praktische Anwendungen werden behandelt in: HARTMANN, V.: Optimierung und Kalibrierung der Frost-Tausalz-Prüfung von Beton - CDF Test. Dissertation im Fachbereich Bauwesen, Universität GH Essen, 1993.

Die statistische Auswertung wird näher beschrieben in:

AUBERG, R.: Dissertation im Fachbereich Bauwesen, Universität GH Essen (1996).

Grundlagen des CDF Tests zuerst beschrieben in:

SETZER, M.J.: Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstands von Betonwaren. Essen, Universität-Gesamthochschule-Essen, Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen Heft 49 (1990).

