Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 26-27 (1958-1959)
Heft: 2

Artikel: Witterungseinfluss auf frischen Beton : Austrocknung
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153356

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

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

CEMENTBULLETIN

FEBRUAR 1958 JAHRGANG 26 NUMMER 2

Witterungseinfluß auf frischen Beton: Austrocknung

Hohlraumbildung, Schwinden, Rissebildung. Einfluss von Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Wind auf die Austrocknungsgeschwindigkeit. Allgemeine Beurteilung des Witterungseinflusses.

Die bestehende Witterung führt zu mehr oder weniger raschem Austrocknen und zur Abkühlung oder Erwärmung des frischen Betonkörpers. Durch diese Einflüsse kann die Betonstruktur beeinträchtigt werden. Die erforderlichen Schutzmassnahmen sind allgemein bekannt, hingegen wird oft die Witterungssituation und die entsprechende Folge nicht genügend eingehend beurteilt. Eine schematische Regelung nach Jahreszeiten oder ein jeweiliger kurzer Blick auf die Bedeckung des Himmels kann keineswegs genügen und verleitet zur Missachtung oder auch Überschätzung des Witterungseinflusses. Im Hinblick auf die kommende Bausaison möchten wir kurz auf diese Probleme eintreten.

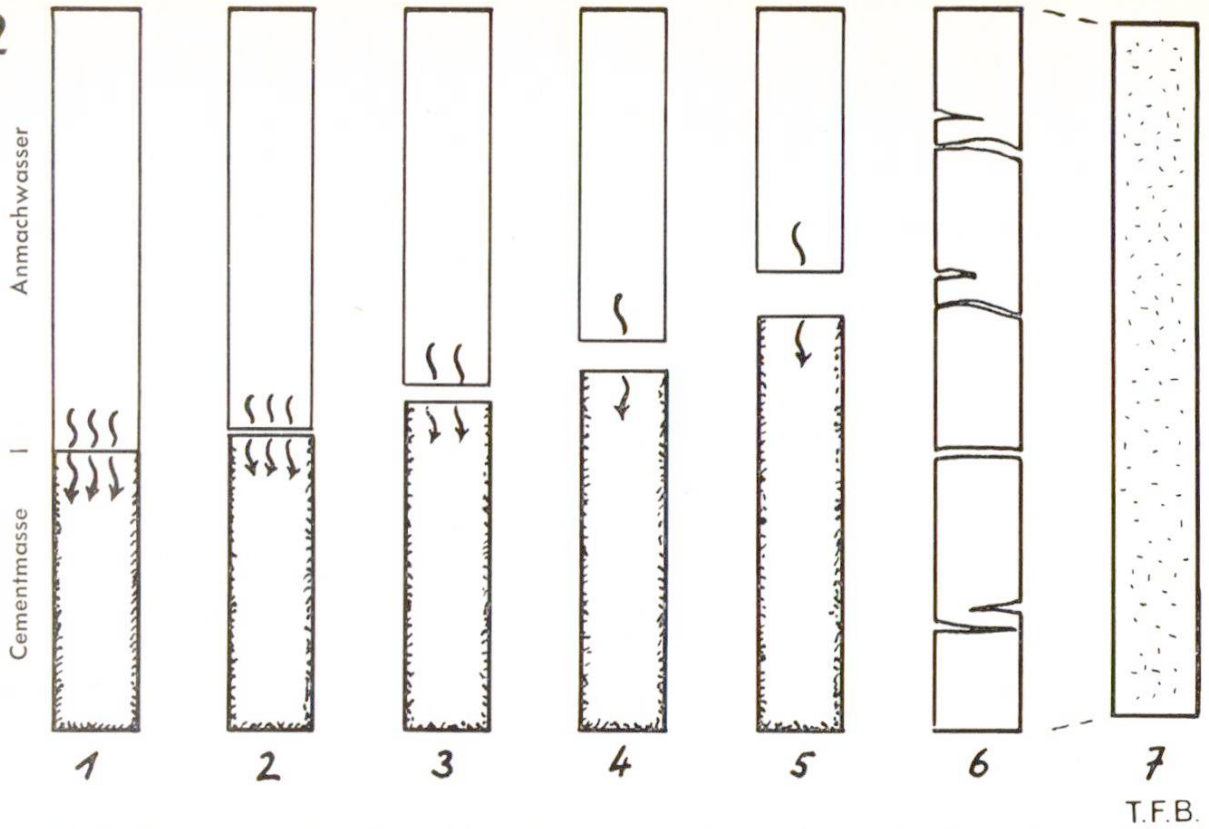


Abb. 1 Schrumpfen des Wasser-Cementgemisches infolge der Hydratation. Schematische Darstellung der räumlichen Verhältnisse bezüglich der Wasserbindung und damit verbundenen Volumenverminderung.
1: nach dem Anmachen, 2: nach 7 Std., 3: nach 24 Std., 4: nach 3 Tagen, 5: nach 28 Tagen, 6: Rissebildung durch behindertes Schwinden, 7: mikroskopische Hohlraumbildung bei freiem Schwinden.

Volumenänderung und Hohlraumbildung

Das abgehende Wasser hinterlässt im Betonkörper Hohlräume, welche in Form sehr feiner Poren bis zu groben Schwindrissen auftreten. Die Hohlraumbildung wird z. T. durch eine Volumenverminderung ersetzt, wenn der Betonkörper frei beweglich ist oder sein Zusammenhalt (Zugfestigkeit) den entgegenwirkenden Reibungswiderstand zu überwinden gestattet (Abb. 1: 6, 7).
Meistens ist ein Teil des Anmachwassers überschüssig. Dieser dringt beim Verdichten an die Oberfläche, weil zwischen den festen Materialien der Mischung nicht genügend Raum vorhanden ist. Was zurückbleibt, ist eine schon recht steife Masse, bestehend aus den festen Bestandteilen und der ausfüllenden Feuchtigkeit. Das Wasser ist immer noch frei beweglich, d. h. es kann rasch diffundieren, wenn beispielsweise eine aufsaugende Unterlage oder eine Austrocknung an der Oberfläche wirksam ist.
Nach und nach wird ein Teil der Feuchtigkeit durch den Cement chemisch gebunden. Das Abbinden und Erhärten besteht zur Hauptsache aus Hydratationsprozessen. In den ersten 7 Stunden werden dabei ca. 2 g Wasser pro 100 g Portlandcement, in 24 Std.

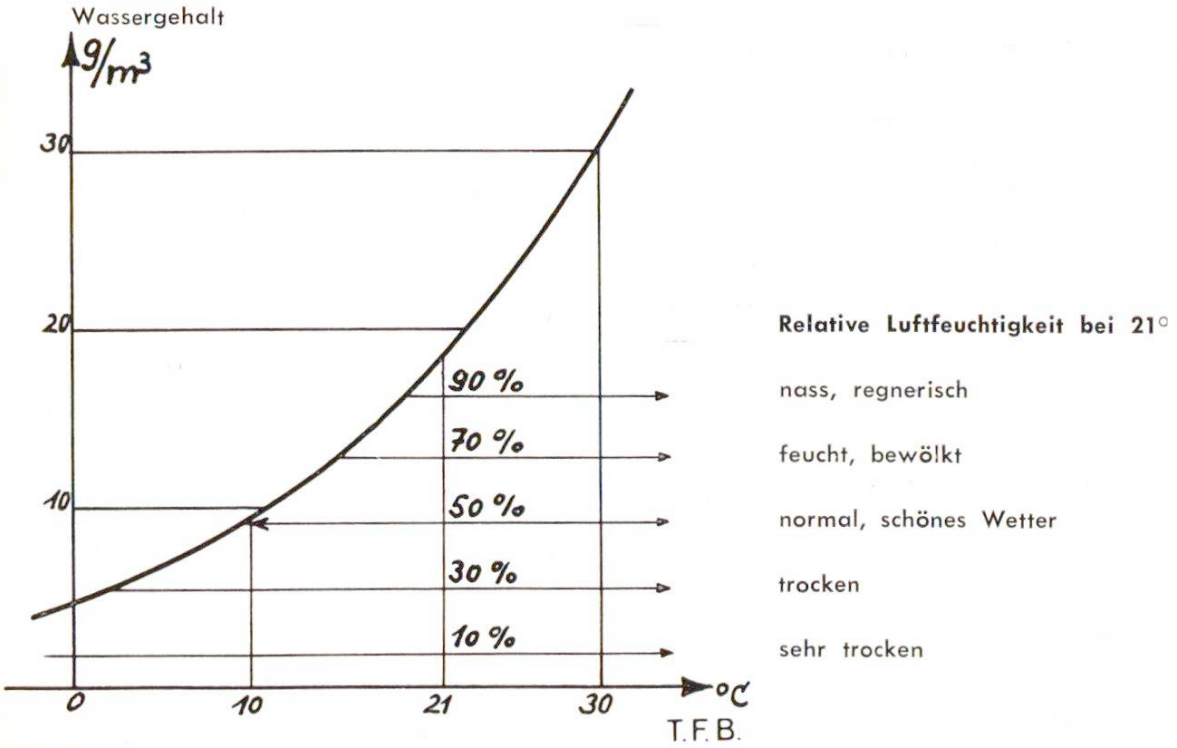
ca. 7 g angelagert. Das nun chemisch gebundene Wasser nimmt ein um ca. 1/4 kleineres Volumen ein als das freie. Die Hydratation ist deshalb von einem **Schrumpfen** begleitet, welches für 100 g Portlandcement in 7 Std. ca. 0,5 cm^3, in einem Tag ca 1,7 cm^3 beträgt (Abb. 1). In einem Betonkörper P 300 entspricht dies 0,15, bzw. 0,5 Vol.-%. Damit hat bereits ein Schwinden oder eine Hohlraumbildung eingesetzt, ohne dass irgendwelches Wasser aus dem Körper entwichen wäre. Da diese Erscheinung parallel mit der Festigkeitsentwicklung fortschreitet, kann sie nur in seltenen Fällen, bei sehr fetten Mischungen, zu sog. Schrumpfrissen und damit zu Schädigungen führen.

Weit gefährlicher ist ein zu rasches Austrocknen des frischen Betonkörpers. Darauf beruhen zwei Arten von Beeinträchtigungen:

a) Der Abgang des Wassers erfolgt in einer Geschwindigkeit, die in keinem Verhältnis zur Festigkeitsentwicklung steht. Der Hohlraumbildung wirkt anfänglich eine zu geringe Kraft entgegen, es entstehen Schwindrisse.

b) Die Austrocknung geht so weit, dass für die Speisung des fortschreitenden Hydratationsprozesses nicht mehr genügend freie

Abb. 2 Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei verschiedenen Temperaturen. Sättigungskurve.
Die Luft kann bis zu einer bestimmten Sättigungsgrenze Wasser aufnehmen. Je höher die Temperatur, desto grösser ist der Wassergehalt bei Sättigung. Die relative Luftfeuchtigkeit ist der Wassergehalt der Luft in Prozenten des Sättigungswertes bei gegebener Temperatur; sie ist in der Abbildung als Beispiel bei 21° eingezeichnet. Kühlt sich z. B. zu 50 % feuchte Luft von 21° auf 10° ab, so erreicht sie bei dieser Temperatur 100 % relative Feuchtigkeit und beginnt Wasser in Form eines Niederschlages auszuscheiden (Nebelbildung, Schwitzwasser).



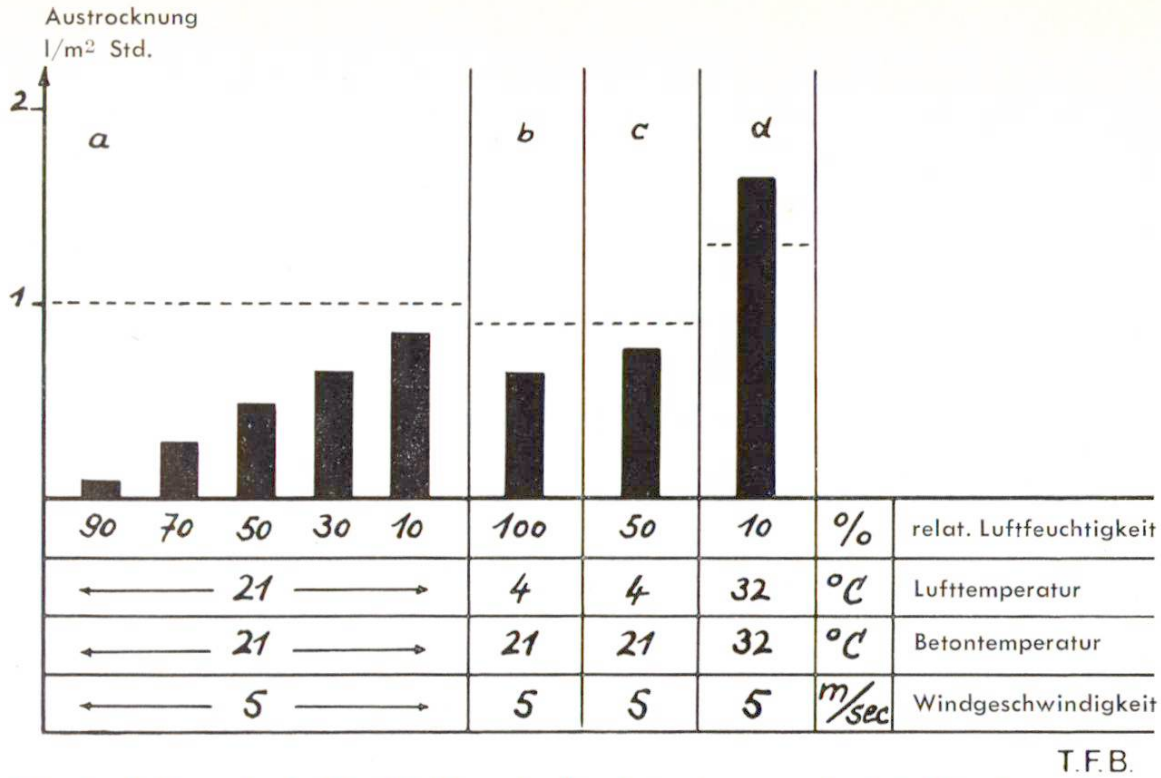


Abb. 3 Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Austrocknungsgeschwindigkeit einer frischen Betonoberfläche.

Feuchtigkeit vorhanden ist und der Cement soweit nicht seine volle Festigkeit entwickeln kann.

Beachten wir noch, was eine **erhöhte Temperatur** des frischen Betons für Auswirkungen hat: Abgesehen vom schnelleren Verdunsten des Anmachwassers beschleunigt Wärme den Abbinde- und Erhärtungsvorgang. Dieser verleitet oft zu einer **erhöhten Wasserzugabe** und führt damit zu **geringerer Festigkeit** und **vermehrtem Schwinden.** Ferner ist manchmal zu beachten, dass eine rein temperaturbedingte Volumenverminderung beim Abkühlen eintritt und zu den übrigen Auswirkungen beiträgt.

Was fördert die Austrocknung?

Wir haben kurz einen Überblick über die Beeinträchtigungen des frischen Betons durch Volumenverminderung gegeben. Zur Hauptsache sind dies die Folgen der **zu raschen Austrocknung.**
Die Geschwindigkeit der Austrocknung ist naturgemäss von der Oberfläche des Körpers abhängig. Je feingliedriger eine Betonstruktur ist, desto grösser seine spezifische Oberfläche und damit die Geschwindigkeit des Wasserverlustes. In einer Betondecke von 5 cm Dicke nimmt der Feuchtigkeitsgehalt unter denselben Bedingungen viel schneller ab, als bei einer solchen von 20 cm. Ander-

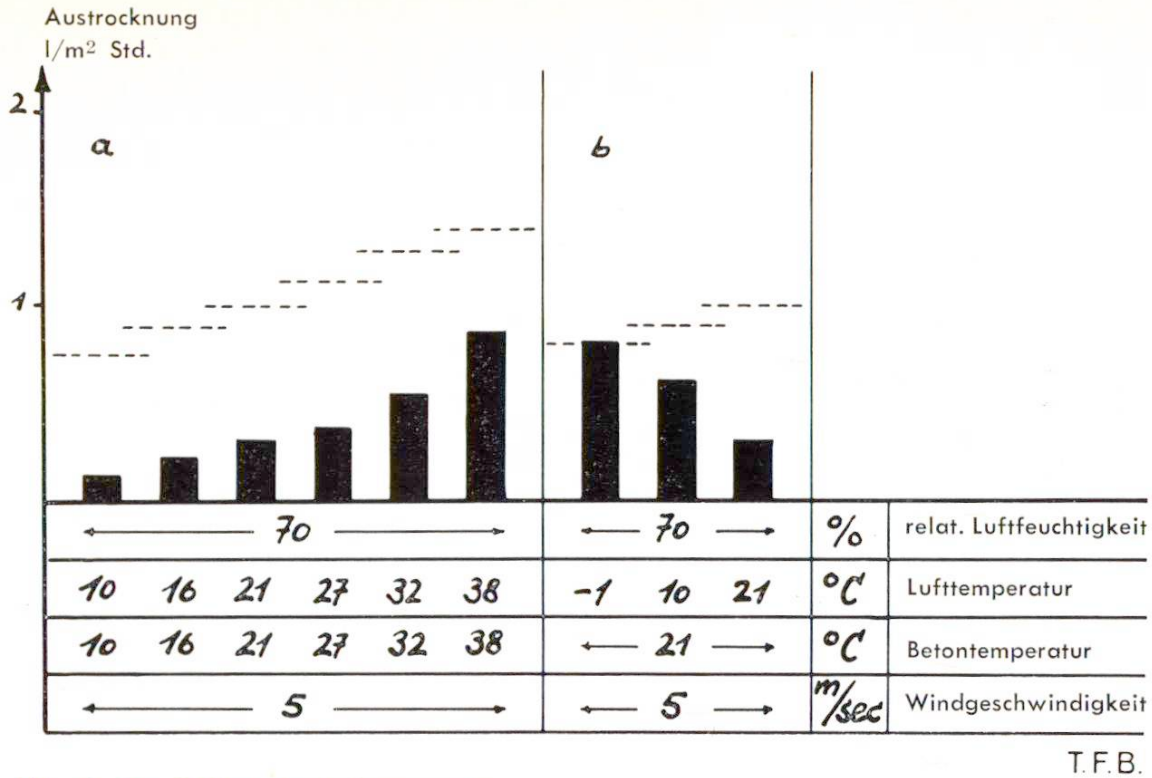


Abb. 4 Der Einfluss der Lufttemperatur

seits ist bei einer Beurteilung zu berücksichtigen, wie die austrocknende Witterung, besonders der Wind, angreifen kann. Es gibt grosse diesbezügliche Unterschiede, in extremem Beispiel gesehen zwischen einer Betonarbeit in luftiger Höhe oder in tiefer Baugrube.

Die Austrocknung und deren Folgen können unmittelbar nach dem Einbringen und Verdichten einsetzen. In den meisten Fällen schützt vorerst die Schalung. Aber dort, bei horizontalen Flächen, wo der Beton frei liegen bleibt, treten oft frühzeitig **plastische Schwindrisse** bis zu erheblicher Tiefe auf. Hätte die Betonmasse schon einigen inneren Zusammenhalt, so könnte sie mit kleinen Verschiebungen auf der Unterlage der einsetzenden Volumenverminderung folgen. Der Schaden würde nicht eintreten. Setzt der Wasserverlust erst nach dem Ausschalen ein, so wirkt doch schon eine gewisse Festigkeit der Bildung von Schwindrissen entgegen.

Die physikalischen Bedingungen, welche die Austrocknung wesentlich beeinflussen, sind:

a) der Feuchtigkeitsgehalt der Luft (Abb. 2)
b) die Luft-Temperatur
c) die Beton-Temperatur (auch durch Sonnenbestrahlung)
d) die Windgeschwindigkeit.

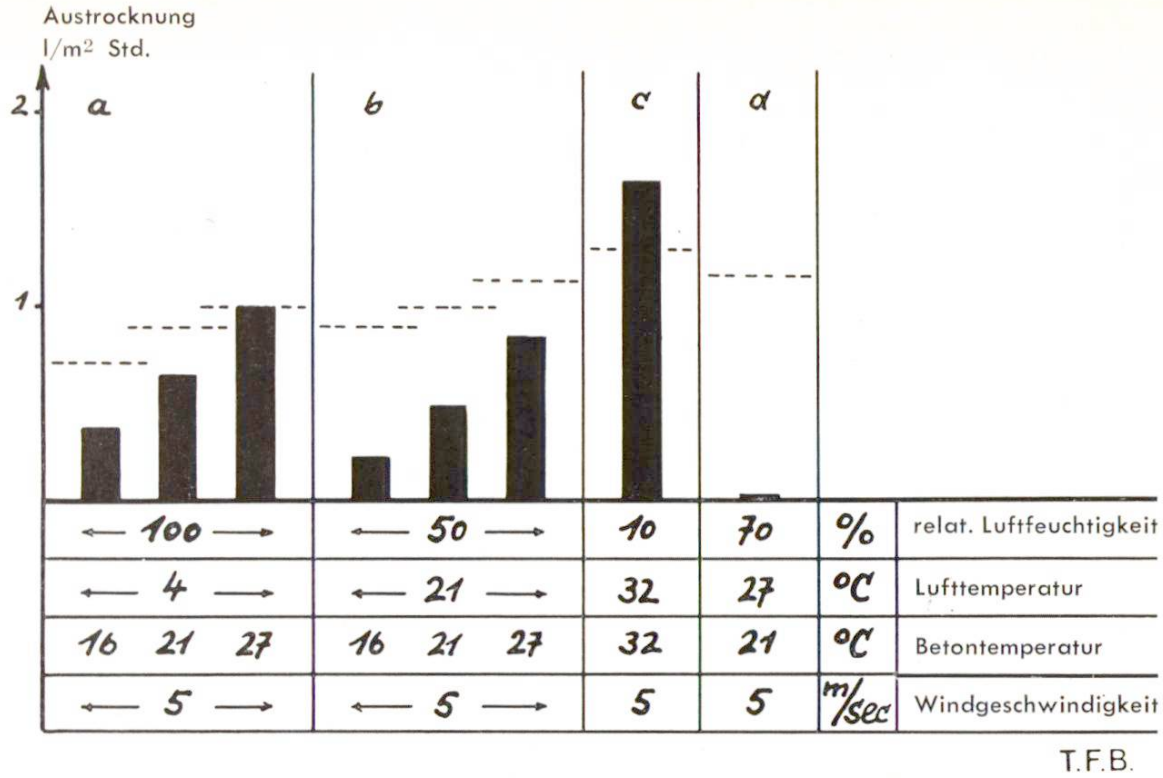


Abb. 5 Der Einfluss der Betontemperatur

Wie wirken sich diese Faktoren auf die Austrocknung aus?

In den Abb. 3—6 sind die Austrocknungsgeschwindigkeiten unter vier verschiedenen Bedingungen dargestellt. Die Angaben, welche sich auf eine freiliegende, frische Betonfläche beziehen, lassen die grossen Unterschiede, verursacht durch das Zusammenwirken der Einflüsse, sehr gut erkennen.

a) Einfluss der Luftfeuchtigkeit (Abb. 3)

Je niedriger der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist, desto grösser ist die Austrocknungsfähigkeit (Abb. 3a). Mit Wasser gesättigte Luft (rel. F. = 100 %) kann kein Wasser mehr aufnehmen, es sei denn, dass die Betontemperatur um einige Grade höher als die Lufttemperatur liegt (Abb. 3b). Die Luftfeuchtigkeit kann nach der Witterung und der Windrichtung ungefähr geschätzt werden. Angaben hierzu siehe Abb. 2 und im folgenden.

b) Einfluss der Lufttemperatur (Abb. 4)

Die Lufttemperatur wirkt sich im engen Zusammenhang mit der Luftfeuchtigkeit aus. Es ist wichtig zu wissen, dass ein Temperaturanstieg die relative Luftfeuchtigkeit herabsetzt, die Luft damit trockener wird. Aus Abb. 2 ist zu erkennen, dass die relative Luftfeuchtigkeit nach einem Temperaturanstieg von 10° nur noch etwa die Hälfte des ursprünglichen Wertes beträgt. 100 % bei 10°

entsprechen 50 % bei 21°. Die in Abb. 4a gezeigten Austrocknungsgeschwindigkeiten bei steigender Temperatur beziehen sich auf die gleiche Wasseraufnahmefähigkeit der Luft. Die Zunahme beruht in diesem Falle auf einem höheren Wasserdampfdruck an der Oberfläche des frischen Betons. Dies zeigt sich auch in der Abb. 4b, wo unter den angegebenen Umständen überraschenderweise bei tieferer Lufttemperatur eine stärkere Verdunstung in Erscheinung tritt, als bei höherer. **Auch bei kalter Witterung kann grosse Austrocknungstendenz bestehen!**

c) Einfluss der Betontemperatur (Abb. 5)

Abb. 5a und b veranschaulicht eine Steigerung der Austrocknungsgeschwindigkeit, je mehr die Betontemperatur die Lufttemperatur übersteigt. Abb. 5d zeigt den umgekehrten Fall mit tiefer liegender Betonwärme und praktisch keinem Wasserverlust. Mit der Betontemperatur steigt oder fällt die Abbinde- und Erhärtungsgeschwindigkeit. Damit ist neben der Austrocknungstendenz ein zweiter Zusammenhang mit der möglichen Bildung von Schwindrissen gegeben. Wegen der langsameren Festigkeitsentwicklung muss bei niedrigen Temperaturen die Gefahrengrenze der Austrocknungsgeschwindigkeit (in den Abb. 3—6 schätzungsweise eingezeichnet) etwas tiefer angesetzt werden.

d) Einfluss des Windes (Abb. 6)

Der Einfluss des Windes besteht darin, dass er der feuchten Betonoberfläche immer neue aufnahmefähige Luft zuführt. Je stärker der Wind, desto rascher erfolgt die Austrocknung. Wenn sich unter normalen Umständen (Abb. 6a) der Windeinfluss recht bescheiden ausnimmt, so zeigt. Abb. 6c eindrücklich, wie gross und gefährlich die Steigerung der Austrocknung bei aufkommenden trockenen Winden werden kann.
Winde bestimmter Herkunftsrichtung haben gewöhnlich einen charakteristischen Feuchtigkeitsgehalt und damit eine zu erwartende Austrocknungsfähigkeit. Für die Alpen-Nordseite gelten SW-Winde als feucht, W- und NW-Winde als sehr feucht, NE- und E-Winde als trocken, S-Winde als sehr trocken.

Diese Ausführungen sollen dazu beitragen, die Massnahmen zur Vermeidung von Schwindrissen im richtigen Umfange zu treffen. Die graphischen Darstellungen geben Anhaltspunkte über das Zusammenwirken der verschiedenen Einflüsse. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass auch bei kühl und feucht anmutenden Witterungsbedingungen unter Umständen erhebliche Austrocknungsgeschwindigkeiten vorkommen können (Abb. 3b, 4b, 5a).

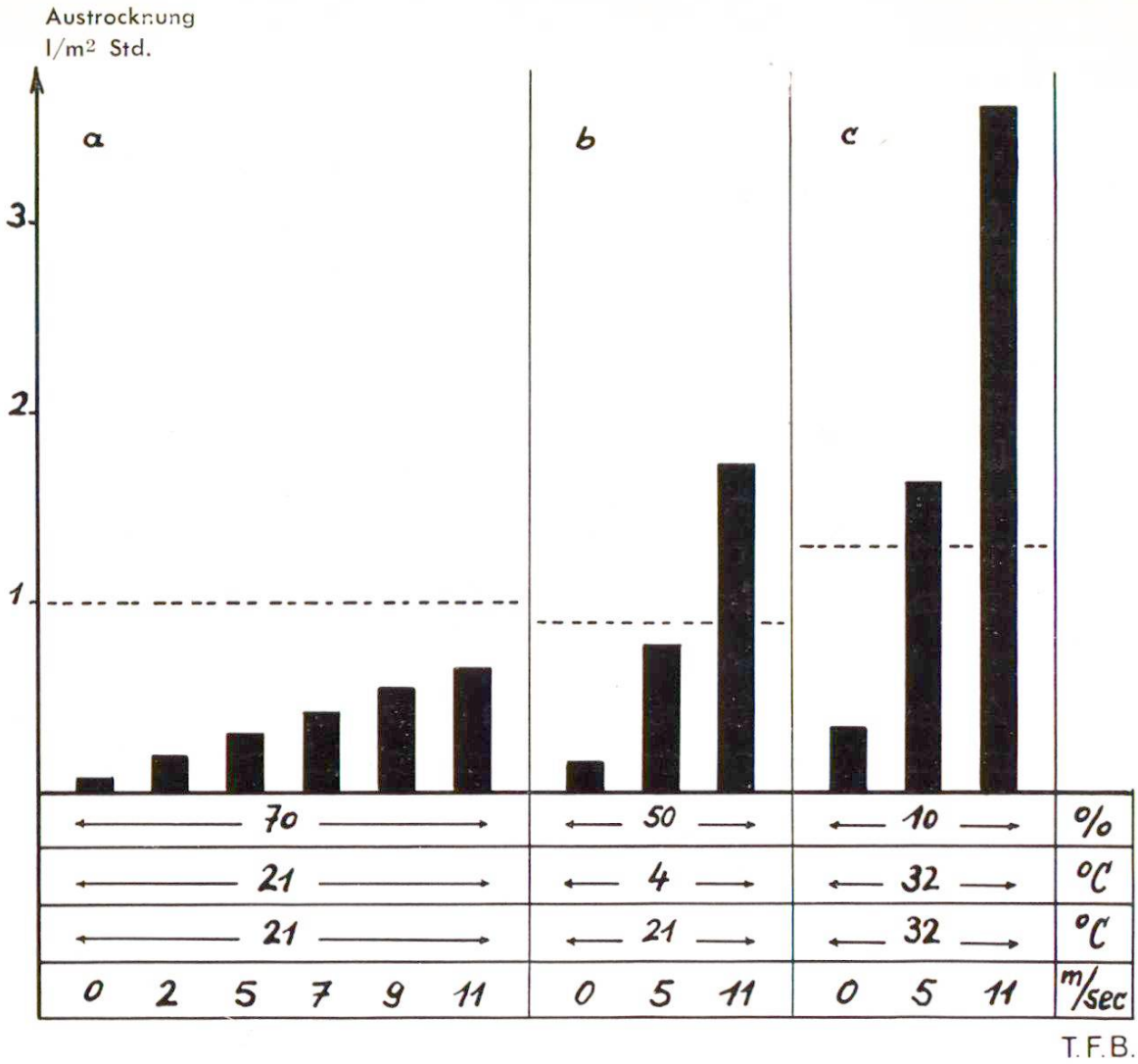


Abb. 6 Der Einfluss der Windgeschwindigkeit

Literatur

W. Czernin, Zement-Kalk-Gips, **9,** 525 (1956).

W. Lerch, J. Am. Concrete Inst. **28,** 797 (Febr. 1957), (Unterlagen für Abb. 3—6), referiert in «Zement-Kalk-Gips», **10,** 332 (1957).

ACI-Committee 605, J. Am. Concrete Inst. **28,** 1025 (May 1957).

Zu jeder weitern Auskunft steht zur Verfügung die

TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER E. G. PORTLAND
WILDEGG, Telephon (064) 8 43 71