

# Betontechnologische und klimatische Besonderheiten beim Bauen in heissen Ländern

Autor(en): **Altmann, K.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **11 (1980)**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11295>

## **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.

**V****Betontechnologische und klimatische Besonderheiten beim Bauen in heissen Ländern**

Concrete-technological and climatic peculiarities for construction work in hot regions

Technologie du béton et particularités climatiques dans les pays chauds

**K. ALTMANN**

Prof. Dr. -Ing.

Technische Universität Berlin

Berlin (West)

**ZUSAMMENFASSUNG**

Am Beispiel des Grossflughafens Jeddah, Saudi Arabien, werden die beim Bauen in heissen Ländern beachtenswerten betontechnologischen und klimatischen Besonderheiten geschildert. Aus den dort in Feldversuchen gewonnenen Ausdehnungskoeffizienten und Schwindmassen lassen sich in Verbindung mit den mehrjährigen Klimamessdaten die zu erwartenden Betonverformungen angeben, die unter solchen Bedingungen sehr hohe Werte annehmen können.

**SUMMARY**

The airport of Jeddah in Saudi Arabia serves as a typical example of the principal concrete-technological and climatic peculiarities for construction work in hot regions. By means of the coefficients of expansion and the shrinkage values ascertained in field tests there, the concrete deformations to be expected can be determined on the basis of the climatic data recorded over a period of several years. These deformations can be very considerable under such conditions.

**RESUME**

Le grand aéroport de Djeddah, en Arabie Saoudite, illustre les particularités remarquables que présente la construction en béton dans les pays chauds. Les coefficients de dilatation et de retrait obtenus à la suite d'essais réalisés sur le chantier à Djeddah permettent, en liaison avec les relevés climatiques établis au cours de plusieurs années, d'indiquer les déformations prévisibles du béton; celles-ci peuvent atteindre, dans de telles conditions, un niveau très élevé.



## 1. EINLEITUNG

Das Bauen in heißen Ländern erfordert eine stärkere Beachtung der dort herrschenden Klimabedingungen als dies in dem gemäßigten Klima der meisten Industrieländer notwendig und üblich ist. Viele Baustoffeigenschaften werden unter der Einwirkung von stärkerer Sonneneinstrahlung, höheren Lufttemperaturen und Windgeschwindigkeiten sowie extremen Luftfeuchtigkeitsschwankungen verändert. Bei dem Baustoff Beton zählen dazu u. a. die Wärme- und Feuchtigkeitsdehnungen von aus ihm hergestellten Bauteilen. Die dadurch entstehenden Beanspruchungen entsprechen nicht den gebräuchlichen Normvorschriften, da diese auf Untersuchungen bei gemäßigtem Klima beruhen.

In dem folgendem Bericht sollen am Beispiel des Flughafenneubaus Jeddah in Saudi Arabien einige typische Probleme beim Erstellen von Betonbauwerken aufgezeigt und aufgrund von dort ausgeführten Messungen die zu erwartenden Betonverformungen angegeben werden.

## 2. BAUSTELLENBEDINGUNGEN

Der Flughafen wird in der Nähe der Hafenstadt Jeddah auf einem etwa 30 km breiten, flachen Küstenstreifen entlang des Roten Meeres gebaut. Das wüstenartige Gelände besitzt wegen des nur an wenigen Stunden im Jahr fallenden Regens praktisch keine Vegetation. Ein aus nördlichen Richtungen während des Tages wehender lebhafter Wind mit einer Geschwindigkeit von selten weniger als 10 m/s kann deshalb ungehindert auf die Betonflächen einwirken.

Außer dem Beton für die Start- und Landebahnen wurden für die Abfertigungs- und Versorgungsbauten einige 100.000 m<sup>3</sup> Beton benötigt, der als Pumpbeton einzubauen war. Die Betonbereitung geschieht zum großen Teil in üblichen Baustellenmischanlagen; für besondere Konstruktionsteile aber auch in einem Fertigteilwerk. Zwischen den Mischanlagen und dem Einbauort liegen meist Entfernungen von etwa 5 km, die der Frischbeton in Fahrzeugmischern transportiert werden muß.

Die seit zwei Jahren lückenlos vorliegenden Wetterbeobachtungen auf der Baustelle zeigen eine während des ganzen Jahres ziemlich gleichbleibende Sonnenscheindauer von annähernd 10 bis 12 Stunden je Tag.

Die Lufttemperaturen erreichen im Winter Tageshöchstwerte von 30° C bis 35° C und im Sommer von 35° C bis 42° C. An einzelnen Tagen sind jedoch auch Höchstwerte von 48° C gemessen worden. Zur Nacht kühlt sich die Luft um etwa 10 bis 15 K ab.

Die Luftfeuchtigkeit liegt das ganze Jahr über nachts nahe dem Sättigungspunkt. Sie fällt mit Sonnenaufgang auf Werte zwischen 50 % und 20 % relativer Feuchtigkeit ab. Im Winter ist die Luft am Tage meist trockener als im Sommer. In einigen Sommerwochen sinkt die Luftfeuchtigkeit auch am Tage nicht unter 70 % r. F. ab.

## 3. BETONTECHNOLOGISCHE BESONDERHEITEN

Als Zuschlag für den Beton wird ein in Baustellennähe natürlich vorkommendes loses Erosionsprodukt aus Granit verwendet, das wegen der geringen Regenmengen in kantiger und splittiger Form

mit einem hohen Feinkornanteil entstanden ist und sich in den Gebirgstälern abgelagert hat. Der Wassermangel erzwingt eine trockene Zuschlagaufbereitung, so daß bei der Trennung in einzelne Korngruppen der hohe Feinkornanteil praktischerhalten bleibt und sich vorwiegend im Sand wiederfindet. Dies ist mit beachtlichem Aufwand allenfalls durch eine Windsichtung der Zuschläge zu umgehen. Eine weitere Verschlechterung des Kornaufbaus kann durch das Anwehen von Feinstsand durch den dort vorherrschenden kräftigen, zu Sandstürmen neigenden Wind entstehen. Ein solcherart zusammengesetzter Zuschlag führt bekanntlich zu einem hohen Wasseranspruch, der dann zwangsläufig den Zementgehalt im Beton anwachsen läßt.

Die Zuschlagtemperaturen erreichen in den Sommermonaten Werte von mehr als 50° C. Auch der Zement und das Anmachwasser übersteigen in ihren Temperaturen die für den Frischbeton nach den international üblichen Normvorschriften geforderte Höchsttemperatur von 30° C. Diese geforderte Höchsttemperatur des Frischbetons kann z. B. mit Hilfe von auf + 5° C abgekühltem Anmachwasser knapp unterschritten werden. Die Transportzeit und die unvermeidlichen Verzögerungen bei der Annahme des Betons aus den Fahrzeugmischern in Verbindung mit hoher Lufttemperatur und starker Sonnenstrahlung läßt die Frischbetontemperatur im Fahrzeugmischer jedoch leicht wieder über die 30° C-Marke ansteigen. Dem dadurch hervorgerufenen schnelleren Ansteifen des Betons kann durch Zugabe von Zusatzmitteln begegnet werden. Die Wirkung von Zusatzmitteln ist jedoch bei diesen Temperaturen nicht immer eindeutig und sicher vorhersehbar. Hier mangelt es noch an aussagefähigen Untersuchungsergebnissen, die das Verhalten von Zusatzmitteln unter solchen Temperaturbedingungen zutreffend beschreiben.

#### 4. BETONVERFORMUNGEN

##### 4.1 Schwinden

Die hohe Lufttemperatur, starke Sonneneinstrahlung, der fehlende Regen bewirken in Verbindung mit dem ständigen Wind sowie zeitweise sehr geringer Luftfeuchtigkeit eine rasche Austrocknung der Betonbauteile und lassen ein hohes Schwindmaß erwarten. Eine schon für gemäßigttes Klima geforderte Nachbehandlung des Betons ist deshalb unter diesen Bedingungen besonders wichtig, zumal die geschilderte wasser- und zementreiche Mischung das Schwinden noch begünstigt. Der Wassermangel und der ständige Wind setzen einer wünschenswerten Nachbehandlung jedoch in der Praxis enge Grenzen. In bestimmten Anwendungsfällen bleiben nur die einen Kunststoff-film bildenden Aufsprühmittel, die je nach Dampfdurchlässigkeit des Films eine Verringerung der abdampfaren Wassermenge bewirken. Je undurchlässiger der Film umso langsamer ist seine Abwitterung, so daß sein Einsatz auf Betonoberflächen beschränkt bleibt, die für eine spätere Bekleidung keine Haftfähigkeit besitzen müssen.

Unter diesen Bedingungen können z. B., die in den Deutschen Normen vorgegebenen Schwindmaße dort nicht gelten. Es war deshalb in Feldversuchen, die möglichst den Baustellenbedingungen angepaßt waren, zu klären, in welchem Maße der Beton schwindet und welchen Einfluß verschiedene Nachbehandlungs- und Lagerungsmethoden auf das Schwindverhalten und seine Zeitabhängigkeit haben.



Die Ergebnisse der auf dem Baustellengelände in Zusammenarbeit mit der HOCHTIEF AG durchgeführten Schwindmessungen zeigt Bild 1

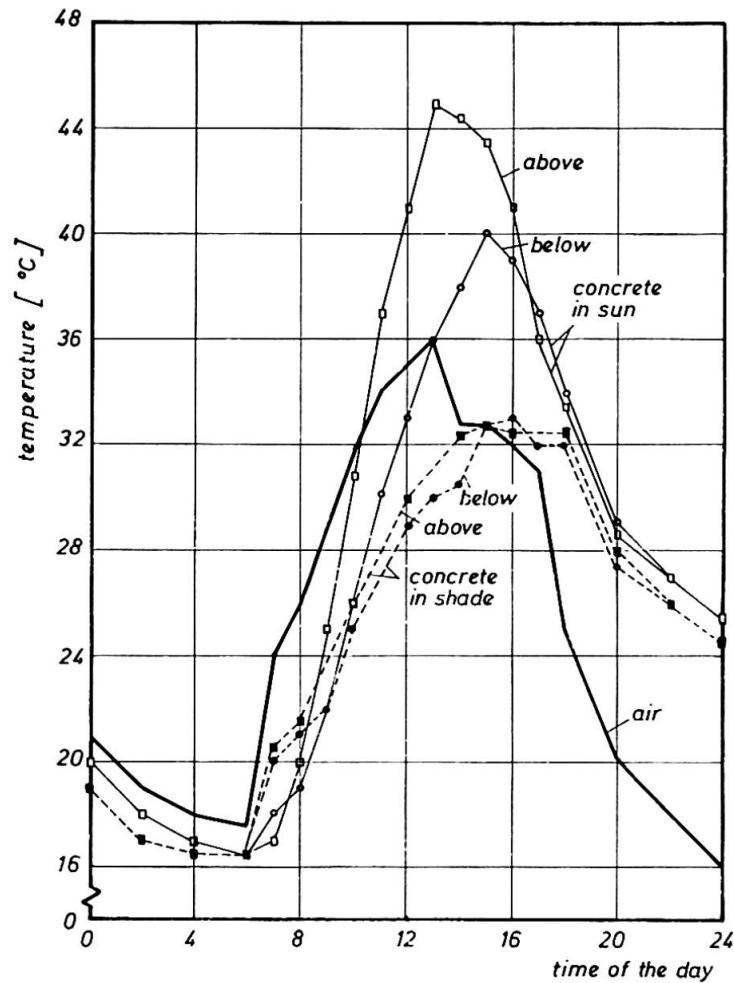


Fig. 1 Shrinkage of concrete specimens 100 x 50 x 12 cm in different kinds of curing and storing in Jeddah. Water/cement-ratio 0,59; cementcontent 380 kg/m<sup>3</sup>

Danach beginnen die in der Sonne gelagerten und an der Oberfläche mit einem Film geschützten A-Proben gegenüber den B-Proben mit gleicher Nachbehandlung, aber im Schatten gelagert, etwa 2 Tage früher zu schwinden. Sie erreichen bis zum einmalig eingetretenen Regen nach etwa 300 Tagen ein um nahezu 1/3 höheres Schwindmaß. Die Sonneneinstrahlung bewirkt offensichtlich eine intensivere und schnellere Austrocknung der Kapillarporen in den A-Proben.

Das Feuchthalten der Betonoberflächen in den ersten 5 Tagen bei den C-Proben läßt das Schwinden nach dem 3. Tag praktisch zum Stillstand kommen. Erst wenn die feuchte Abdeckung entfernt wird, schwinden diese der Sonne ausgesetzten Körper in ähnlicher Zeitabhängigkeit wie die anderen Körper. Ein Feuchthalten des Betons im jungen Alter bewirkt also einen besseren Schutz gegen das Wasserverdunsten und damit gegen das gefährliche Schwinden als ein zu diesem Zweck aufgesprühter Film.

Eine noch bessere Wirkung wird jedoch durch die Verhinderung der Sonneneinstrahlung erzielt, wie die Schwindwerte der B-Körper zeigen. Den Einfluß der Sonneneinstrahlung auf die Erwärmung des Betons in solchen heißen Ländern gibt Bild 2 wieder.

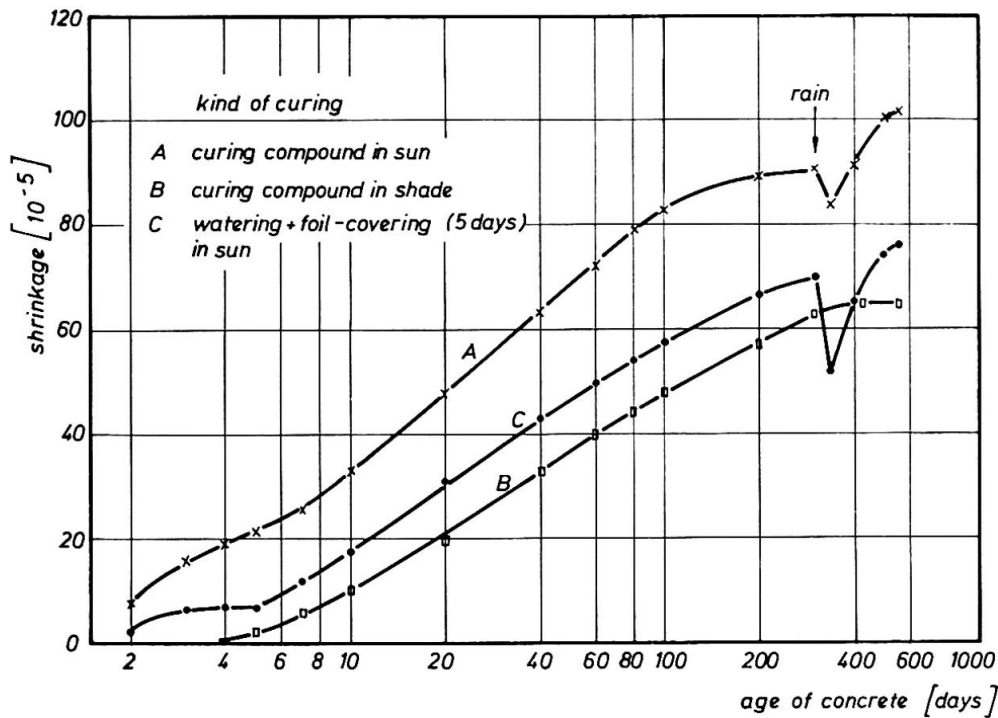


Fig. 2 Temperatures from air and concrete specimens 100 x 50 x 20 cm, placed in sun or in shade, during 8 th March 1978

Dort sind die Oberflächentemperaturen an der Ober- und Unterseite der Körper A und B sowie die Lufttemperatur während eines vollen Tages aufgetragen. Infolge von Sonneneinstrahlung steigen die Temperaturen der A-Körper um bis zu 9 K über die Höchstwerte der Lufttemperatur an. Die vor Sonneneinstrahlung geschützten B-Proben bleiben dagegen in ihren Temperaturen knapp unterhalb von denen der Luft. Die zusätzliche Erwärmung der A-Körper führt zu ihrer vermehrten Austrocknung und erklärt das höhere Schwindmaß.

Das Endschwindmaß ist nach 2 Jahren Versuchsdauer allenfalls von den vor Regenwasser geschützten B-Körpern bei etwa  $65 \cdot 10^{-5}$  erreicht. Das infolge von Regenwasser eingetretene Vorübergehende Quellen der A- und C-Körper führt zwar zu einem erneuten Anstieg der Schwindkurven, es kann jedoch auch für diese Körper ein Endschwindmaß von etwa  $105 \cdot 10^{-5}$  bzw.  $80 \cdot 10^{-5}$  abgeschätzt werden. Diese Werte übertreffen die z. B. in den Deutschen Normen enthaltenen Endschwindmaße um mehr als 100 %.

#### 4.2 Wärmedehnung

Die Höhe der Wärmedehnung eines Körpers ist durch seinen linearen Ausdehnungskoeffizienten und die Temperaturänderung bestimmt. Mit dem bei Laboruntersuchungen an dem in Jeddah verwendeten Beton festgestellten linearen Ausdehnungskoeffizienten von  $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ,



der für einen mittleren Betonfeuchtigkeitsgehalt gilt, können die zu erwartenden Betonverformungen abgeschätzt werden, wenn die möglichen Temperaturschwankungen bekannt sind. Innerhalb eines Jahres war an dünnen Betonplatten eine größte mittlere Temperaturänderung von 30 K gefunden worden. Die größte gemessene tägliche Temperaturänderung betrug dagegen nur 24 K. Da jedoch die Bauteile im allgemeinen bei einer höheren als der gemessenen Minimaltemperatur hergestellt werden, ist dadurch mit Dehnungen bzw. Stauchungen von höchstens  $20 \times 10^{-5}$  zu rechnen. Dieser Wert liegt nur unwesentlich über dem z. B. in der Deutschen Norm vorgesehenen Wert, so daß die Wärmedehnungen keiner besonderen Beachtung bedürfen.