

# Elektrische Erwärmung von Beton

Autor(en): **Kunz, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **103/104 (1934)**

Heft 6

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83160>

## **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.

bauen unter ganz anderen Bedingungen als wir. Piacentini, eine der stärksten Hoffnungen des jungen Italien, nennt in einer Art ästhetischen Bekenntnisses als wichtigste Faktoren für die italienische Baukunst: die Tradition, den Hang zur Monumentalität im Städtebau und zum Individualismus im Hausbau, das Klima und die verlockende Auswahl von eigenen und edlen Materialien.

### Elektrische Erwärmung von Beton.

Von Ing. C. KUNZ, Bauwirtschaftliche Zentralstelle, Bern.

Bekanntlich hat die Bauwirtschaftliche Zentralstelle (vgl. Band 101, S. 206, 29. April 1933) vorgeschlagen, die Bauarbeiten auf eine längere Jahresdauer zu verteilen, um nach Möglichkeit den Mangel an einheimischen Arbeitskräften im Sommer und den Ueberfluss an solchen im Winter zu verhindern. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage: Wie kann man während Frostperioden betonieren?

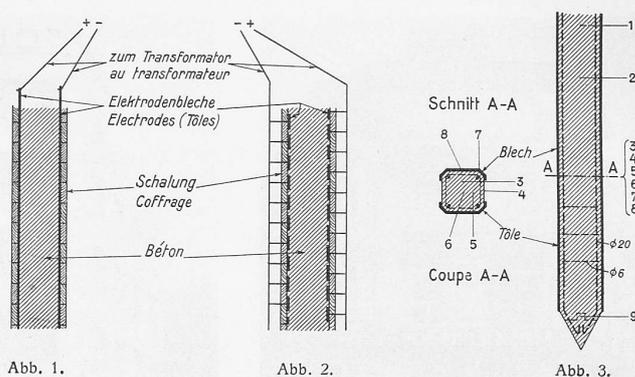
Durch Hinzufügung von bekannten, preiswerten und bewährten chemischen Produkten; durch die Erwärmung der Materialien, wie Wasser und Sand; durch Zudecken des Betons mit Säcken usw., oder neuerdings durch Temperaturerhöhung mittels elektrischem Strom. Die technische Zeitschrift „Byggnadsvärlden“, Stockholm (Nr. 13, 1932), hat über die letzterwähnte Möglichkeit eine interessante Abhandlung von Prof. H. Bohling und Ing. A. Brund über den Erfolg diesbezüglicher Versuche veröffentlicht. Wir haben daraus die technischen Angaben und Schlussfolgerungen zu Gunsten unserer Bestrebungen vervollständigt und unterbreiten sie unserer schweizerischen Bauwelt.

#### Zufuhr und Verteilung der elektrischen Energie.

Damit die elektrische Erwärmung mit andern Verfahren vorteilhaft konkurrieren kann, muss die Leistung des elektrischen Wärmeapparates verhältnismässig hoch sein, da die Elektrizität bekannterweise teurer ist als andere Heizmittel. Es ist bewiesen, dass die elektrische Erwärmung ohne vorherige komplizierte Installation erreicht werden kann, indem eine frisch gegossene Betonmasse als Wechselstromleiter niedriger Spannung dient. Ihr elektrischer Widerstand erzeugt Wärme. Die Wärmeverluste an die Umgebung sind vorteilhafterweise sehr gering, auch wirkt die Verschalung wärmeisolierend. Der Strom wird im allgemeinen durch Elektrodenbleche (gewöhnliche Schwarzbleche billigster Sorte) zugeführt. Die Bleche kommen in unmittelbare Berührung mit dem frisch gegossenen Beton und werden durch Leitungen mit der Wechselstromquelle verbunden.

Abb. 1 zeigt den Querschnitt durch eine Betonmauer ohne Eisenarmierung. Die Verschalung braucht nicht ganz mit Blechen bedeckt zu werden; es kann daran gespart werden, indem man zwischen den Blechen gewisse Flächen frei lässt (Abb. 2).

Abb. 3 zeigt einen armierten Pfahl. Der Strom geht durch zwei gegenüberliegende Bleche, die die ganze Fläche der Verschalung decken. Die Armierung hat den elektrischen Widerstand vermindert, ohne den durchgehenden Strom zu stören, sodass die Temperatur während der Erwärmung gleichmässig gestiegen ist. Tabelle I gibt Temperaturverteilung, Stromstärke, Spannung und Leistung. Es geht daraus hervor, dass keine bedeutenden Temperaturunterschiede festzustellen sind, weder bei der Erwärmung



noch bei der Abkühlung. Das Betonvolumen betrug 0,125 m<sup>3</sup>. Für die ganze Behandlung hat man rd. 5 kWh verbraucht. Ausser der gewöhnlichen Verschalung wurde keine Wärmeisolation verwendet. Ungefähr 24 h nach dem Guss wurde die Form entfernt. Der helle Klang beim Anschlagen deutete schon zu dieser Zeit auf eine gute Erhärtung. Balken von verschiedenen Stärken, Maschinenfundamente und andere armierte Körper wurden nach dem gleichen Verfahren behandelt; die Temperaturverteilung war in allen Fällen befriedigend.

In gewissen Fällen, wo nur eine Fläche mit Elektrodenblechen bedeckt werden kann, wie z. B. bei Böden, Wänden, gewissen Balkenkonstruktionen usw., wird vorteilhaft nur diese eine Fläche bedeckt, nachdem das Betonieren fertig ist (Abb. 4). Jedes zweite Elektrodenblech ist dabei mit dem gleichen Transformatorpol verbunden, sodass die Strombahnen im Beton von jedem Blech zu dessen beiden Nachbarn gehen, wobei sie bogenförmig in die Masse eindringen. Für diesen Fall wählt man Elektrodenblechstreifen von 10 bis 15 cm Breite. Dieses System hat den Vorteil, dass die Arbeit mit Schalung und Guss ohne Rücksicht auf die nachfolgende elektrische Behandlung ausgeführt werden kann. Das Elektrodensystem kann mit Vorteil ein für allemal hergestellt werden, indem man z. B. auf die Unterseite von wasserdichten Zeltbahnen die Elektrodenbleche befestigt (Abb. 4).

Bei der elektrischen Behandlung einer grösseren Anzahl gleicher Teile ist es vorteilhaft, eine Serienschaltung von mehreren Körpern zu verwenden, wodurch man auf dem Arbeitsplatz Raum sparen kann und auch die Wärmeausnutzung verbessert wird. Bei moderneren Formkonstruktionen, wo die Verschalungen mehrmals gebraucht und zu diesem Zweck durch mechanische Anordnungen verschoben werden, können die Installationen der elektrischen

Tabelle I.

Zeit	Amp.	Volt	Watt	Temperaturen in °C in den Messpunkten 1 bis 9 (Abb. 3), mit Thermometer aufgenommen								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
17 15	—	—	—	17,5	17,5	17,5	17,8	17,8	17,8	18,0	17,5	17,5
18 30	24,5	22,3	550	17,5	17,5	17,5	17,8	17,8	17,8	18,0	17,5	17,5
19 30	28,0	22,0	616	22,0	21,7	22,8	24,0	22,2	21,5	21,9	23,8	24,5
20 30	29,5	22,0	650	30,0	30,2	30,3	31,6	30,0	29,0	33,0	30,5	31,0
21 30	31,0	22,0	682	37,2	38,5	37,2	38,2	37,0	36,2	40,0	37,0	37,0
22 30	31,0	21,0	651	48,6	52,0	48,0	48,0	48,0	47,5	48,0	44,2	42,4
23 30	26,0	21,5	560	54,0	58,8	54,3	55,3	55,0	54,0	55,0	51,5	48,0
0 30	21,0	22,0	462	59,8	65,4	61,0	61,5	62,0	61,0	61,4	57,1	52,5
2 00	16,0	22,0	352	65,3	72,3	68,5	68,3	69,2	69,0	67,7	62,5	57,0
	Stromausschaltung			—	—	—	—	—	—	—	—	—
7 00	—	—	—	53,5	60,0	59,0	52,7	60,0	60,5	56,4	52,5	45,5
11 00	—	—	—	44,5	50,0	50,2	49,4	51,4	52,0	48,4	45,2	39,0
17 40	—	—	—	37,7	38,1	39,5	39,0	40,0	40,5	38,5	36,5	31,5

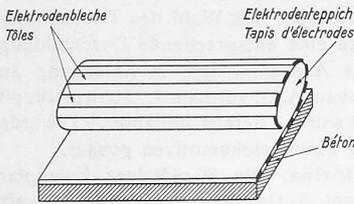


Abb. 4.

Erwärmung ebenfalls ohne Nachteil an den Verschaltungen befestigt bleiben.

*Energiebedarf bei elektrischer Erwärmung.*

Nach Berechnungen und Messungen, absorbiert 1 m<sup>3</sup> frischgegossener Beton rund 570 kcal für 1 °C Erwärmung, dies entspricht 0,67 kWh pro 1 °C und 1 m<sup>3</sup> Beton. Bei einigen praktischen Versuchen war der Stromverbrauch jedoch höher, da die Wärmeverluste, die Art der Isolation, die Grösse der Fläche und die umgebende Temperatur eine ziemlich bedeutende Rolle spielen. Tabelle II zeigt einige solche Messresultate. Bei all diesen Versuchen bildete die Verschaltung die einzige Wärmeisolierung. Wir bemerken, dass der Energieverbrauch bei den Versuchen Nr. 5 und 6 relativ gering war, trotz Schneesturm und bei 8 bis 13 °C Kälte. Das Maschinenfundament (Nr. 4) berührte mit 25 % seiner Fläche den Boden, wodurch verhältnismässig grosse Verluste entstanden. Bei den Vorkalkulationen wurde ein Energiebedarf von 1 kWh pro 1 °C und 1 m<sup>3</sup> angenommen. Falls man die Flächen mit einem wärmeisolierenden Material bedecken würde, könnte der Energieverbrauch bedeutend reduziert werden. Die verschiedenen Versuche haben gezeigt, dass die Anwendung dieses Verfahrens vom wirtschaftlichen Standpunkte aus möglich ist.

*Transformatoren.*

Um die Elektrolyse des Wassers zu vermeiden, darf zur Behandlung des Betons nur Wechselstrom verwendet werden. Die Spannung zwischen den Elektrodenblechen muss im allgemeinen regulierbar sein; einesteils, weil verschiedene Betonkörper und Elektrodenplatzierungen verschiedene Spannungen erfordern, und andernteils, weil der Beton während des Erhärtungsprozesses seinen spezifischen Leitungswiderstand verändert. Die Primärspannung muss ein Gebiet umfassen, das den bei Wechselstromnetzen üblichen Spannungen entspricht. Bei gewöhnlicheren Betonkonstruktionen sollte die Elektroden spannung in einigen Stufen zwischen 20 V und 50 V regulierbar sein.

Die für eine bestimmte Konstruktion passende Sekundärspannung wird am einfachsten dadurch bestimmt, dass man den Transformator auf das niedrigste Spannungsgebiet einstellt und die Leistung abliest. Ist sie geringer als erwünscht, so wird das nächst höhere Spannungsgebiet eingeschaltet usw. Die Leistung des Transformators hängt von dem zu behandelnden Betonvolumen, der erforderlichen Temperaturerhöhung und der Erwärmungszeit ab; daher die Formel:

$$P = \frac{v \times t}{z}$$

worin  $P$  = Transformatorleistung in kWh,  $v$  = Betonvolumen in m<sup>3</sup>,  $t$  = Temperaturerhöhung in °C und  $z$  = Dauer der Erwärmung in Stunden.

Tabelle II.

Nr.	Objekt	Aufwärmungsdauer in Stunden	Höchste Temperatur °C	Umgebungstemperatur °C	kWh pro 1 °C und 1 m <sup>3</sup> Beton
1	Gründungspfahl	7,5	68	15	0,72
2	Betonplatte mit Balken	8	35	15	0,97
3	Balken	6,8	75	20	0,96
4	Maschinenfundament	7	35	10	1,4
5	Betonfundierung im Freien (Winter)	4,3	76	-13	0,85
6	Betonfundierung im Freien (Winter)	5,5	78	-8 (Schneesturm)	0,91

Das Risiko von Unglücksfällen durch die elektrischen Installationen ist vollkommen belanglos. Auf der Sekundärseite ist die Spannung von 10 bis 50 V als ungefährlich zu bezeichnen. Die elektrischen Installationen für Beton Erwärmung sind, wie aus obenstehendem hervorgeht, weder kompliziert, noch schwer bedienbar und nicht teuer im Verhältnis zu andern maschinellen Einrichtungen auf einem modernen Bauplatz.

*Festigkeit des Beton nach elektrischer Wärmebehandlung.*

Die elektrische Wärmebehandlung wirkt auf den Beton in gleicher Weise wie andere Wärmebehandlungen. Probewürfel aus gleichem Material, von denen der eine elektrisch und der andere durch eine Wärmezufuhr von aussen, beide aber während der gleichen Zeit und bei gleicher Temperatur erwärmt wurden, zeigen die selbe Druckfestigkeit. Was die Gesetze über den Einfluss der erhöhten Temperatur auf die Festigkeitssteigerung anbelangt, können diese auch dann angewendet werden, wenn es sich um elektrische Erwärmung handelt. Es sind mehrere Versuchsreihen ausgeführt worden für die nähere Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Temperatur und Festigkeitssteigerung. Abb. 5 zeigt, dass die Festigkeit durch die elektrische Erwärmung nicht nur anfänglich rascher ansteigt, sondern auch nach der Behandlung weitersteigt. Eine Verzögerung in der Wärmebehandlung nach dem Betonieren hat keinen ungünstigen Einfluss auf das Festigkeitsresultat gezeigt.

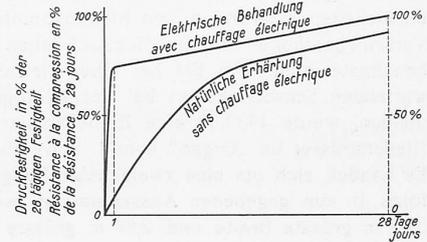


Abb. 5. Beton-Druckfestigkeit bei ein tägiger elektrischer Behandlung und ohne solche.

Um zu prüfen, ob dieses Verfahren, im Interesse der Bekämpfung der Arbeitslosigkeit sich auch für die hiesigen Verhältnisse eignet, werden im Laufe dieses Winters von der eidgenössischen bauwirtschaftlichen Zentrale in Bern in Verbindung mit der Eidg. Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. in Zürich, sowohl auf einer Baustelle als auch im Laboratorium diesbezügliche Versuche vorgenommen, über die ein Versuchsbericht folgen wird. Damit hoffen wir dann zu beweisen, dass es technisch und wirtschaftlich möglich sein wird, im Winter zu betonieren, und zwar hauptsächlich in den trockenen Frostzeiten, ohne Schneefall, wobei einheimische Bauarbeiter bei öffentlichen und privaten Bauten während einer längeren Zeit des Jahres beschäftigt werden könnten, als es bis jetzt der Fall war.

**MITTEILUNGEN.**

**Der Kurzschluss-Schutz von Wechselstromnetzen.** Der älteste von Edison schon bei der Errichtung der ersten elektrischen Zentralanlage geschaffene Kurzschluss-Schutz war die Schmelzsicherung. Mit der steigenden Ausdehnung der Wechselstrom- und besonders der Drehstromnetze vermochten jedoch weder die Schmelzsicherungen, noch die zu ihrem Ersatz eingeführten Maximalstromausschalter für sich allein den Betriebsbedingungen allgemein zu genügen. Es wurden deshalb zahlreiche kompensierte Schutzarten ausgebildet, sodass nun die Wahl der jeweils am besten geeigneten Schutzmethode eine sorgfältige Prüfung erheischt. Ein Preisausschreiben der Denzler-Stiftung des S.E.V. vom Jahre 1928 stellte die Aufgabe, einerseits ein möglichst klares Bild der Vorgänge zu zeichnen, die sich bei einer Netzstörung abspielen, andererseits die Prinzipien darzulegen, die den verschiedenen Kurzschluss-Schutzsystemen zugrunde liegen, um so das Material zu einer Bewertung der heute verwendeten Systeme zu gewinnen. Diese Aufgabe hat G. Courvoisier (Baden) in vorzüglicher Weise gelöst. Im „Bulletin des S.E.V.“ vom 30. August und vom 13. September 1933 findet sich seine eingehende Untersuchung über die Vorgänge in einem