

Der Einfluß von Grauwacke als Beton-
zuschlag auf die Alkalireaktion im Beton

T 2679

T 2679

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltene Darstellung und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Abschlußbericht zum

Forschungsvorhaben: "Der Einfluß von Grauwacke als Betonzuschlag auf die Alkalireaktion im Beton"

Kurztitel: Alkalireaktion im Beton - Tastversuche

1. Vorgang

Von verschiedener Seite wurde dem AA "Alkalireaktion im Beton" Anfang 1991 berichtet, daß, außerhalb des Geltungsbereiches der Richtlinie "Alkalireaktion im Beton", in den neuen Bundesländern Schäden an Betonbauwerken aufgetreten seien, die auf eine schädigende Alkalireaktion mit Grauwacke aus der Lausitz zurückzuführen wären.

2. Versuchsdurchführung

2.1. Betonzusammensetzung

Zement

Zur Herstellung der Betone wurden zwei unterschiedliche Zementarten, Zement 1 (Na_2O -Äquivalent rund 0,8 Gew.-%) und Zement 2 (Na_2O -Äquivalent $> 1,3$ Gew.-%), verwendet. Angaben über die Eigenschaften der zwei Zemente sind **Tabelle 1, Anlage 1**, zu entnehmen.

Zuschlag

Sand 0/1 mm aus hiesigem Vorkommen, Alkaliempfindlichkeitsklasse EI

Sand 0/2a mm aus hiesigem Vorkommen, Alkaliempfindlichkeitsklasse EI

Granit 5/16 mm aus hiesigem Vorkommen, Alkaliempfindlichkeitsklasse EI

Grauwacke 2/16 mm aus der Lausitz

Das Verhältnis von Grauwacke zu Inertmaterial sollte in der Korngruppe 2/16 mm etwa 70:30 betragen (Sieblinie B/C 16).

Betonzusammensetzung

Wasserzementwert $w/z = 0,55$

Zementgehalt $z = 400 \text{ kg/m}^3$

$z = 500 \text{ kg/m}^3$

Die vier verschiedenen Betonzusammensetzungen sind in **Tabelle 2, Anlage 1**, zusammengefaßt.

2.2. Probekörper

Folgende Probekörper wurden hergestellt:

- drei Würfel mit 15 cm Kantenlänge (Druckfestigkeit nach 28 Tagen)
- ein Würfel mit 30 cm Kantenlänge (augenscheinliche Beurteilung)
- zwei Balken 10 cm * 10 cm * 50 cm (augenscheinliche Beurteilung, Längenänderung und Resonanzfrequenzmessung)

2.3. Lagerung

Die mit Folie abgedeckten Probekörper lagerten eingeschalt 24 Stunden in einem geschlossenen Raum bei rund 20 °C Lufttemperatur.

Nach dem Entschalen wurden die Würfel mit einer Kantenlänge von 15 cm bis zur Druckfestigkeitsprüfung gemäß DIN 1048 gelagert.

Die Würfel mit 30 cm Kantenlänge sowie die Balken wurden einer Nebelkammerlagerung bei 40 °C und 100 % relativer Luftfeuchte unterzogen.

3. Versuchsergebnisse

3.1. Frisch- und Festbetoneigenschaften

Die Frischbetonprüfungen (Ausbreitmaß, Frischbetonrohddichte, LP-Gehalt) sowie die Festbetonprüfungen (Festbetonrohddichte, Druckfestigkeit) wurden nach DIN 1048 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Frischbetonprüfungen gehen aus **Tabelle 3, Anlage 2**, die der Festbetonprüfungen aus **Tabelle 4, Anlage 2**, hervor.

3.2. Augenscheinliche Beurteilung, Längenänderung und Resonanzfrequenzmessung

Vor Beginn und auch während der Nebelkammerlagerung wurden die Würfel (30 cm Kantenlänge) auf Ausscheidungen, Ausblühungen, Abplatzungen und auf Risse untersucht.

An den Balken wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- augenscheinliche Beurteilung
- Längenänderung
- Resonanzfrequenzmessung (dynamischer E-Modul)

Oben aufgeführte Untersuchungen an den Balken wurden vor und während der Einlagerung in der Nebelkammer durchgeführt.

Augenscheinliche Beurteilung

Die Würfel (30 cm Kantenlänge) der Betone I/1 und II/1, die mit dem Zement 1 hergestellt wurden, wiesen während der Nebelkammerlagerung keine äußerlich erkennbaren Schäden auf. An den mit dem alkalireicheren Zement 2 hergestellten Würfeln der Betone I/2 und II/2 traten nach rund sechs Monaten vereinzelt Risse mit Breiten bis zu 0,2 mm auf (siehe Fotos **Anlagen 3**).

An den Balken der Betone I/1, I/2 und II/1 wurden während der Nebelkammerlagerung keine Veränderungen hinsichtlich Alkali-reaktion sichtbar. Lediglich die Balken des Betones II/2 (Zement 2) zeigten nach rund neunmonatiger Nebelkammerlagerung Veränderungen in Form von Rissen und hellen Ausscheidungen.

In **Tabelle 5, Anlage 2**, ist die augenscheinliche Beurteilung der Proben während der Nebelkammerlagerung zusammengestellt.

Längenänderung

Die Längenänderung der Betone I/1, I/2 und II/1 liegen während der gesamten Messdauer in einem Bereich von ungefähr 0,10 mm/m bis 0,30 mm/m. Diese Längenänderungen können auf die bei Beginn der Nebelkammerlagerung auftretende Temperatur- und Feuchtigkeitsdehnung zurückgeführt werden.

Der Beton II/2 zeigt mit zunehmendem Betonalter größere Längenänderungen, die nach einer rund 12-monatigen Nebelkammerlagerung fast bei 0,60 mm/m liegen. Nach etwa neun Monaten weisen die Balken des Betons II/2 Risse sowie helle Ausscheidungen auf, die auf eine mögliche Schädigung des Betons schließen lassen.

Die Längenänderungen der Balken während der Nebelkammerlagerung sind aus dem **Diagramm 1, Anlage 4**, erkennbar.

Resonanzfrequenzmessungen (dynamischer E-Modul)

Die Resonanzfrequenzmessungen wurden an den Balken erst in einem Betonalter von 91 Tagen begonnen. Erwartungsgemäß steigen die Resonanzfrequenzen mit zunehmendem Alter an. Beim Beton II/2 nehmen sie vom 12. Monat an sehr rasch ab und weisen damit auf eine zunehmende Gefügestörung hin.

Die Ergebnisse der Resonanzfrequenzmessungen sind im **Diagramm 2, Anlage 5**, dargestellt.

4. Zusammenfassung

Die aus zwei Portlandzementen mit unterschiedlich hohem Alkaligehalt und einem Wasserzementwert von 0,55 hergestellten Betone, entsprechen etwa der Festigkeitsklasse B 35. Der Grauwackeanteil betrug in der Korngruppe 2/16 mm rund 70 %. Durch Wahl der Zementgehalte von 400 kg/m³ und 500 kg/m³, wurden insgesamt vier verschiedene Betonzusammensetzungen erhalten.

Als Lagerung wurde eine Nebelkammerlagerung (40 °C und 100 % rel. Luftfeuchte) gewählt. Bei dieser Lagerung kann davon ausgegangen werden, daß eine mögliche Alkali-Kieselsäurereaktion besonders beschleunigt wird.

Im vorliegenden Fall zeigten die aus dem Zement 2, mit dem hohen Alkaligehalt von Na₂O-Äquivalent > 1,3 Gew.-%, hergestellten Würfel bei der Nebelkammerlagerung nach rund sechs Monaten erste Risse. Bei den entsprechend gelagerten Balken wiesen nur die Balken mit dem hohen Zementgehalt (500 kg/m³) größere Formänderungen auf und gaben damit sowohl bei den Formänderungen als auch bei den Resonanzfrequenzen (dyn. E-Modul) deutliche Hinweise auf eine schädigende Alkalireaktion.

Aus den Untersuchungen kann gefolgert werden, daß es bei Verwendung von Grauwacken aus der Lausitz bei extremen Betonzusammensetzungen mit 400 kg/m³ bis 500 kg/m³ Zement mit hohem Alkaligehalt unter ungünstigen Lagerungsbedingungen zu einer schädigenden Alkalireaktion kommen kann.

Eckernförde, den 22.06.1995

Leiter der MPA

i.V.


(Dr. Dahms)

Sachbearbeiterin



(Brune)

Tabelle 1: Zemente *

	Zement 1	Zement 2
Zementart und Festigkeitsklasse	PZ 35 F	PZ 35 F
Erstarrungsbeginn	2h 10min	2h 30min
Erstarrungsende	3h 10min	3h 30 min
Druckfestigkeit 2 d	26,7 N/mm ²	28,2 N/mm ²
28 d	52,0 N/mm ²	45,2 N/mm ²
Spez. Oberfläche	3590 cm ² /g	3050 cm ² /g
Na ₂ O-Äquivalent	0,77 Gew.-%	1,34 Gew.-%

* Zementangaben wurden vom Forschungsinstitut der Zementindustrie Düsseldorf übernommen.

Tabelle 2: Betonzusammensetzung

Beton	w/z	Zement-Nr.	Zement-gehalt [kg/m ³]	Zuschlaganteile [%]			
				Sand 0/1 mm	Sand 0/2a mm	Granit 5/16 mm	Grauwacke 2/16 mm
I/1	0,55	1	400	25	25	15	35
I/2		2					
II/1	0,55	1	500	25	25	15	35
II/2		2					

Tabelle 3: Frischbetoneigenschaften

Beton	w/z	Zement-Nr.	Zement-gehalt [kg/m ³]	Ausbreitmaß [cm]	Frischbeton- rohddichte [kg/dm ³]	LP-Gehalt [Vol.-%]
I/1	0,55	1	400	36,5	2,305	2,4
I/2		2		39,0		
II/1	0,55	1	500	57,0 *	2,300	0,7
II/2		2		62,0 *		

* Verdichtung durch Stochern

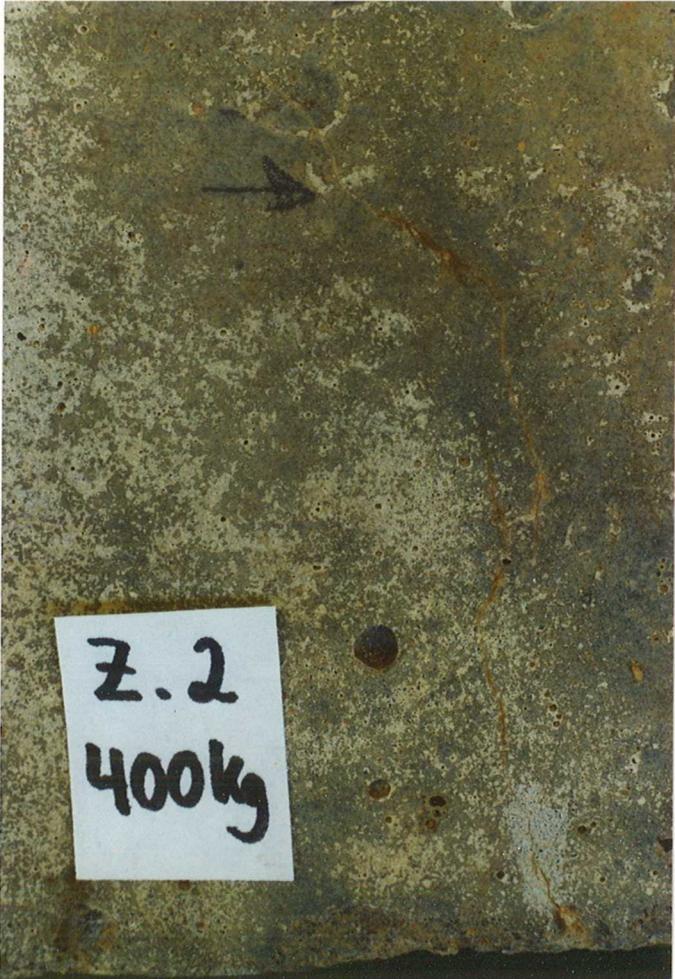
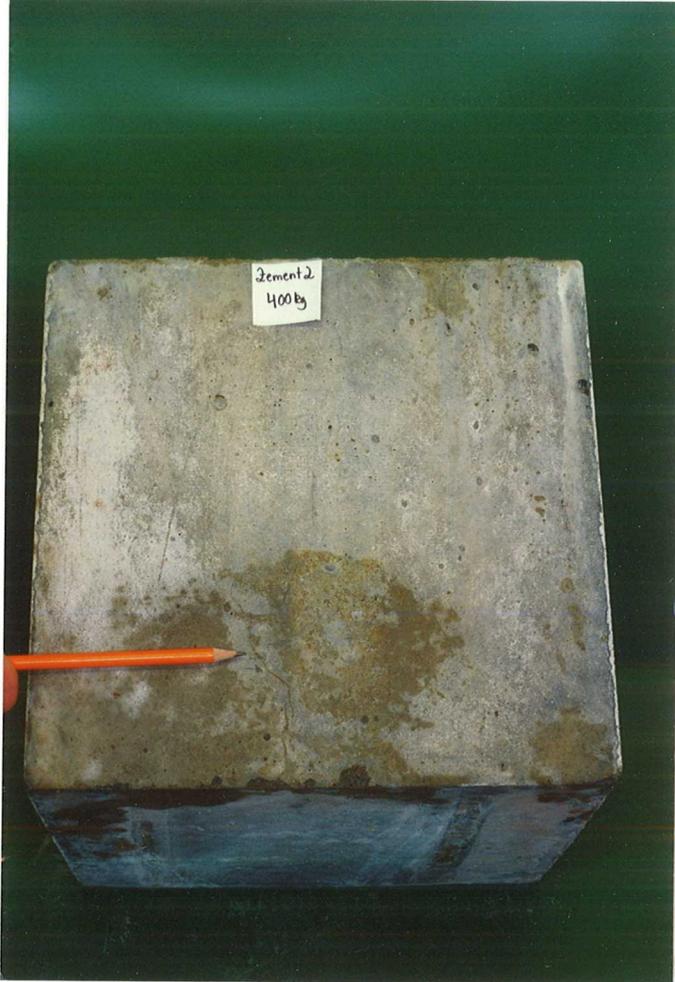
Tabelle 4: Festbetoneigenschaften

Beton	w/z	Zement-Nr.	Zement-gehalt [kg/m ³]	Festbeton- rohddichte [kg/dm ³]	Druckfestig- keit [N/mm ²]
I/1	0,55	1	400	2,30	47,4
I/2		2		2,28	
II/1	0,55	1	500	2,26	43,7
II/2		2		2,27	

Tabelle 5: Augenscheinliche Beurteilung der Proben während der Nebelkammerlagerung

Beton	äußerlich erkennbare Schäden	
	Würfel 30 cm	Balken 10 cm*10 cm*50 cm
I/1	keine	keine
I/2	nach ≈ 6 Monaten Nebelkammer: vereinzelt Risse mit Breiten bis zu 0,15 mm Breite	keine
II/1	keine	keine
II/2	nach ≈ 6 Monaten Nebelkammer: feine Haarrisse an allen Seiten- flächen mit Breiten bis zu 0,2 mm Breite	nach ≈ 9 Monaten Nebelkammer: Risse sowie helle Ausschei- dungen

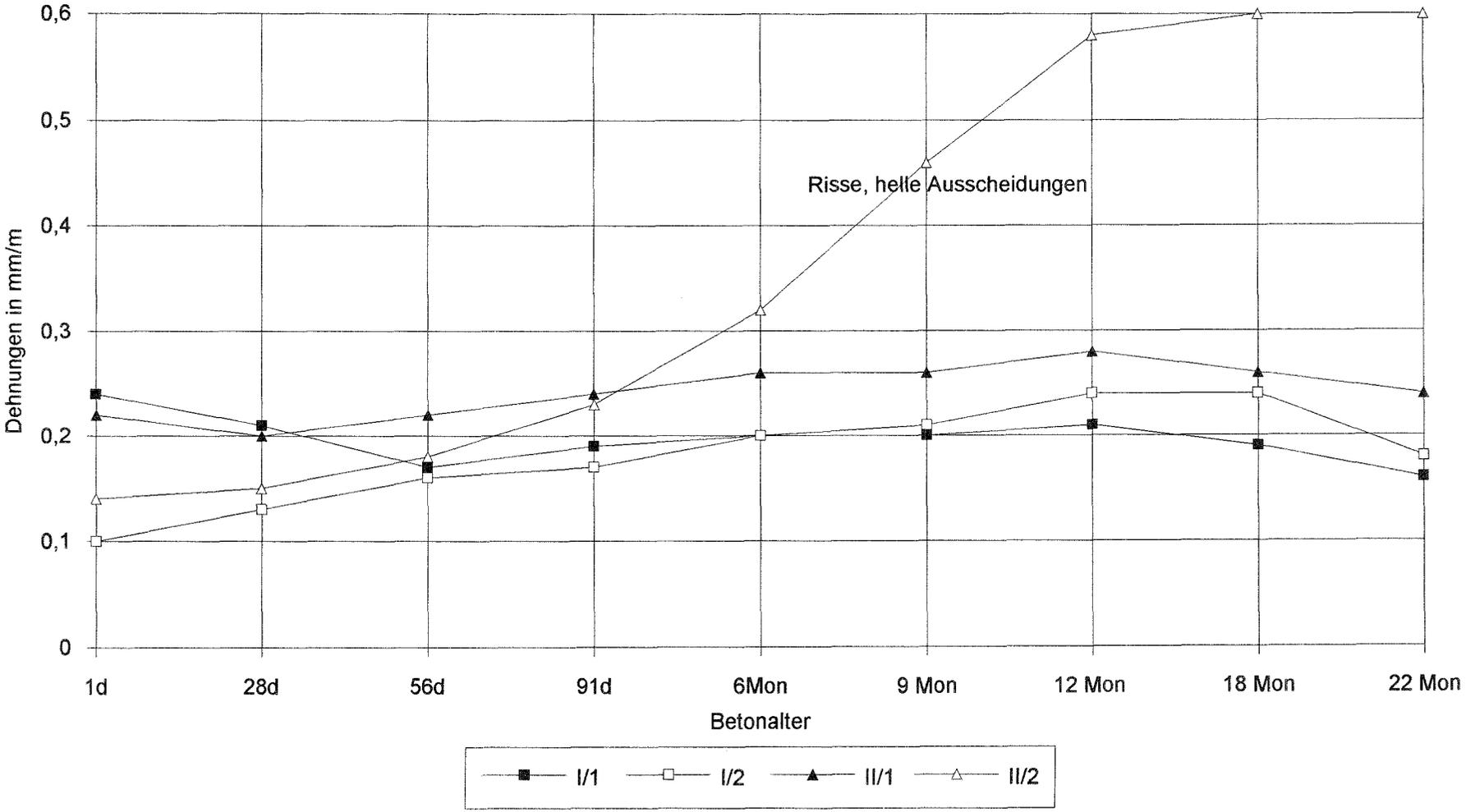
Würfel (30 cm Kantenlänge) während der Nebelkammerlagerung



Würfel (30 cm Kantenlänge) während der Nebelkammerlagerung

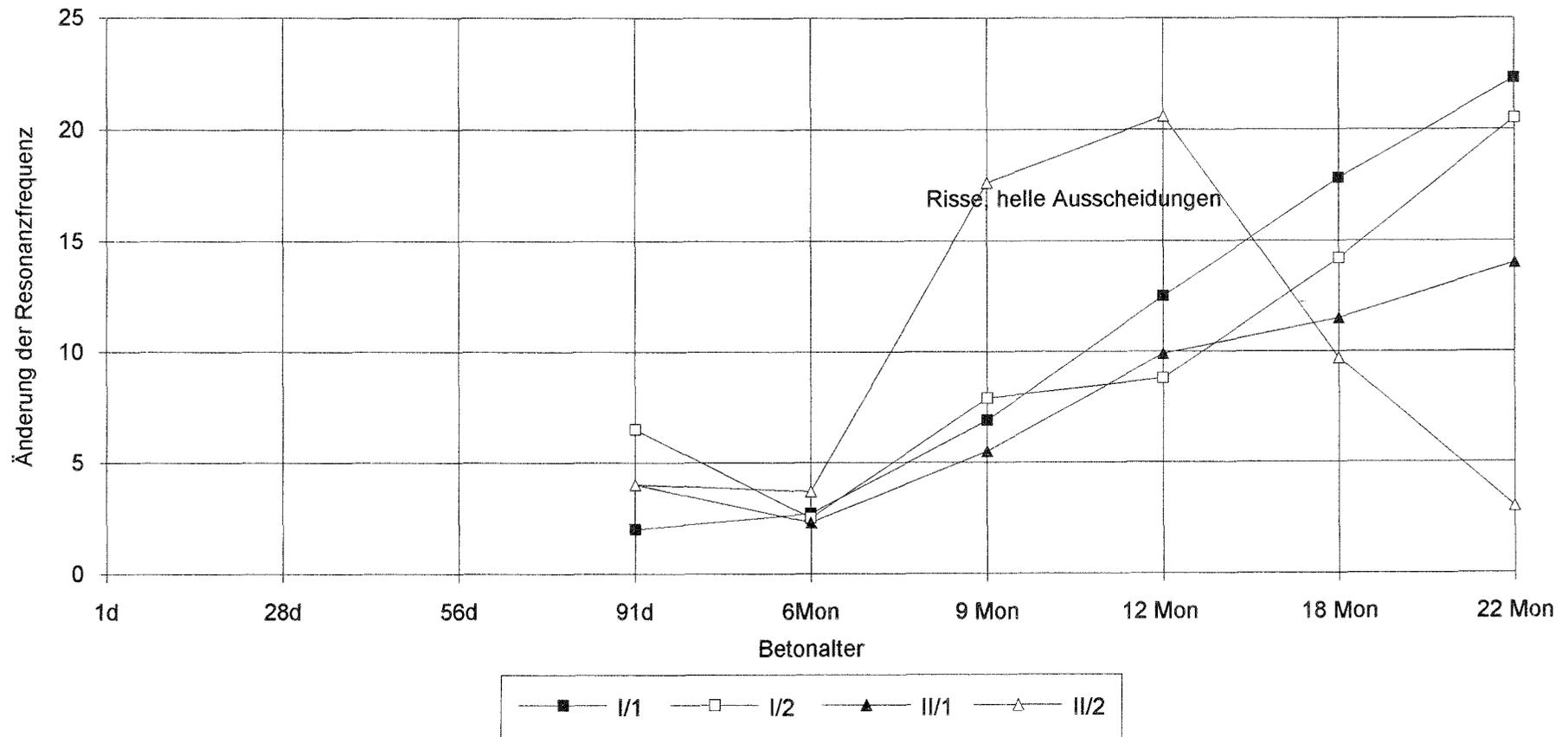


Längenänderung der Balken 10 cm * 10 cm * 50 cm
Nebelkammerlagerung bei 40 °C und 100 % rel. Luftfeuchte



I/1: 400 kg/m³ Zement 1, I/2: 400 kg/m³ Zement 2, II/1: 500 kg/m³ Zement 1, II/2: 500 kg/m³ Zement 2

Resonanzfrequenzmessungen der Balken 10 cm * 10 cm * 50 cm
 Nebelkammerlagerung bei 40 °C und 100 % relativer Luftfeuchte



I/1: 400 kg/m³ Zement 1, I/2: 400 kg/m³ Zement 2, II/1: 500 kg/m³ Zement 1, II/2: 500 kg/m³ Zement 2