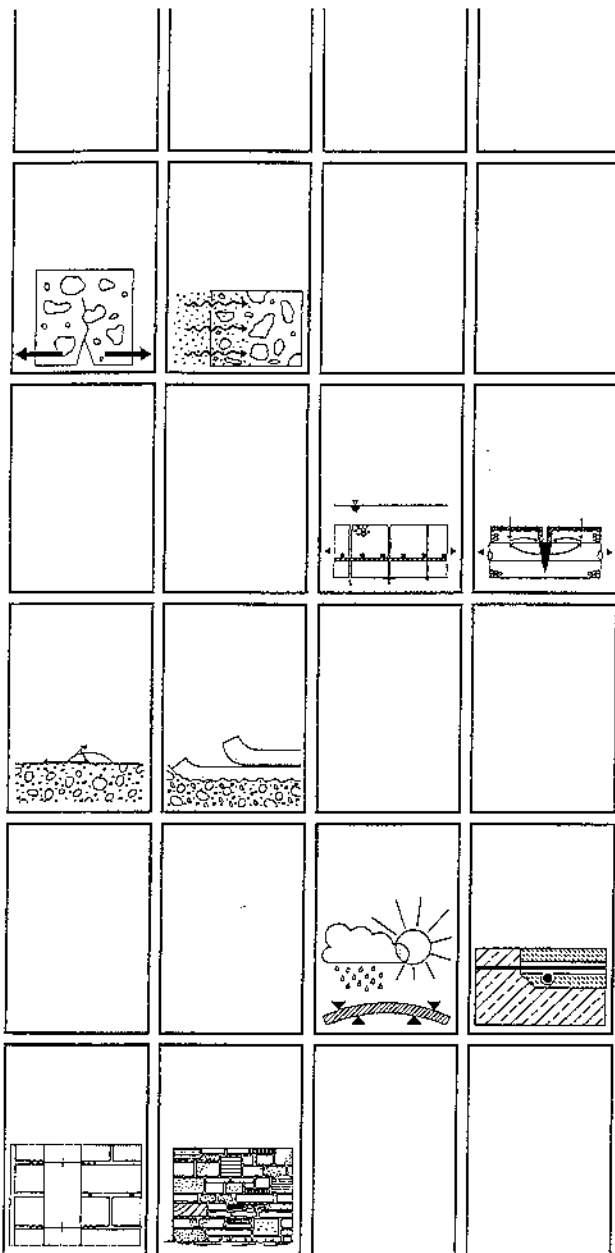


**Institut für Bauforschung Aachen**  
 Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule

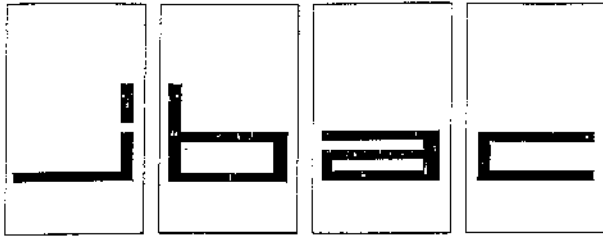


## Prüfbericht M 291

Bestimmung von Elektrolytwiderständen  
 und Chloridmigrationskoeffizienten der  
 Mörtel V1/50 Pagel-Verguss und R20/20  
 Pagel-Schnellreparaturmörtel

**Baustoff · Bauteil · Bauwerk**

**Forschung · Entwicklung  
 Überwachung  
 Prüfung · Beratung**



# INSTITUT FÜR BAUFORSCHUNG

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Leitung: Professor Dr.-Ing. W. Brameshuber  
Professor Dr.-Ing. M. Raupach

Postfach, D-52056 Aachen  
Schinkelstraße 3, D-52062 Aachen

Telefon (02 41) 80-51 00 · Telex 832 704 thac d · Telefax (02 41) 88 88-139

BM/Ki

2. Ausfertigung

THEMA

Bestimmung von Elektrolytwiderständen und  
Chloridmigrationskoeffizienten der Mörtel V1/50  
Pagel-Verguss und R20/20 Pagel-Schnellrepa-  
raturmörtel

Prüfbericht Nr.

M 291

vom 25.01.2001

Projektbearbeitung

Prof. Dr.-Ing. M. Raupach

Dipl.-Ing. M. Bruns

Auftraggeber/  
Förderer

Pagel Spezialbeton GmbH & Co. KG  
Wolfsbankring 9

45355 Essen

Auftragsdatum

21.12.00

Aktenzeichen

-

Dieser Bericht umfaßt 21 Seiten, davon 11 Textseiten.

Soweit Versuchsmaterial nicht verbraucht ist, wird es nach 4 Wochen vernichtet.

Eine längere Aufbewahrung bedarf einer schriftlichen Vereinbarung.

Die auszugsweise Veröffentlichung dieses Berichtes, seine Verwendung für Werbezwecke sowie die inhaltliche Übernahme in Literaturdatenbanken bedürfen der Genehmigung des Ibac.

## 1 ALLGEMEINES

Das Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) wurde von der Pagel Spezialbeton GmbH & Co. KG, Essen, am 21.12.2000 beauftragt, an je drei Würfeln zweier unterschiedlicher Mörtel folgende Untersuchungen durchzuführen:

- Ermittlung der Elektrolytwiderstände an den gelieferten Würfeln mit Hilfe der Wenner-Elektrode,
- Bearbeitung der gelieferten Würfel zu je einem Bohrkern ( $\varnothing = 100 \text{ mm}$ ,  $h = 50 \text{ mm}$ ),
- Ermittlung der Elektrolytwiderstände an den Bohrkernen mittels Zwei-Elektroden-Methode,
- Durchführung des Schnellmigrationstests nach Tang zur Bestimmung des Chloridmigrationskoeffizienten.

## 2 BESCHREIBUNG DER PRÜFKÖRPER

Dem ibac wurden am 05.01.2001 drei Prüfkörperwürfel bestehend aus dem Mörtel Pagel-Verguss V1/50 sowie drei Würfel aus Pagel-Schnellreparaturmörtel R20/20 zugestellt.

In den Bildern B1 bis B6, Seite B1 bis B3, sind die gelieferten Prüfkörper abgebildet. Die Herstellung der Prüfkörper mit den Abmessungen  $150 \cdot 150 \cdot 150 \text{ mm}^3$  erfolgte am 14.12.2000 durch den Auftraggeber (AG). Die beiden verwendeten Mörtel besaßen nach Angaben des AG einen Wasserfeststoffwert von  $w/f = 0,12$ . Die Prüfkörper wurden bis zum Prüfalter von 28 Tagen bei  $20 \text{ °C}$  wassergelagert.

### 3 VERSUCHSBESCHREIBUNGEN

#### 3.1 WENNER-Elektrode (WER)

##### 3.1.1 Allgemeine Verfahrensbeschreibung

Die WENNER-Elektrode ist ein Gerät, welches die direkte Bestimmung des spezifischen Elektrolytwiderstandes von Beton von der Oberfläche her erlaubt. Dazu wird ein Elektrodenquartett, wie im folgenden Bild 1 illustriert, auf eine glatt geschaltete Betonoberfläche aufgesetzt.

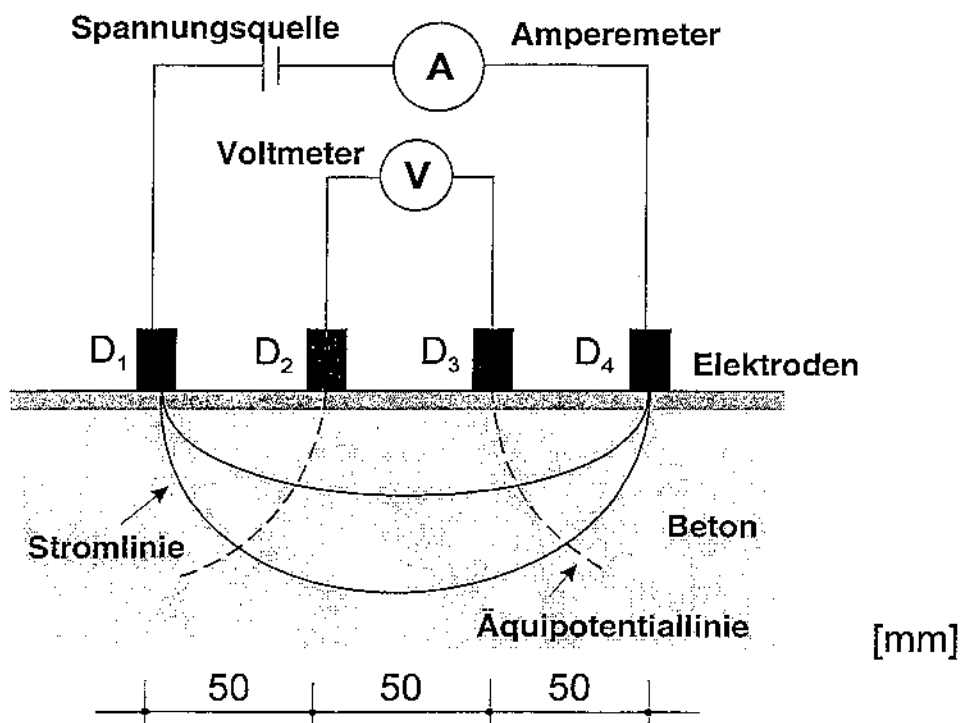
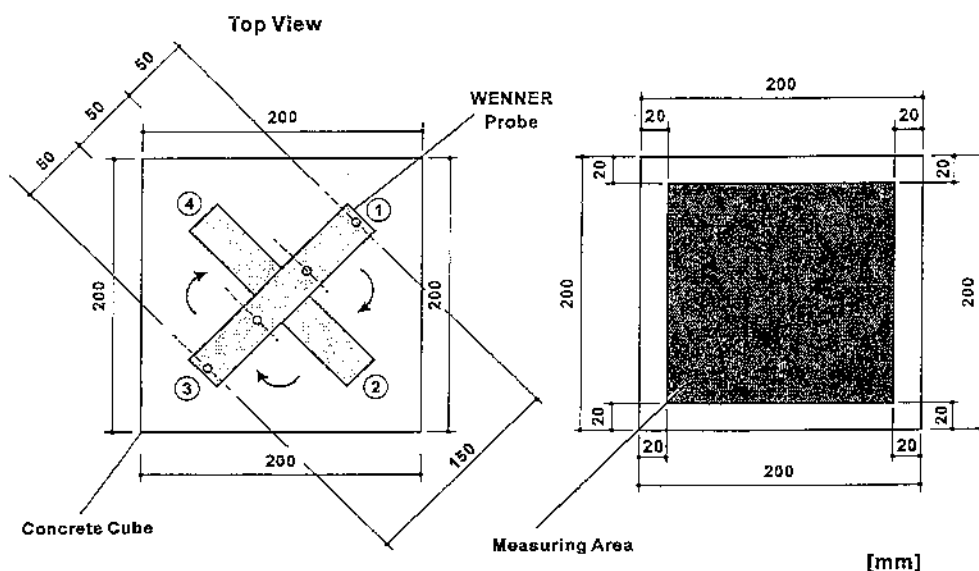


Bild 1: Prinzipskizze der WENNER-Elektrode

##### 3.1.2 Versuchsdurchführung

Die Elektrolytwiderstandsmessungen werden üblicherweise an ständig wassergelagerten Prüfkörperwürfeln ( $T = 20\text{ °C}$ ) mit den Abmessungen  $h = b = l = 200\text{ mm}$ , wie im folgenden Bild 2 dargestellt, durchgeführt. Hier erfolgen diese Messungen jedoch an Prüfkörperwürfeln mit den Abmessungen  $h = b = l = 150\text{ mm}$ .



**Bild 2:** Versuchsdurchführung der Messung mit der Wenner-Elektrode

### 3.1.3 Ermittlung von spezifischen Elektrolytwiderständen

Die Ermittlung des spezifischen Elektrolytwiderstandes erfolgt theoretisch nach Gleichung (1). In den kommerziell angebotenen Geräten erfolgt diese Umrechnung automatisch. Der angezeigte Meßwert ist daher bereits ein spezifischer Elektrolytwiderstand.

$$\rho_{\text{WER},0} = k \cdot \frac{U}{I} \quad (1)$$

mit:

- $\rho_{\text{WER},0}$ : spezifischer Elektrolytwiderstand (WER) in [ $\Omega\text{m}$ ]
- $k$ : Zellkonstante, in diesem Fall  $k = 2\pi a = 0.314$  in [ $\text{m}$ ]
- $a$ : Abstand der Einzelelektroden der Wenner-Elektrode in [ $\text{m}$ ]; hier: 0.050 m
- $U$ : Potentialabfall gemessen zwischen den beiden Spannungs-Elektrodenpaaren ( $D_1, D_4$ ) in [ $\text{V}$ ]
- $I$ : Wechselstrom zwischen den beiden Strom-Elektrodenpaaren ( $D_2, D_3$ ) in [ $\text{A}$ ]

### 3.2 Vorbereitung der Proben

Sowohl für die Untersuchungen mit der Zwei-Elektroden-Methode als auch für die Schnellmigrationstests werden zylindrische Prüfkörper mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Höhe von  $h = 50$  mm benötigt. Den gelieferten Würfeln wird daher je ein Bohrkern mit diesen Abmessungen entnommen, der dann als Prüfkörper für die Zwei-Elektroden-Messung und die Schnellmigrationstests verwendet wird. Die Entnahme der Bohrkern erfolgt ausgehend von der geschalteten Würfelunterseite um möglichst gleichmäßige Mörtel Eigenschaften über die Bohrkernhöhe zu erhalten.

### 3.3 Zwei-Elektroden-Methode (TEM)

#### 3.3.1 Allgemeine Verfahrensbeschreibung

Die Zwei-Elektroden-Methode ist ein Verfahren zur Bestimmung des elektrolytischen Widerstandes von Beton. Dazu wird eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 100 bis 1000 Hz aufgebracht und der sich einstellende Strom gemessen. Der Quotient der beiden Größen ist der zugehörige Wechselstromwiderstand. Dieser Wechselstromwiderstand ist für den oben genannten Frequenzbereich in guter Näherung der elektrolytische Widerstand des Betons.

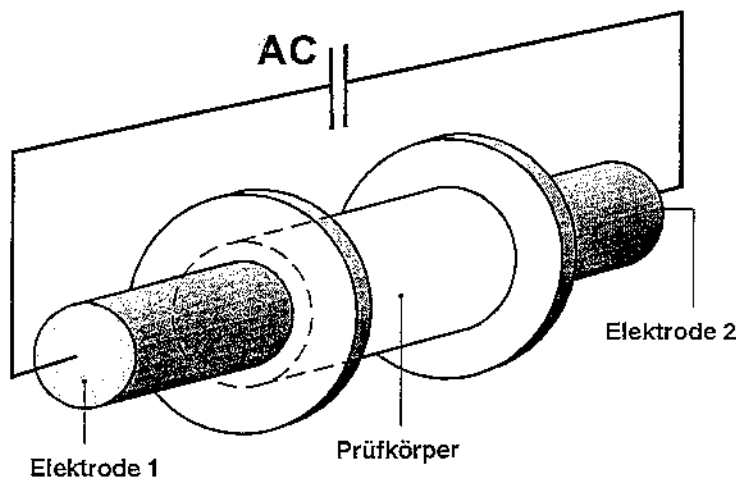


Bild 3: Prinzipskizze der Zwei-Elektroden-Methode (TEM)

### 3.3.2 Versuchsdurchführung

Die zylindrischen Prüfkörper ( $\varnothing = 100 \text{ mm}$ ,  $h = 50 \text{ mm}$ ) werden wie oben dargestellt zwischen die Elektroden gegeben. Der Elektrolytwiderstand kann so an wassergesättigten Prüfkörpern gemessen werden. Zur späteren Umrechnung der ermittelten Absolutwiderstände in spezifische Widerstände ist die Prüfkörperhöhe vorher mit einer Genauigkeit von 0,5 mm zu bestimmen.

#### 3.3.2.1 Ermittlung von spezifischen Elektrolytwiderständen

Die Umrechnung der ermittelten Absolutwiderstände in spezifische Elektrolytwiderstände erfolgt analog zur unten angegebenen Gleichung (2).

$$\rho_{\text{TEM},0} = R_{\text{el}} \cdot \frac{A}{l} \quad (2)$$

mit:

- $\rho_{\text{TEM},0}$ : spezifischer Elektrolytwiderstand (TEM) in [ $\Omega\text{m}$ ]
- $R_{\text{el}}$ : gemessener Widerstand in [ $\Omega$ ]
- A: Querschnitt der Probe in [ $\text{m}^2$ ]
- l: Länge der Probe in [m]

### 3.4 Schnellmigrationstest

#### 3.4.1 Allgemeine Verfahrensbeschreibung

Der Schnellmigrationstest ist eine Methode zur Bestimmung des Chloridmigrationskoeffizienten von Beton an für diese Zwecke speziell hergestellten Mörtel- oder Betonprüfkörpern. Der Meßaufbau ist nachfolgendem Bild 4 zu entnehmen.

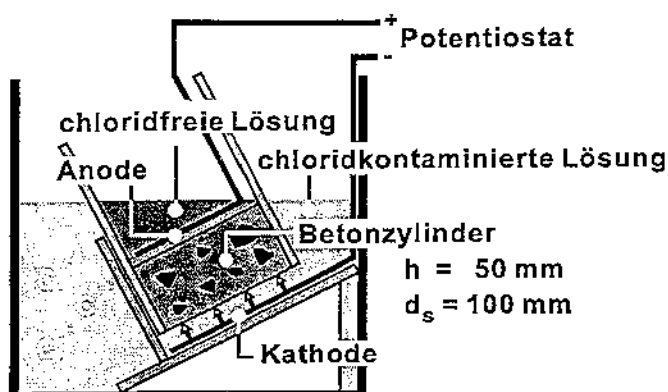


Bild 4: Schematischer Versuchsaufbau Schnellchloridmigrationsverfahren (RCM)

### 3.4.2 Versuchsdurchführung

Die zu untersuchenden Prüfkörper müssen vollständig wassergesättigt sein, um anderweitig verursachten Transport von  $\text{Cl}^-$ -Ionen auszuschließen. Durch Konzentrationsunterschiede der anstehenden Lösungen einerseits und das Anlegen eines elektrischen Feldes andererseits wird der Transport nur über Diffusion und Migration ablaufen. Die Prüfkörper werden, wie in obigem Bild 4 gezeigt, mit einer Gummidichtung umgeben, um sicherzustellen, daß sich die anstehenden chloridfreien und chloridhaltigen Lösungen nicht vermischen. Anschließend werden die abgedichteten Prüfkörper auf einer Halteinrichtung plaziert.

So vorbereitet wird nun mit Hilfe der ebenfalls angebrachten Elektroden ein elektrisches Feld angelegt, welches das Eindringen von Chloriden erheblich beschleunigt. Die Testdauer wird in Abhängigkeit des nun gemessenen Stromes  $I_0$  festgelegt, um ein ausreichend tiefes Eindringen der Chloride sicherzustellen. Danach werden die Prüfkörper wieder ausgebaut und gespalten. Mit einer geeigneten Indikatorlösung ( $\text{AgNO}_3$ ) wird die Eindringtiefe  $x_d$  der Chloride visuell festgestellt und protokolliert.

Tabelle 1: Prüfdauer in Abhängigkeit des zu Versuchsbeginn gemessenen Prüfstroms  $I_0$

Prüfstrom $I_0$ zu Versuchsbeginn Prüfzylinder: $\varnothing = 100$ mm	Versuchsdauer
mA	h
1	2
$I_0 < 5$	168
$5 \leq I_0 < 10$	96
$10 \leq I_0 < 30$	48
$30 \leq I_0 < 60$	24
$60 \leq I_0 < 120$	8
$120 \leq I_0$	4

### 3.4.3 Ermittlung der Chloridmigrationskoeffizienten

Die Ermittlung der Chloridmigrationskoeffizienten erfolgt gemäß den unten aufgeführten Gleichungen (3) bis (5).

$$D_{RCM,0} = \frac{RTL}{zFU} \cdot \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \quad (3)$$

mit:

$$\alpha = 2 \cdot \sqrt{\frac{RTL}{zFU}} \cdot \text{erf}^{-1} \left( 1 - \frac{2c_d}{c_0} \right) \quad (4)$$

$$\xi = \text{erf}^{-1} \left( 1 - \frac{2 \cdot c_d}{c_0} \right) \quad (5)$$

- DRCM,0: Chloridmigrationskoeffizient [m<sup>2</sup>/s]
- z: Ladungszahl, für Chlorid: z = 1
- F: Faradaykonstante, F = 9,648 · 10<sup>4</sup> [J (V · mol)<sup>-1</sup>]
- U: Spannung, in [V]
- R: Universelle Gaskonstante, R = 8,314 [J (K · mol)<sup>-1</sup>]
- T: Temperatur, in [K]
- L: Höhe des Prüfzylinders, in [m]
- x<sub>d</sub>: Chlorideindringtiefe, in [m], festgestellt mit der Indikatorlösung AgNO<sub>3</sub>
- t: Prüfdauer in [s]
- erf<sup>-1</sup>: Inverse der Fehlerfunktion
- c<sub>d</sub>: Chloridkonzentration bei der die Indikatorlösung einen Farbumschlag verursacht c<sub>d</sub> = 0,07 mol · l<sup>-1</sup>
- c<sub>0</sub>: Chloridkonzentration in der chloridkontaminierten Prüfkammer [mol · l<sup>-1</sup>]
- ξ: Hilfsvariable

Tabelle 2: Hilfsvariable ξ in Abhängigkeit der Chloridkonzentration c<sub>0</sub>

c <sub>0</sub>	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
	mol · l <sup>-1</sup>								
f	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ξ	0,764	1,044	1,187	1,281	1,351	1,407	1,452	1,491	1,554

## 4 ERGEBNISSE

Abbildungen der Prüfkörper bei Probeneingang sind in Bilder B1 bis B6, Seiten B1 bis B3, zu finden. Die Prüfkörperbezeichnungen und -beschreibungen, sowie Herstell- und Prüfdaten sind in Tabelle A1, Seite A1, zusammengestellt.

Die Ergebnisse der Wenner-Messungen sind in den Tabellen A2 und A3, Seiten A1 und A2, zusammengefaßt. Die ungeschaltete Oberfläche wird nicht gemessen. Zu berücksichtigen ist, daß die Ergebnisse der Messungen an 150 mm-Würfeln gegenüber den vom Hersteller vorgeschriebenen 200 mm-Würfeln mit einem Geometriefaktor zu versehen sind. Derartige Geometriefaktoren sind beispielsweise in /1 bis 3/ angeführt. Nach /2/ sind Meßwerte, gemessen an einem Würfel der Kantenlänge 150 mm mit dem Faktor 0,784 zu multiplizieren, um auf die Werte zu kommen, die an Würfeln mit 200 mm Kantenlänge gemessen würden:

$$\rho_{\text{Wenner-Messung( 200 mm-Würfel )}} = 0,784 \cdot \rho_{\text{Wenner-Messung( 150 mm-Würfel )}}$$

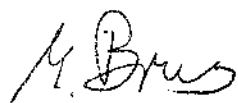
Die Ergebnisse der Zwei-Elektroden-Messungen an den entnommenen und abgeglichenen Bohrkernen ( $h \approx 50$  mm,  $\varnothing \approx 100$  mm) sind für den Mörtel R20/20 in Tabelle A4, Seite A3, und für den Mörtel V1/50 in Tabelle A5, Seite A4, zusammengefaßt.

Für die durchgeführten Schnellmigrationstests sind die festgestellten Eindringtiefen der Chloridfront (festgestellt mit Silbernitrat-Lösung) in Tabelle A6, Seite A5, aufgeführt. In Bild B7, Seite B4, ist beispielhaft eine Hälfte des Prüfkörpers V1/50-3 nach der Durchführung des Schnellmigrationstests und der Behandlung mit dem Silbernitratindikator abgebildet. Anhand der unterschiedlichen Färbung läßt sich die Chloridfront deutlich erkennen. Da die seitliche Abdichtung (Gummidichtung) nicht vollständig das beschleunigte Eindringen von Chloriden verhindert, sind an den Rändern größere Eindringtiefen festzustellen, die für die Auswertung der Tests nicht herangezogen werden.

Die Versuchsparameter bei den durchgeführten Schnellmigrationstests und die aus den Gleichungen (3) bis (5) errechneten Diffusionskoeffizienten sind in Tabelle A7, Seite A6, dargestellt.

In /3/ ist der funktionale Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Schnellmigrationstests und den Ergebnissen der Zwei-Elektroden-Messung dargelegt. In Bild B7, Seite B4, sind die Mittelwerte der hier gewonnenen Meßergebnisse in ein, die Literaturergebnisse zusammenfassendes Diagramm eingefügt worden. Zwischen den Literaturergebnissen und den hier ermittelten Werten läßt sich eine gute Übereinstimmung feststellen.

Der Sachbearbeiter



Dipl.-Ing. M. Bruns



Die Institutsleitung



Prof. Dr.-Ing. M. Raupach

## LITERATUR

- /1/ Gowers, K.R. ; Millard, S.G.: Measurement of Concrete Resistivity for Assessment of Corrosion Severity of Steel Using Wenner Technique. In: ACI Materials Journal 96 (1999), Nr. 5, S. 536-541
- /2/ Stollewerk, A.: Elektrolytwiderstand von Beton: Messung mit der Wenner-Sonde und Erstellung von Projektierungshilfen : Electrolytic Resistivity of Concrete Measurement Using the Wenner-Probe and Derivation of Design Manuals Regarding Resistivity. Aachen, Technische Hochschule, Fachbereich 3, Institut für Bauforschung, Diplomarbeit, 1999. - (unveröffentlicht)
- /3/ Gehlen, C. ; Ludwig, H.-M. ; Brite EuRam: Compliance Testing for Probabilistic Design Purposes. Brüssel : European Union - Brit EuRam, 1999. - Contract BRPR-CT95-0132, Project BE95-1347, Document BE95-1347/R8, March 1999

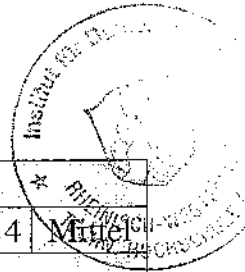
Tabelle A1: Übersicht der eingelieferten Prüfkörper

Prüfkörpernummer	Lieferdatum	Hersteldatum	Prüfdatum	Abmessungen	Mörtel
-	-	-	-	mm <sup>3</sup>	-
1	2	3	4	5	6
R20/20-1	05.01.2001	14.12.2000	11.01.2001	150-150-150	Pagel-Schnellreparaturmörtel R20/20 Wasserfeststoffwert: w/f = 0,12
R20/20-2					
R20/20-3					Pagel-Vergussmörtel V1/50 Wasserfeststoffwert: w/f = 0,12
V1/50-1					
V1/50-2					
V1/50-3					

 Tabelle A2: Ergebnisse der Wenner-Messungen an Würfeln des Mörtels R20/20 (150-150-150 mm<sup>3</sup>)

Prüfkörper	Prüfdatum	Meßfläche	Elektrolytwiderstand				Mittel
			Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4	
-	-	-	Ωm				-
1	2	3	4	5	6	7	8
R20/20-1	10.01.2001	Seite 1	370	390	380	380	380
		Seite 2	410	410	410	410	410
		Seite 3	430	440	440	430	435
		Seite 4	430	420	430	420	425
		Unterseite	470	480	470	470	472,5
		Mittel					
R20/20-2		Seite 1	400	400	390	400	397,5
		Seite 2	430	440	430	440	435
		Seite 3	430	410	430	420	422,5
		Seite 4	410	420	420	430	420
		Unterseite	440	440	440	440	440
		Mittel					
R20/20-3		Seite 1	350	350	350	350	350
		Seite 2	370	370	370	370	370
		Seite 3	370	360	370	370	367,5
		Seite 4	350	350	360	360	355
		Unterseite	360	360	340	370	357,5
		Mittel					

**Tabelle A3:** Ergebnisse der Wenner-Messungen an Würfeln des Mörtels V1/50  
(150-150-150 mm<sup>3</sup>)



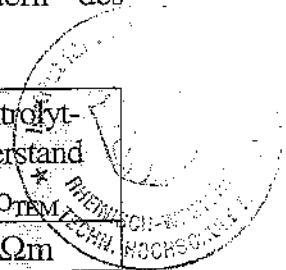
Prüf- körper	Prüf- datum	Meßfläche	Elektrolytwiderstand				Mittel
			Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4	
-	-	-	Ωm				
1	2	3	4	5	6	7	8
V1/50-1	10.01.2001	Seite 1	140	150	150	140	145
		Seite 2	140	150	140	150	145
		Seite 3	140	140	140	140	140
		Seite 4	140	140	140	140	140
		Unterseite	140	150	140	150	145
		Mittel					
V1/50-2		Seite 1	130	130	130	130	130
		Seite 2	130	130	130	130	130
		Seite 3	130	130	130	130	130
		Seite 4	130	130	130	130	130
		Unterseite	130	130	130	130	130
	Mittel						<b>130,0</b>
V1/50-3	Seite 1	110	120	110	120	115	
	Seite 2	110	120	110	110	112,5	
	Seite 3	120	110	120	120	117,5	
	Seite 4	110	110	110	120	112,5	
	Unterseite	110	120	110	120	115	
	Mittel						<b>114,5</b>

Tabelle A4: Ergebnisse der Zwei-Elektroden-Messung an Zylindern des Mörtels R20/20 ( $\varnothing$  ca. 100 mm, h = ca. 50 mm)

Prüfkörper	Abmessungen	Prüfdatum	Messung	Widerstand	Elektrolyt-widerstand
-	mm	-	-	k $\Omega$	$\Omega$ m
1	2	3	4	5	6
R20/20-1	$\varnothing$ 101,8, h = 50,2	11.01.2001	1	2,460	398,86
			2	2,470	400,48
			3	2,470	400,48
			4	2,480	402,10
			Mittel	<b>2,470</b>	<b>400,48</b>
R20/20-2	$\varnothing$ 99,0, h = 52,3	11.01.2001	1	2,480	365,01
			2	2,470	363,54
			3	2,480	365,01
			4	2,480	365,01
			Mittel	<b>2,478</b>	<b>364,65</b>
R20/20-3	$\varnothing$ 99,0, h = 52,0	11.01.2001	1	2,220	328,63
			2	2,220	328,63
			3	2,230	330,11
			4	2,230	330,11
			Mittel	<b>2,225</b>	<b>329,37</b>

Tabelle A5: Ergebnisse der Zwei-Elektroden-Messung an Zylindern des Mörtels V1/50 ( $\varnothing$  ca. 100 mm, h = ca. 50 mm)

Prüfkörper	Abmessungen	Prüfdatum	Messung	Widerstand	Elektrolyt-widerstand
-	mm	-	-	k $\Omega$	$\Omega$ m
1	2	3	4	5	6
V1/50-1	$\varnothing$ 101,8, h = 52,2	11.01.2001	1	0,688	107,28
			2	0,730	113,83
			3	0,724	112,89
			4	0,705	109,93
			Mittel	<b>0,712</b>	<b>110,98</b>
V1/50-2	$\varnothing$ 101,8, h = 52,2		1	0,624	97,30
			2	0,618	96,36
			3	0,571	89,03
			4	0,622	96,99
			Mittel	<b>0,609</b>	<b>94,92</b>
V1/50-3	$\varnothing$ 101,8, h = 54,6	1	0,567	84,52	
		2	0,571	85,12	
		3	0,542	80,80	
		4	0,550	81,99	
		Mittel	<b>0,558</b>	<b>83,11</b>	



**Tabelle A6:** Eindringtiefen bei RCM (Schnellmigrationstest) gemessen mit AgNO<sub>3</sub>-Lösung

Prüf- körper	Prüf- fläche	Chlorideindringtiefe an Meßstelle											mittlere Chloridein- dringtiefe
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
mm													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R20/20-1	links	8,0	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	4,5	4,0	4,0	4,0	46,0 <sup>1)</sup>	4,53
	rechts	5,0	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,0	50,0 <sup>1)</sup>	
R20/20-2	links	27,5 <sup>1)</sup>	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	3,5	13,0	12,0	3,0	40,0 <sup>1)</sup>	5,75
	rechts	29,0 <sup>1)</sup>	4,5	6,0	4,0	3,5	3,5	2,5	11,0	12,5	4,0	45,0 <sup>1)</sup>	
R20/20-3	links	18,0 <sup>1)</sup>	6,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	5,5	4,0	4,0	26,0 <sup>1)</sup>	4,39
	rechts	17,0 <sup>1)</sup>	5,0	4,5	3,5	4,5	4,0	5,5	4,0	4,5	4,5	35,0 <sup>1)</sup>	
V1/50-1	links	11,0 <sup>1)</sup>	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	10,5 <sup>1)</sup>	7,25
	rechts	11,0 <sup>1)</sup>	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	10,5 <sup>1)</sup>	
V1/50-2	links	12,5 <sup>1)</sup>	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	14,5 <sup>1)</sup>	8,33
	rechts	13,0 <sup>1)</sup>	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	10,0	10,0	18,0 <sup>1)</sup>	
V1/50-3	links	14,0 <sup>1)</sup>	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	13,0 <sup>1)</sup>	8,25
	rechts	14,5 <sup>1)</sup>	9,5	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	15,5 <sup>1)</sup>	

1) Werte mit großem Randeinfluß werden nicht berücksichtigt

**Tabelle A7:** Berechnung der Chloriddiffusionskoeffizienten aus RCM-Test

Prüfkörper	Tempe- ratur	Zylinder- höhe	Prüfspan- nung	Eindring- tiefe	Hilfs- variable $\xi$	Prüfzeit	D <sub>migration</sub>	Mittelwert D <sub>migration</sub>	Standard- abweichung D <sub>migration</sub>
-	k	mm	V	mm	-	s	10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /s		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R20/20-1	293	50,2	30	4,53	1,26	88800	2,12	2,355	0,392
R20/20-2		52,3		5,75		88800	2,80		
R20/20-3		52,0		4,39		88800	2,13		
V1/50-1		52,2		7,25		88680	3,54	3,910	
V1/50-2		52,2		8,33		89220	4,03		
V1/50-3		54,6		8,25		89700	4,15		

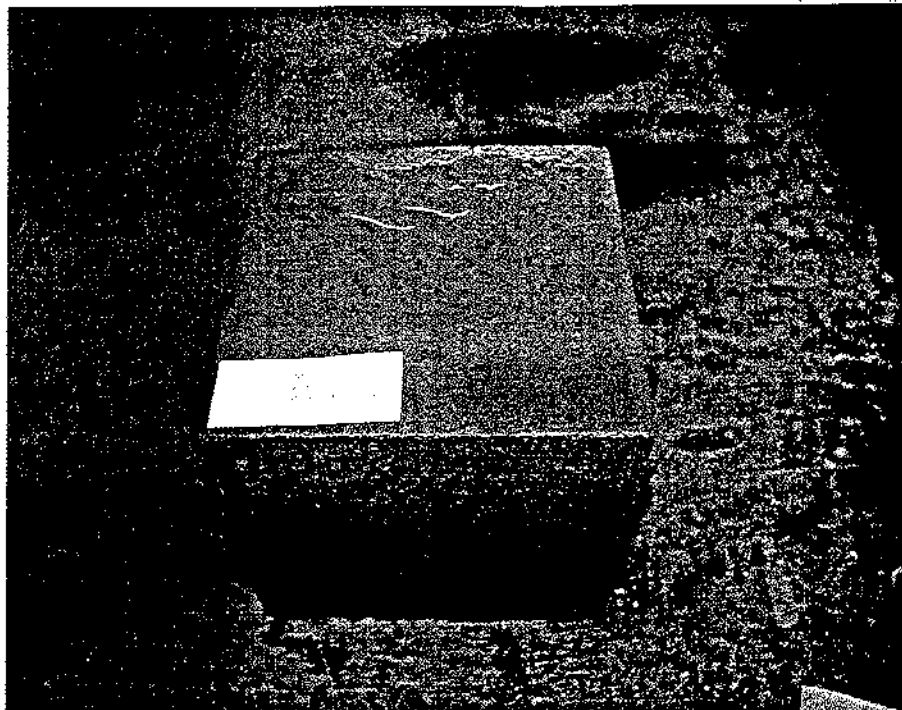


Bild B1: Photo des Prüfkörperwürfels R20/20-1 nach Anlieferung

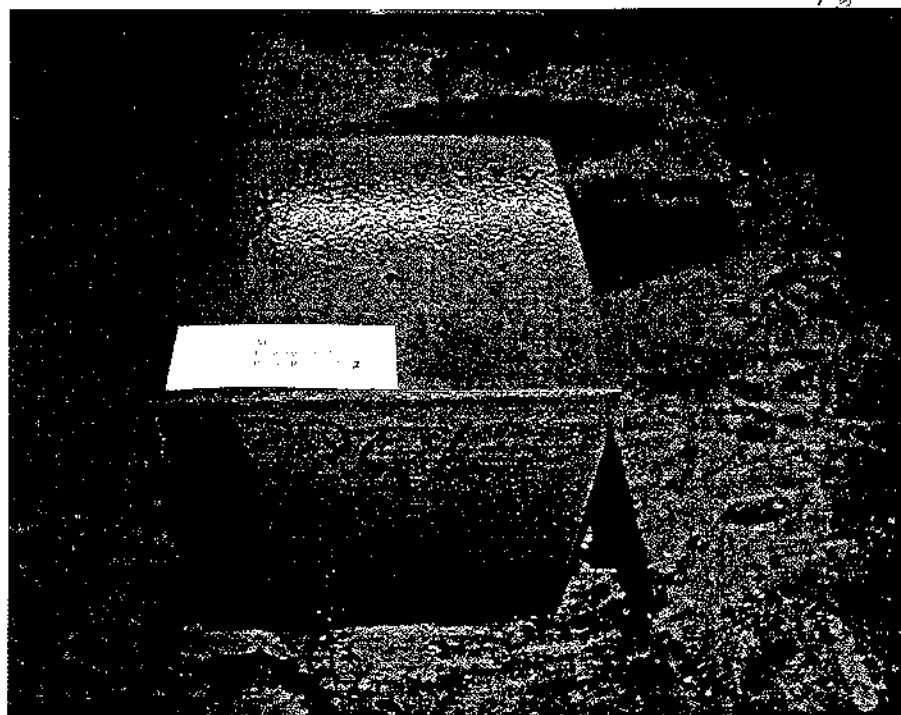


Bild B2: Photo des Prüfkörperwürfels R20/20-2 nach Anlieferung

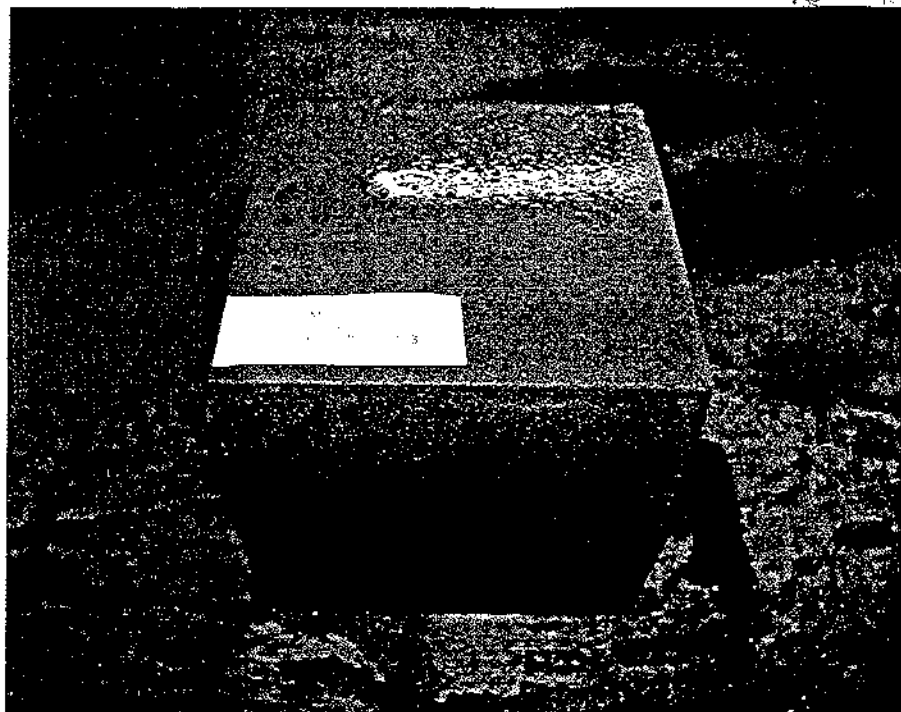


Bild B3: Photo des Prüfkörperwürfels R20/20-3 nach Anlieferung

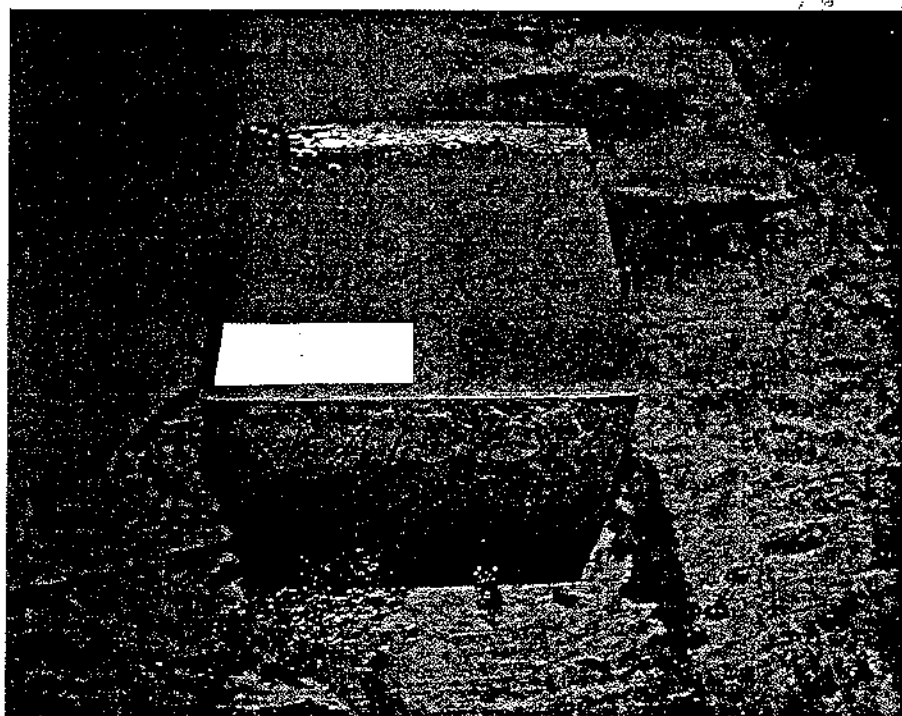


Bild B4: Photo des Prüfkörperwürfels V1/50-1 nach Anlieferung

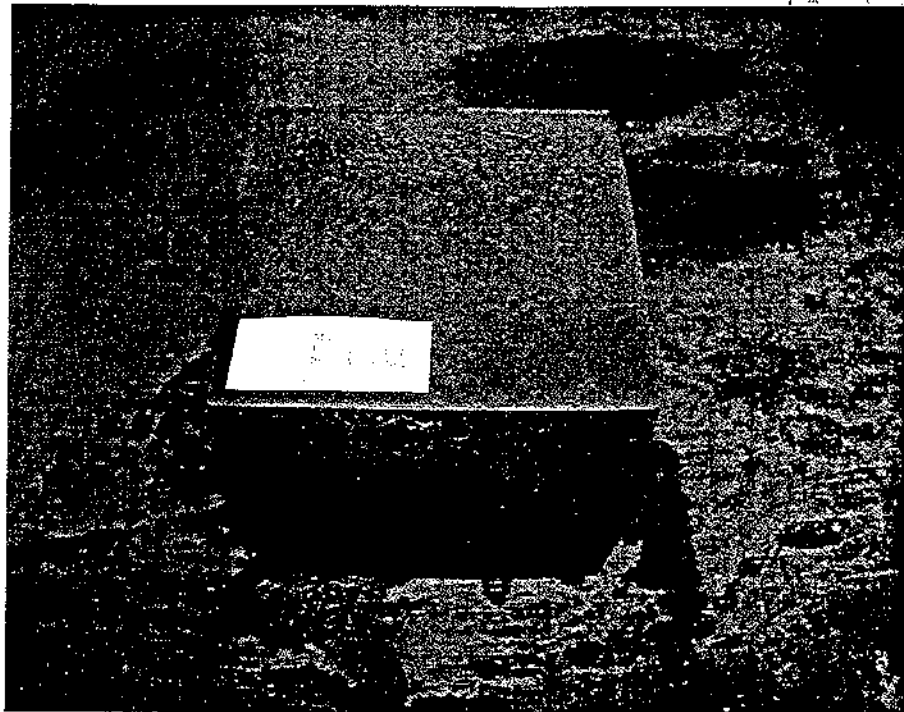


Bild B5: Photo des Prüfkörperwürfels V1/50-2 nach Anlieferung

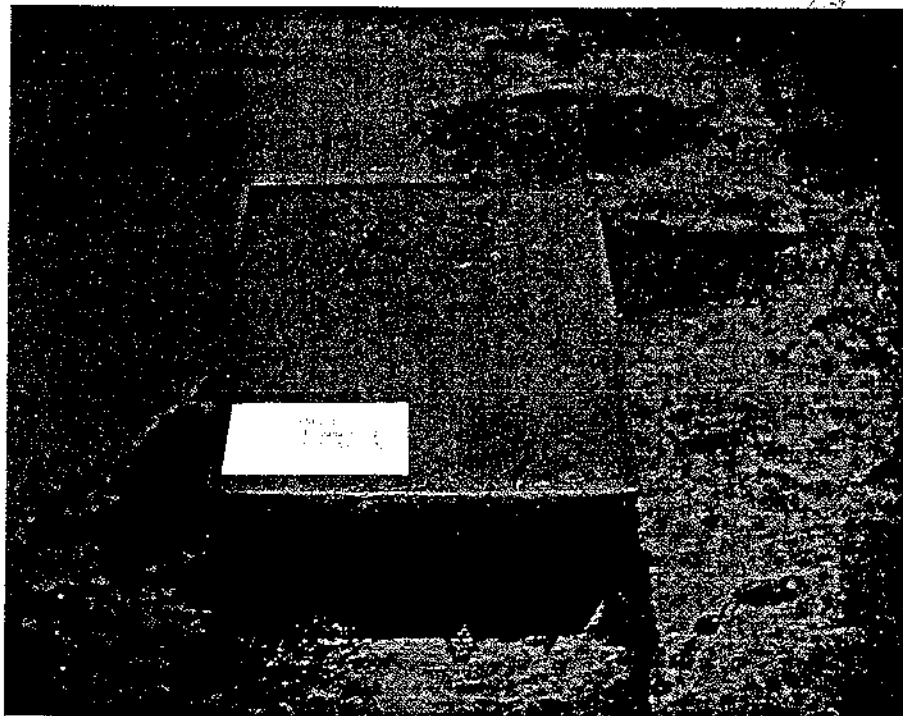
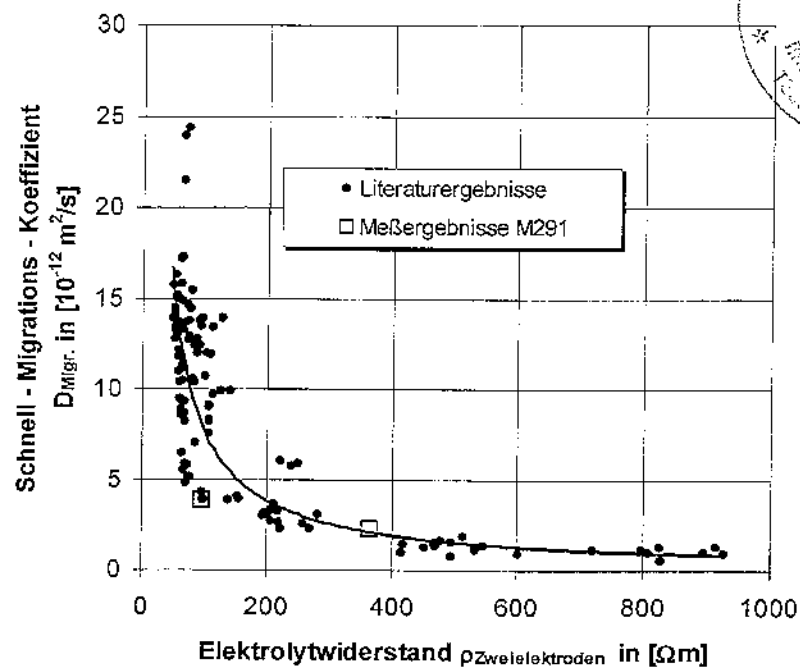
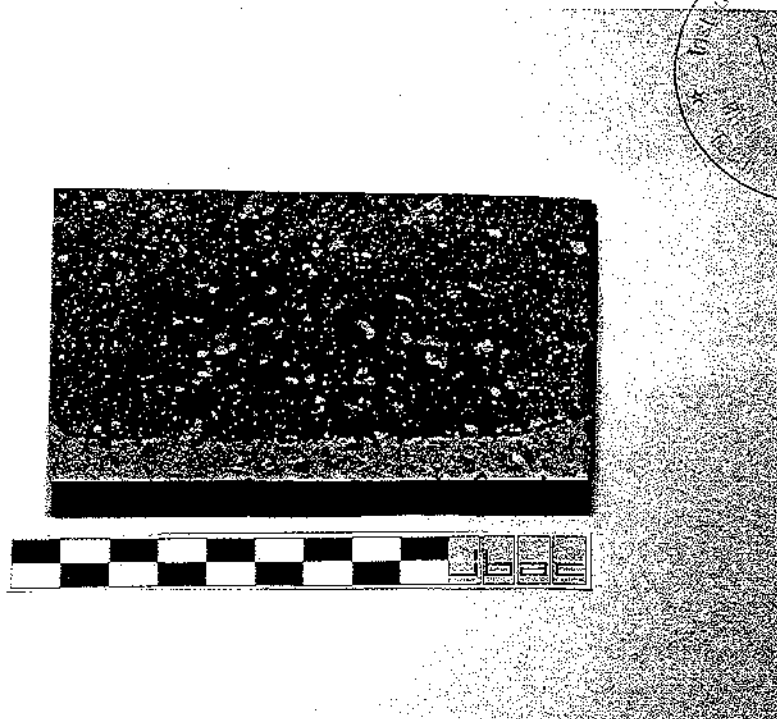


Bild B6: Photo des Prüfkörperwürfels V1/50-3 nach Anlieferung



**Bild B7:** Zusammenhang zwischen Diffusionskoeffizient (ermittelt mit Schnellmigrationstest) und Elektrolytwiderstand (Zwei-Elektroden-Methode)



**Bild B8:** Chlorideindringfront beim Prüfkörper VI/50-3 nach Durchführung des Schnellmigrationsversuches