



Forschungsinstitut der Zementindustrie, Postfach 301063 · D-40410 Düsseldorf

Herrn
Dipl.-Ing. B. Gehrke
PAGEL Spezial-Beton GmbH & Co. KG
Wolfsbankring 9

45355 Essen

Tannenstraße 2
40476 Düsseldorf

Postfach 30 10 63
40410 Düsseldorf

Telefon (0211) 45 78-1
Telefax (0211) 45 78-296

email info@vdz-online.de
http://www.vdz-online.de

Ihr Zeichen	Ihr Schreiben vom	Unser Zeichen	Durchwahl	Datum
Gehrke/Se	15.12.2003	BTe-Bre	4578-367	12.01.2004

Porositätsuntersuchungen an TW40 PAGEL-Fertigmörtel für Trinkwasserbehälter - Bericht BTe-TB-B1827-A

Institutsleitung:
Dr. rer. nat. M. Schneider
(Vorsitzender)
Prof. Dr.-Ing. G. Thielen

Sehr geehrter Herr Gehrke,

anbei übersenden wir Ihnen den Technischen Bericht BTe-TB-B1827-A vom 12.01.2004 mit den Ergebnissen der Porositätsuntersuchungen an TW40 PAGEL-Fertigmörtel für Trinkwasserbehälter in zweifacher Ausfertigung.

HSBC Trinkaus & Burkhardt
Düsseldorf 2476 029
BLZ 30030880

IBAN
DE93300308800802476029
SWIFT TUBDDEDD

Der geprüfte Beschichtungsmörtel erfüllt die Anforderungen der Technischen Regel Wasserspeicherung (DIN EN 1508 plus DVGW Arbeitsblatt W 300), die eine Porosität ≤ 12 Vol.-% im Alter von 28 Tagen fordert.

USt.-IdNr.: DE 119353748
St.-Nr.: 105/5894/1227

Wir bedanken uns für Ihre Beauftragung und verbleiben

mit freundlichen Grüßen
FORSCHUNGSINSTITUT DER ZEMENTINDUSTRIE
Abteilung Betontechnik

Dr.-Ing. E. Siebel

i.V.
Dr.-Ing. W. Breit

Anlage

Institutsleitung
Dr. rer. nat. M. Schneider
(Vorsitzender)
Prof. Dr.-Ing. G. Thielen

Tannenstraße 2
40476 Düsseldorf
Postfach 30 10 63
40410 Düsseldorf
Tel. (0211) 45 78-1
Fax (0211) 4578-296
email info@vdz-online.de
http://www.vdz-online.de

Technischer Bericht

BTe-TB-B1827-A
vom 12.01.2004

Porositätsuntersuchungen von
TW40 PAGEL-Fertigmörtel für
Trinkwasserbehälter

Projektleiter

Dr.-Ing. Wolfgang Breit

Auftraggeber

PAGEL Spezial-Beton GmbH Co. KG
Herr Dipl.-Ing. B. Gehrke
Wolfsbankring 9

45355 Essen

Auftragsdatum

15.12.2003

Aktenzeichen

Der Technische Bericht umfasst 12 Seiten

*Wiedergabe, auch
auszugsweise ist nur mit
Genehmigung des
Forschungsinstitutes der
Zement-
Industrie gestattet.*

*Jede Haftung des Instituts
und seiner Mitarbeiter aus
mündlichen oder schriftlichen
Auskünften, Beratungen oder*

*Gutachten ist, soweit gesetz-
lich zulässig, ausgeschlossen.
Von Ansprüchen Dritter sind
wir freizustellen.*

Q:\BTe-Auftragsar-
52040000\B1800-
B1899\B1827-
A_Bre_Pagel_HG-

INHALT

	Seite
1 ALLGEMEINES	1
2 QUECKSILBERINTRUSIONSMESSUNG NACH DIN 66 133	1
ANHANG A.....	A1 - A3
ANHANG B.....	B1 - B5

1 Allgemeines

Mit Schreiben vom 15.12.2003 wurde das Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ), Düsseldorf, durch die Fa. PAGEL Spezial-Beton GmbH & Co. KG, Essen, vertreten durch Herrn Dipl.-Ing. B. Gehrke, mit der Durchführung von Porositätsuntersuchungen an TW40 PAGEL-Fertigmörtel für Trinkwasserbehälter beauftragt. Die Porositätsuntersuchungen wurden mit Hilfe von Quecksilberintrusionsmessungen nach DIN 66 133 durchgeführt.

Für die Untersuchungen wurden Probekörper vom Auftraggeber hergestellt. Die Angaben zur Herstellung der Probekörper können dem Anhang A entnommen werden.

Am 15.12.2003 wurden sechs Prüfplatten (100 x 100 x 15 mm) im FIZ eingeliefert. Je drei Prüfplatten wurden aus einer gespritzten (400 x 400 mm) und einer händisch hergestellten Mörtelplatte herausgesägt (siehe Anhang A). Die Proben wurden wassergelagert übergeben.

2 Quecksilberintrusionsmessung nach DIN 66 133

Bei porösen Feststoffen erfolgt die Bestimmung der Porenvolumenverteilung (offene Porosität) und der spezifischen Oberfläche durch die Messung des unter steigendem Druck eingepressten Quecksilbervolumens nach dem Verfahren von Ritter und Drake. Das Verfahren ist nur bei nicht benetzbaren und nicht mit Quecksilber reagierenden Stoffen anwendbar. Wegen der anzuwendenden Drücke ist das Verfahren bei leicht zusammendrückbaren Stoffen und bei solchen, deren Poren aufbrechen können, nur bedingt anwendbar.

Am 17.12.2003 erfolgte die Probenahme aus den eingelieferten Prüfplatten. Es wurden aus zwei Platten der händisch (TW_40_h) bzw. maschinell (TW_40_m) hergestellten Mörtelplatten je eine Probe entnommen. Anschließend erfolgte eine 24 stündige Vakuumtrocknung. Unmittelbar im Anschluss an die Vakuumtrocknung wurden die Quecksilberintrusionsmessungen nach DIN 66 133 „Bestimmung der Porenvolumenverteilung und der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Quecksilberintrusion“ (Ausgabe Juni 1993) durchgeführt (Prüfalter 29 Tage). Bei dem Quecksilberdruckporosimeter handelt es sich um ein Gerät mit der Bezeichnung „Porosimeter 2000 WS in Kombination mit Macropore Unit 120“ der Fa. Carlo Erba Strumentazione, Mailand.

Zur Berechnung der Porositäten wurden der Randwinkel, den das Quecksilber mit thermisch beanspruchtem Zementstein bildet, mit $141,3^\circ$ und die Oberflächenspannung des Quecksilbers mit $0,48 \text{ N/m}$ angesetzt. Die Prüftemperatur betrug 20°C . Der Enddruck der Messung betrug etwa 2000 bar. Die Auswertung erfolgte automatisch über ein an das Quecksilberdruckporosimeter angeschlossenes Rechnersystem unter Verwendung des zylindrischen Porenmodells.


Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Tabellen B1 und B2, Anhang B, zusammengestellt. Die grafische Auswertung geht aus den Bildern B1 bis B8, Anhang B, hervor.

Weitere Angaben wie z.B. Messgeräte, Messverfahren, Kalibrierdaten und weitere Verfahrenskenndaten können auf Anfrage mitgeteilt werden.

Die Restmaterialien werden vier Wochen nach Berichterstellung entsorgt.

Düsseldorf, 12.01.2004

FORSCHUNGSINSTITUT DER ZEMENTINDUSTRIE
Abteilung Betontechnik



Dr.-Ing. E. Siebel



i.V.
Dr.-Ing. W. Breit

ANHANG A**Angaben zur Herstellung der Proben
(Herstellerangaben, Schreiben vom 15.12.2003)**

	Maschinelle Applikation	händische Applikation
Datum der Probenherstellung	19.11.2003	19.11.2003
Produkt	TW40 PAGEL-Fertigmörtel	TW40 PAGEL-Fertigmörtel
Herstellung	In Dichtstrom-Nassspritztechnik wurde der Mörtel auf eine Stahlplatte mit seitlichen Lehren von 15 mm Dicke aufgespritzt	Der Mörtel wurde auf einer Haftbrücke aus dem Produkte TW10 PAGEL-Fertigmörtel auf eine vorgewässerte Gehwegplatte (\geq B35) in 15 mm Dicke aufgetragen.
Grundkörper	Stahlplatte mit 400 x 400 mm Grundfläche und 2 seitlichen 15 mm starken Stahlleisten als Spritzlehren	Gehwegplatte, Fläche 300 x 300 mm, mit festen Strahlmitteln gestrahlt, 3 Stunden vorgenässt (Wasser als Nebel aufgesprüht), zum Beschichtungszeitpunkt abgelüftet
Haftbrücke	ohne	TW10 PAGEL-Fertigmörtel Verbrauch 180 g/300 x 300 mm Platte = 2 kg/m ² , Wassermenge 13 %, mit Topfbürste gereinigt
Mörtel	TW40 PAGEL-Fertigmörtel	TW40 PAGEL-Fertigmörtel
Wasserzugabemenge	12 %	12 %
Mischer	BEBA 72 Doppelwellen Handmischer	BEBA 72 Doppelwellen Handmischer
Mischzeit	5 Minuten	5 Minuten
Förderpumpe	PFT N2 Vario	entfällt
Förderschlauchdurchmesser	35 mm Durchmesser mit 35 m Schlauchlänge; Reduzierung auf 25 mm Durchmesser mit 6 m Schlauchlänge; Gesamtschlauchlänge 41 m	entfällt
Düsensystem	Mantelstrom - Luftdüse: MAWO / PAGEL	entfällt

	Maschinelle Applikation	händische Applikation
Druckluftunterstützung Kompressor - Luftleistung	$\geq 5 \text{ bar}, \geq 5 \text{ m}^3 / \text{Minute}$	entfällt
Frischmörtelrohddichte	$2,298 \text{ kg/dm}^3$ (in den Luftporenmesstopf eingespritzt)	$2,063 \text{ kg/dm}^3$ (manuelle Befüllung)
Luftgehalt	$3,2 \text{ Vol.-%}$ (in den Luftporenmesstopf eingespritzt)	$7,9 \text{ Vol.-%}$ (manuelle Befüllung)
Oberflächenfinish	Die Spritzlage wurde einlagig appliziert und nicht abgerieben. Die Oberfläche wurde lediglich mit einem Stahlglätter abgezogen.	Die Mörtellage wurde einlagig appliziert und lediglich mit einem Stahlglätter auf der Haftbrücke verdichtet und abgezogen.
Lagerung	24 Stunden in abgedeckten Herstellungsformen; nach 24 Stunden wurden die Proben ausgeschalt und bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ unter Wasser gelagert. Am 03.12.2003 wurden die Platten mit einer Diamant - Schneidemaschine in $100 \times 100 \text{ mm}$ große Einzelplatten geschnitten und sofort wieder unter Wasser gelagert.	24 Stunden in abgedeckten Herstellungsformen; nach 24 Stunden wurden die Proben ausgeschalt und bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ unter Wasser gelagert. Am 03.12.2003 wurden die Platten mit einer Diamant - Schneidemaschine in $100 \times 100 \text{ mm}$ große Einzelplatten geschnitten und sofort wieder unter Wasser gelagert.
Weitere Angaben	Laborauftrag 086/03 (Anhang A, Seite A3)	Laborauftrag 086/03 (Anhang A, Seite A3)

PAGEL
 SPEZIAL-BETON GMBH & CO. KG
 Abteilung Labor / QS

Laborauftrag

Laborauftrag-Nr.:	086/03	Datum:	14.11.2003	Beginn:	17.11.2003	Ende:	15.12.2003
-------------------	---------------	--------	------------	---------	------------	-------	------------

Produktname:	TW 40	Herstelldatum:	06.11.2003	Lufttemperatur:	20,0 °C
Status:	PR	Sack - Nr.:	223	Luftfeuchtigkeit:	50 %

Rezeptur	Gew.-%	Wasszugabe	12,0	%	<input checked="" type="checkbox"/>	Ausbreitmaß	5 min	14,5	cm	
		W/Z-Wert				(DIN 18555)	30 min	12,0	cm	
		W/B-Wert				<input type="checkbox"/>	Fließrinne	5 min		cm
						(VGM-Merkblatt)	30 min			cm
		<input checked="" type="checkbox"/> T Trockenmörtel	20,5	°C	<input type="checkbox"/>	Ausbreitmaß	5 min			cm
		<input checked="" type="checkbox"/> T Wasser	20,7	°C	<input type="checkbox"/>	(DIN 1048)	30 min			cm
		<input checked="" type="checkbox"/> T Frischmörtel	23,8	°C	<input type="checkbox"/>	Trichter	5 min			sec
					<input type="checkbox"/>	Ø = mm	30 min			sec
		Mischzeit	5	min	<input checked="" type="checkbox"/>	Frishmörtelrohndichte		2,170		kg/dm³
		<input type="checkbox"/> Blaine - Wert		cm²/g	<input checked="" type="checkbox"/>	LP - Gehalt		7,0		%
Verbrauch	1,938	kg/dm³	<input type="checkbox"/>	Schüttgewicht				kg/dm³		
			<input type="checkbox"/>	Vicat - Test	EA			h : min		
				EE				h : min		
Summe				Bemerkungen						

Probenlagerung

bis zum Prüfaller feucht bei °C und % rel. Luftfeuchte
 bis zum Alter von Tage feucht bei °C und % rel. Luftfeuchte,
 danach bis zur Prüfung bei °C und % rel. Luftfeuchte

Stunden	X	1	1	7	7	28	28				
<input checked="" type="checkbox"/> Biegezug	N/mm²	4,5	6,7	8,1	8,8	8,9	9,8				
<input checked="" type="checkbox"/> Druck	N/mm²	36,6	44,0	56,6	68,1	70,6	78,9				
<input type="checkbox"/> Voluminisierung	%										
<input type="checkbox"/> Haftzug	N/mm²										
<input type="checkbox"/> Bruchart	%										
<input type="checkbox"/> Schwinden	mm/m										

Siebgröße	mm	Rest	0,063	0,125	0,250	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	31,5
Durchgang	%		34,3	36,1	43,2	56,2	72,8	82,6	100,0	100,0	100,0	100,0
<input checked="" type="checkbox"/> Einzelrückstand	%	34,3	1,8	7,1	13,0	16,6	9,8	17,4				

Bemerkungen
 Die in blau gefassten Tagewerte sind die Festigkeitswerte wo der Mörtel in die Prismenformen eingespritzt wurde.

15.12.2003 Datum  Laborleiter

ANHANG B

Tabelle B1: Ergebnisse der Quecksilberintrusionsmessungen
TW40 PAGEL-Fertigmörtel (maschinelle Applikation)

Mess- bzw. Berechnungsgrößen	Einheit	Probenbezeichnung		Mittelwert
		TW40_1_m	TW40_2_m	
Einwaage	g	10,749	10,649	10,699
Kumulatives Volumen	mm ³ ·g ⁻¹	29,32	31,55	30,44
Spezifische Oberfläche	m ² ·g ⁻¹	5,84	6,02	5,93
Mittlerer Porenradius	µm	0,00850	0,00995	0,00922
Porosität	%	6,527	7,092	6,810
Rohdichte	g·cm ⁻³	2,23	2,25	2,24
Dichte	g·cm ⁻³	2,38	2,42	2,40
Siehe Bilder	-	B1, B2	B3, B4	-

Tabelle B2: Ergebnisse der Quecksilberintrusionsmessungen
TW40 PAGEL-Fertigmörtel (händische Applikation)

Mess- bzw. Berechnungsgrößen	Einheit	Probenbezeichnung		Mittelwert
		TW40_1_h	TW40_2_h	
Einwaage	g	10,397	10,156	10,277
Kumulatives Volumen	mm ³ ·g ⁻¹	58,63	54,90	56,77
Spezifische Oberfläche	m ² ·g ⁻¹	7,04	6,76	6,90
Mittlerer Porenradius	µm	0,00637	0,00551	0,00594
Porosität	%	12,281	11,529	11,905
Rohdichte	g·cm ⁻³	2,10	2,10	2,10
Dichte	g·cm ⁻³	2,39	2,37	2,38
Siehe Bilder	-	B5, B6	B7, B8	-

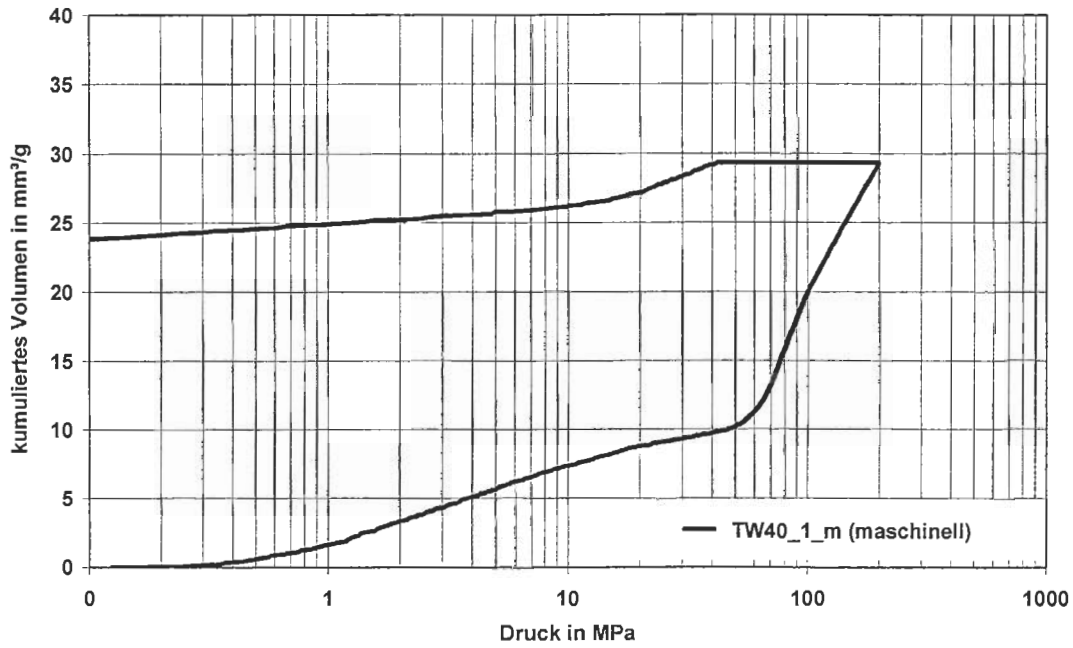


Bild B1: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom aufgetragten Druck Probe Nr. TW40_1_m

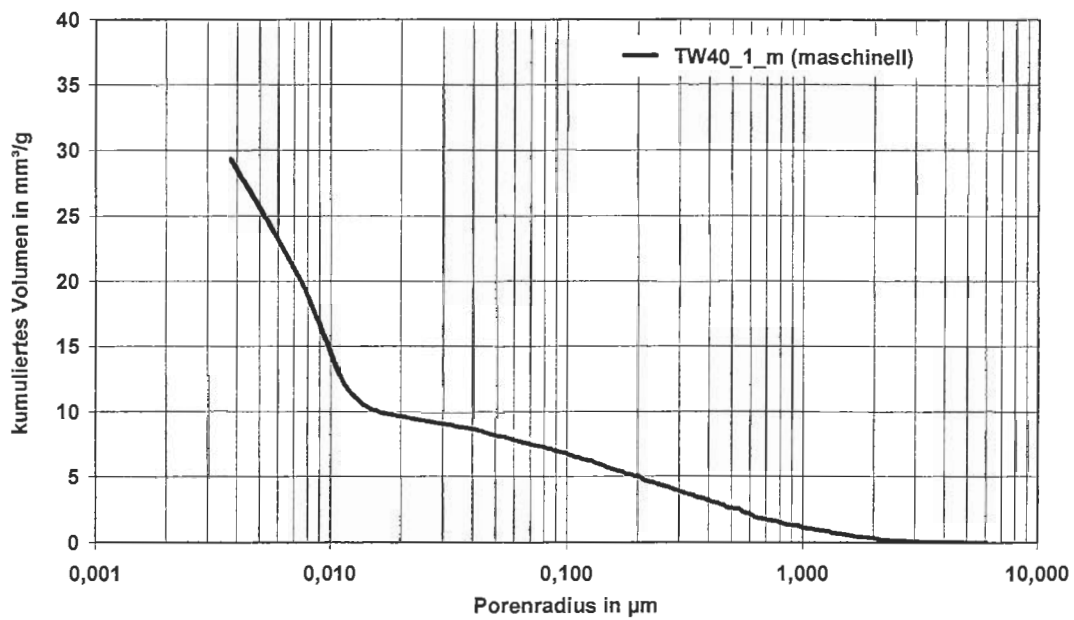


Bild B2: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom Porenradius Probe Nr. TW40_1_m

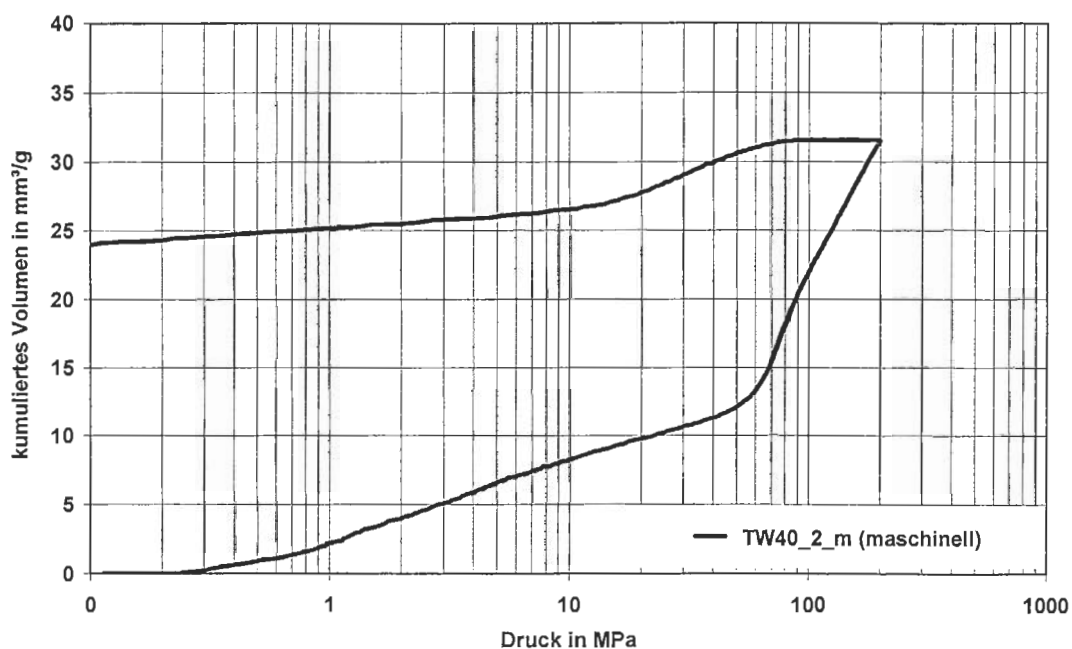


Bild B3: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom aufgebrauchten Druck Probe Nr. TW40_2_m

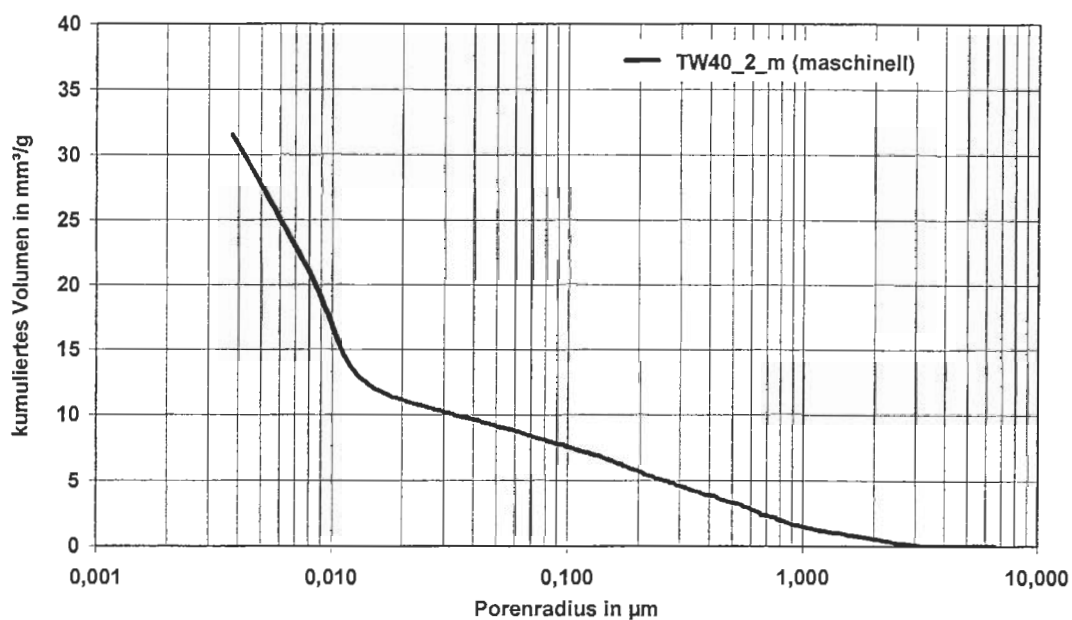


Bild B4: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom Porenradius Probe Nr. TW40_2_m

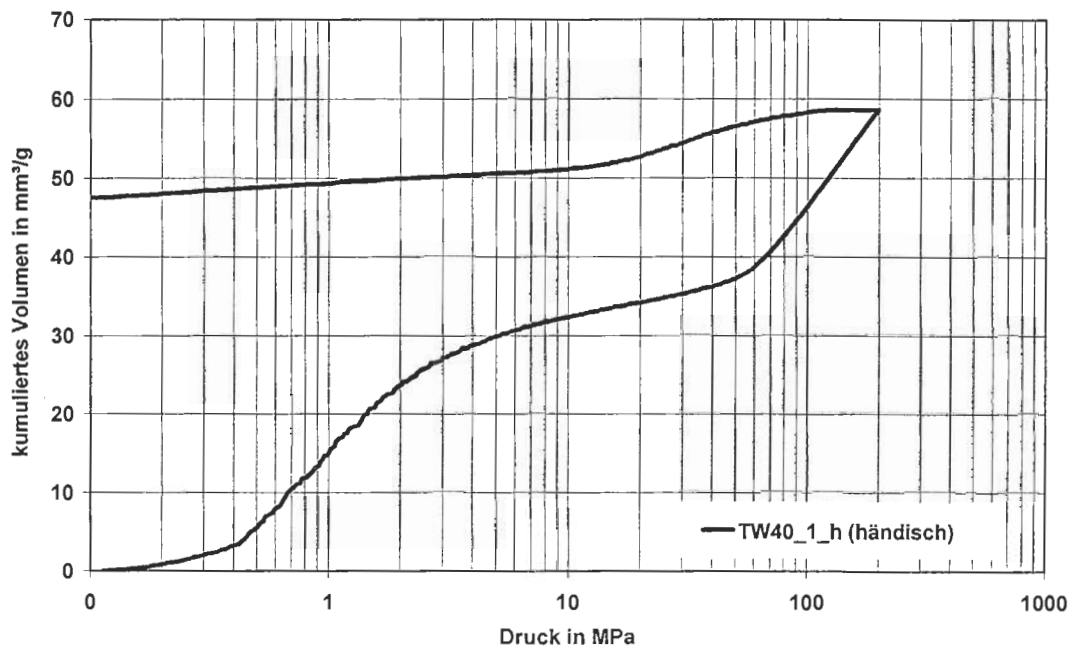


Bild B5: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom aufgebrachtten Druck Probe Nr. TW40_1_h

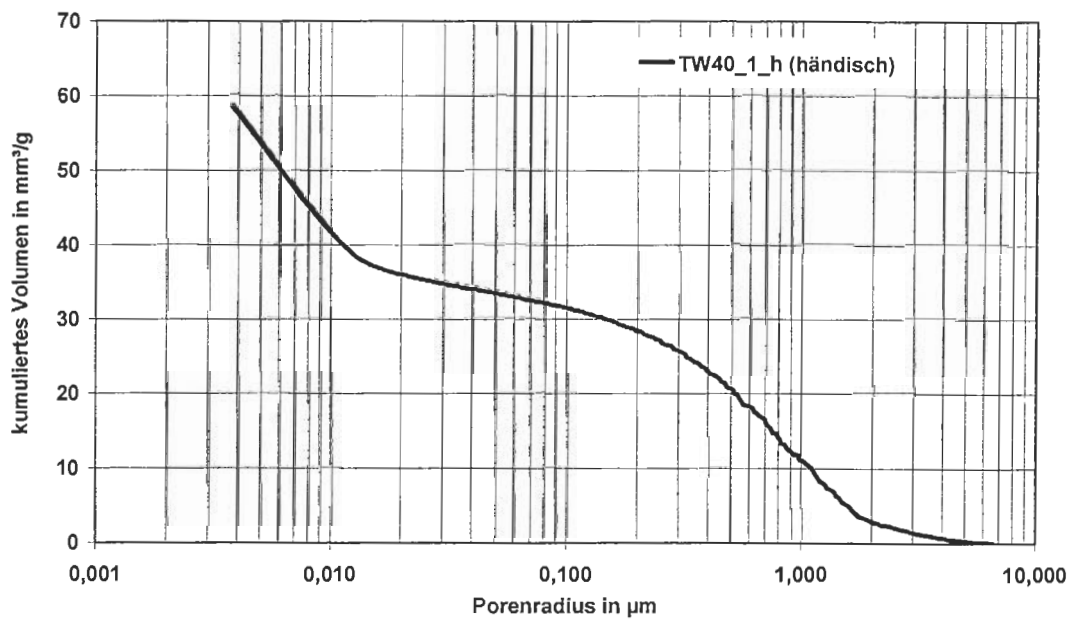


Bild B6: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom Porenradius Probe Nr. TW40_1_h

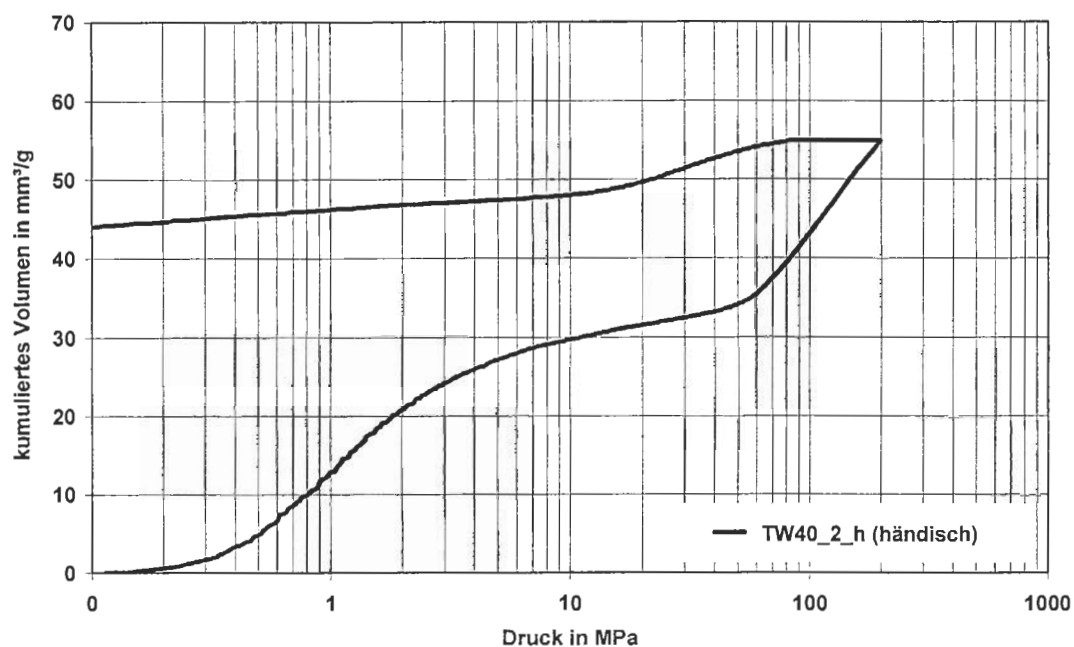


Bild B7: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom aufgebrauchten Druck
 Probe Nr. TW40_2_h

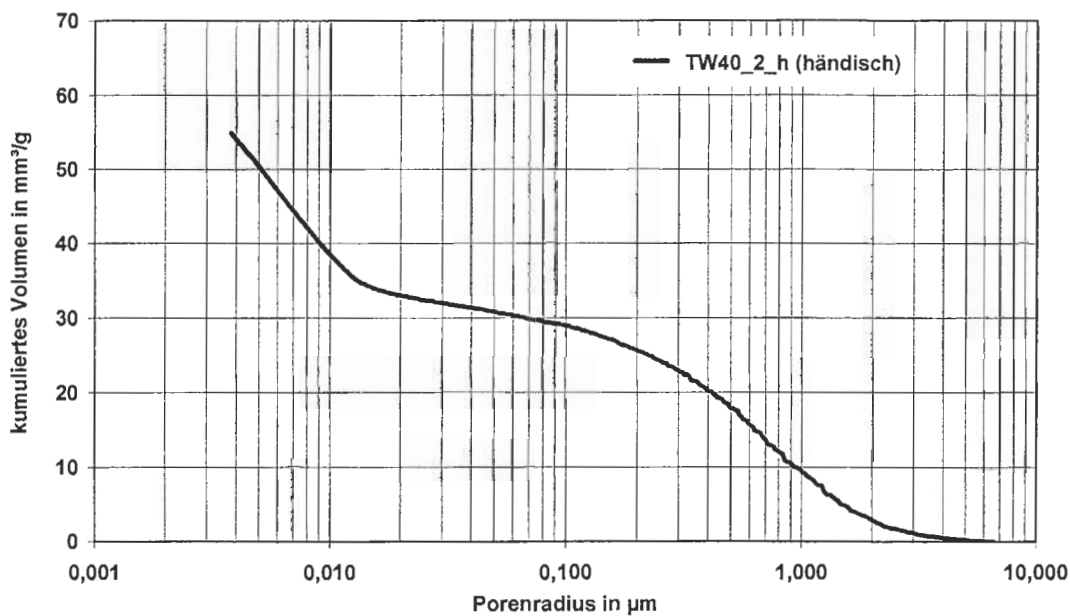


Bild B8: Kumuliertes Volumen in Abhängigkeit vom Porenradius
 Probe Nr. TW40_2_h