Bericht

zur

Entwicklung und Zertifizierung neuer Referenzmaterialien für den Hochdruck-Bereich der Quecksilber-Intrusion

CRM BAM-PM-120
Tonerdekugeln
α-Aluminiumoxid

CRM BAM-PM-121
Poröse Glaskugeln I
CPG 120

CRM BAM-PM-122
Poröse Glaskugeln II
PGL 107/96

auf der Grundlage der
Guidelines of BAM Reference Materials
und in Übereinstimmung mit BCR guide 01/97

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin

Projekt 0103-I-0016 "Zertifizierung von porösen Referenzmaterialien"
Projektleiter: Peter Klobes
Koordinator und Bericht: Barbara Röhl-Kuhn
Statistik: Thomas Fritz

Juli 2000

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung…….. 2
1.1 Anwendungsbereich der Quecksilber-Intrusion…….. 2
1.2 Grundlagen der Quecksilber-Intrusion…….. 3
2. Entwicklung von zertifizierten Referenzmaterialien für die Quecksilber-Intrusion…… 4
2.1 Auswahl der Kandidatenmaterialien…….. 5
2.2 Herkunft und Herstellung der Kandidatenmaterialien…… 7
2.3 Probenteilung…… 8
2.4 Homogenitätsuntersuchungen…… 8
2.5 Informationen zur Probe……..10
2.5.1 Dichte…… 10
2.5.2 Thermische Analyse…… 10
2.5.3 Röntgenographische Untersuchungen (XRPD)…….. 10
2.5.4 Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (REM)……11
2.5.5 Partikelgrößenverteilung…… 12
2.5.6 Porengrößenverteilung…… 13
2.6 Eignungstest 1…….. 15
3. Durchführung des Zertifizierungsringversuchs…… 19
3.1 Aufgabenstellung…… 19
3.2 Eignungstest 2…… 19
3.3 Datenauswertung und Kriterien für die Auswahl der p/v-Kurven für die Datenanalyse…….. 20
3.4 Zertifizierte Datensätze und Einzelkenngrößen…… 22
3.4.1 Zertifizierte Datensätze…….. 22
3.4.2 Zertifizierte Einzelkenngrößen…….. 29
4. Literatur…… 32
5. Anhang Zahlenwerte der zertifizierten Datensätze…… 33
5.1 BAM-PM-120…… 33
5.2 BAM-PM-121…… 39
5.3 BAM-PM-122…… 45

1. Einleitung

1.1 Anwendungsbereich der Quecksilber-Intrusion

Die Reaktivität eines Feststoffes wird nicht nur durch seine chemische Zusammensetzung bestimmt, sondern auch durch Sekundäreigenschaften wie Partikelgröße, spezifische Oberfläche und Porosität. Alle Industriezweige, die Feststoffe produzieren oder verwenden, seien es die chemische Industrie mit ihren Bereichen Katalyse und Chromatographie, die Zementindustrie, die pharmazeutische Industrie, die Pulvermetallurgie oder die keramische Industrie, setzen auch poröse und / oder feinteilige und hochdisperse Feststoffe ein und benötigen damit deren Kenngrößen wie Partikeldurchmesser, Porendurchmesser, Porenvolumen, spezifische Oberfläche und Dichte zur Charakterisierung. Trotz zahlreicher – zum Teil auch neuerer – Methoden zur Bestimmung von Porenweiten ist die Methode der Quecksilber-Intrusion zur Bestimmung der Porenvolumenverteilung von Meso- und Makroporen eine der wichtigsten Porenbestimmungsmethoden geblieben, die weltweit breit eingesetzt wird. Die folgende Darstellung gibt eine Übersicht über unterschiedliche Methoden, mit denen man Porenweiten bestimmen kann.

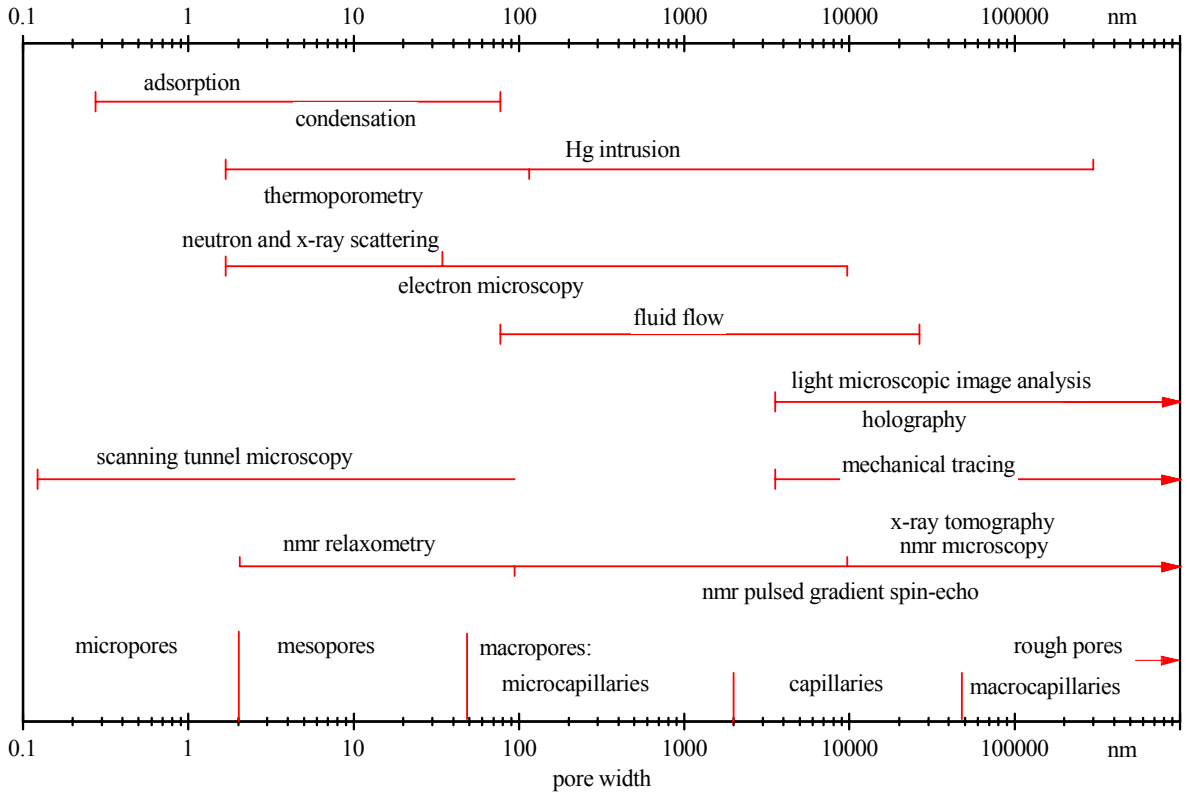

Abb. 1 Methodenübersicht zur Bestimmung von Porenweiten in Feststoffen

1.2 Grundlagen der Quecksilber-Intrusion

Die Grundlage der Quecksilber-Intrusion (Quecksilberporosimetrie) bildet die Washburn-Gleichung (Washburn 1921 [1])

$$D = \frac{4\gamma \cos\theta}{p}$$

welche den Zusammenhang zwischen dem Intrusionsdruck eines Fluids und der Porenweite beschreibt. Hierin bedeuten:

p	Intrusionsdruck des Fluids
D	Durchmesser der Poren, die beim Druck p mit Fluid gefüllt werden
γ	Oberflächenspannung des Fluids
θ	Kontaktwinkel zwischen Fluid und Feststoff unter Testbedingungen

Erst im Jahre 1945 entwickelten Ritter und Drake [2-4] auf der Grundlage dieser Gleichung ein Verfahren zur Bestimmung von Meso- und Makroporen. Dabei wird als Fluid Quecksilber verwendet, das unter Druck in das Porensystem eines Festkörpers eingepresst wird. Gemessen werden der Intrusionsdruck und das intrudierte Quecksilbervolumen. Als Hochdruck-Bereich dieses Verfahrens wird der Bereich zwischen 0,17 MPa und 400 MPa bezeichnet, die damit erfassbaren Porendurchmesser liegen zwischen 3,7 und $3 \cdot 10^4$ nm. Beim heutigen Stand der Gerätetechnik bewegen sich typische Messunsicherheiten für den Hg-Intrusiondruck bei 0,2 %, für das intrudierte Quecksilbervolumen bei 0,1 mm^3.

Für die Anwendung des Verfahrens müssen nachstehende Bedingungen erfüllt sein:

- Quecksilber muss sich gegenüber dem zu untersuchenden Material als eine nicht benetzende Flüssigkeit verhalten
- Quecksilber darf mit dem zu untersuchenden Material nicht chemisch reagieren
- Das Porengerüst muss stabil sein und den hohen angewendeten Druck aushalten
- Das Porengerüst darf nicht elastisch sein

Weiterhin sind als Besonderheiten zu beachten:

- Es werden nur offene Poren erfasst
- Der Berechnung des Porendurchmessers liegt ein Porenmodell zugrunde
- Als Kontaktwinkel ist der in den Normen [14] und [15] festgelegte Wert zu verwenden, da er experimentell unter Testbedingungen nicht messbar ist
- Die Reinheit des entgasten Quecksilbers sollte 99,999 % oder besser sein

Folgende Kenngrößen lassen sich mit der Methode der Quecksilber-Intrusion bestimmen:

- Spezifisches Porenvolumen
- Mittlerer Porendurchmesser
- Häufigster Porendurchmesser
- Porenvolumensummenkurve
- Porenvolumenverteilungskurve
- Spezifische Oberfläche
- Flächensummenkurve
- Flächenverteilungskurve
- Korndichte bestimmt mit Quecksilber
- Scheinbare Dichte
- Porosität

2. Entwicklung von zertifizierten Referenzmaterialien für die Quecksilber-Intrusion

Zu Beginn der Entwicklungsarbeiten im Jahre 1998 waren kommerziell keine zertifizierten Referenzmaterialien für die Quecksilberporosimetrie zu erhalten. Auch nichtzertifizierte Referenzmaterialien waren kaum verfügbar. Lediglich von einer Geräteherstellerfirma wurde und wird ein Produkt angeboten, bei dem es sich um ein "Laboratory Reference Material" (LRM) handelt. Als Kenngrößen dieses Materials werden drei verschiedene Durchmesser-Volumen-Paare angegeben. Die mittlere Porenweite dieses LRM liegt bei 7,5 nm.

Bei der Festlegung der zu zertifizierenden Kenngrößen war zu beachten, dass mit ihnen zum einen das ZRM hinsichtlich seiner Porositätseigenschaften möglichst vollständig beschrieben sein sollte, und dass sich die zertifizierten Kenngrößen zum anderen auch gut für die Gerätekalibrierung und die Überprüfung der Funktionstüchtigkeit eignen sollten. Um beiden Forderungen gerecht zu werden, bot sich anstelle der Zertifizierung von Einzelkenngrößen die Zertifizierung der gesamten Quecksilberintrusionskurve des Referenzmaterials (Druck-Volumen-Kurve) an. Da in diesem Falle im gesamten Druckintervall bis 400 MPa zertifizierte Intrusionswerte verfügbar sind, lässt sich ein solchermaßen zertifiziertes Referenzmaterial problemlos zur Kalibrierung sowohl von 400 MPa-Porosimetern als auch von 200 MPa-Geräten einsetzen.

Der Ablauf der Entwicklungsarbeiten unserer zertifizierten Referenzmaterialien für die Quecksilber-Intrusion (Teil 1, Hochdruckbereich) geht aus dem in Abb. 2 gezeigten Zertifizierungsschema hervor. Dieses Schema wurde von uns auf der Grundlage folgender Guidlines und Normen entwickelt: ISO Guide 43-1 [5], BCR Guide [6], BAM Guide [7], ISO Guides 30-35 [8-13] DIN 66 133 [14], ISO-Norm [15].

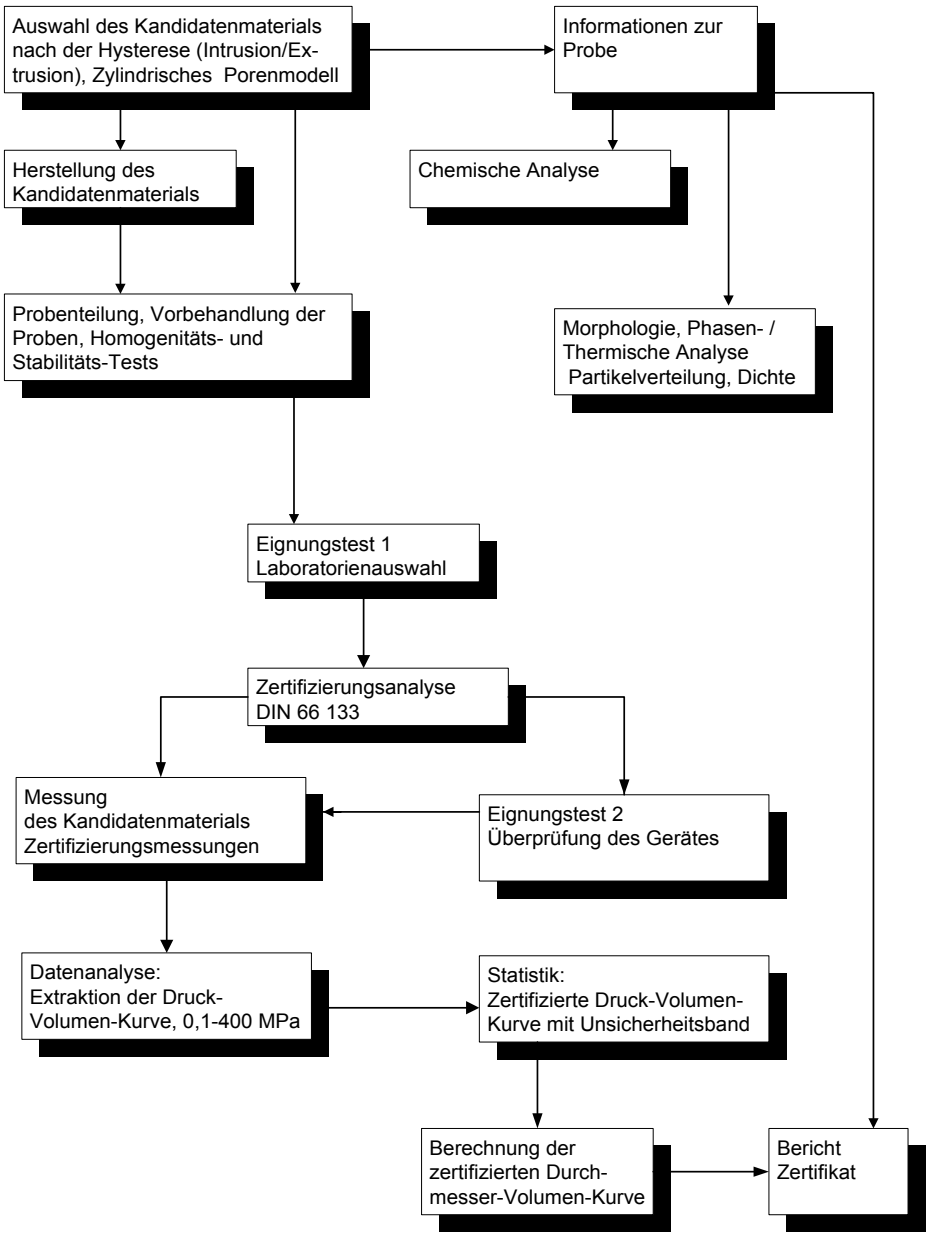

Abb. 2 Zertifizierungsschema zur Herstellung von Referenzmaterialien für die Quecksilber-Intrusion; Teil 1 (Hochdruckbereich 0,1 bis 400 MPa)

2.1 Auswahl der Kandidatenmaterialien

Für die Auswahl der Kandidatenmaterialien wurden 4 Kriterien in den Mittelpunkt gestellt:

- Das betreffende Material sollte bezüglich der Porenvolumenverteilung „homogen“ sein
- Die Porenvolumenverteilung sollte eng sein
- Der zu zertifizierende Porendurchmesser sollte deutlich größer als 7,5 nm sein
- Die Hysterese sollte für zylindrische Poren typisch sein

Daraus lässt sich ableiten, dass am besten Materialien geeignet sind, die Hohlräume (voids) ohne Porenhälse (throats) besitzen [16]. Es darf also kein Porennetzwerk vorhanden sein, bei dem ein sehr großer Teil des Quecksilbers aufgrund der engen Porenhälse in den Hohlräumen nach der Druckentspannung der Probe zurückbleibt, sondern wie für ein zylindrisches Porensystem typisch [17], nach Beendigung der Entspannung wieder aus den Hohlräumen entfernt wird. Als Beispiel dafür sind in Bild 3 Intrusions- und Extrusionskurve eines porösen Glases dargestellt.

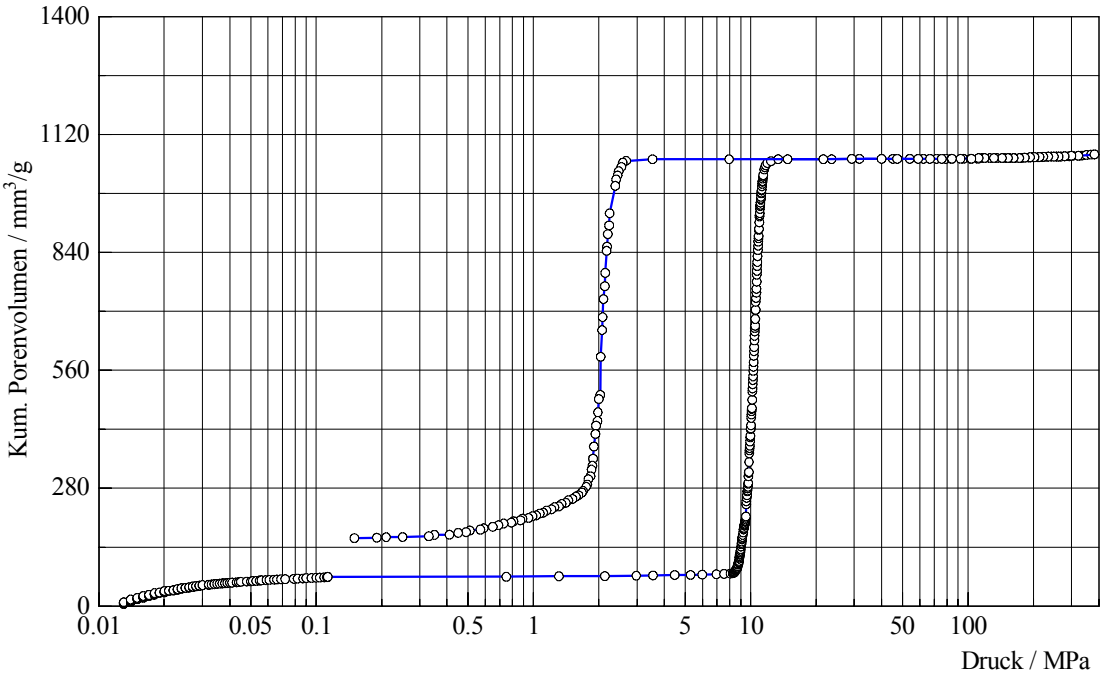

Abb. 3 Intrusions- und Extrusionskurve des porösen Glases CRM BAM-PM-122

Deutlich ist das Zwischenkornvolumen im Niederdruckbereich zwischen 0,01 und 0,1 MPa zu erkennen (Anstieg der Intrusionskurve im Druckintervall zwischen 0,01 und 0,1 MPa), das für die Hohlraumbestimmung extrahiert werden muss.

Von insgesamt 35 untersuchten Materialien wie Kieselgele, Aluminiumoxide, Zeolithe, poröse Gläser und Keramiken wurden für die Herstellung von zertifizierten Referenzmaterialien für den Hochdruckbereich der Quecksilber-Intrusion ein Aluminiumoxid und zwei poröse Gläser ausgewählt. Die drei ausgewählten Materialien erfüllen die o.g. Bedingungen.

Die von uns zur Eignung als Kandidatenmaterialien für den Hochdruckbereich der Quecksilber-Intrusion untersuchten Substanzen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 Untersuchte Produkte zur Auswahl der Kandidaten-Materialien

Material Hersteller bzw. Lieferant Anzahl der untersuchten Produkte	**Bezeichnung** (ausgewählte Materialien unterstrichen)	**Bewertung / Bemerkungen**
Fractosile Merck KGaA 6 Produkte (KM 1 - 6)	Fractosil (500-25000)	ungeeignet, zu viel Zwischenkornvolumen
Aluminiumoxide Condea 3 Produkte (KM 9 -11)	M662 M663 M745 (KM 11)	stabile Agglomerate, geeignet für Teil 1 (0,1-400 MPa)
Poröse Gläser		
a) Schuller GmbH 4 Produkte (KM 7 und 8; 31 und 32)	PG N01/96 PG N243/96 PGL107/96 (KM 31) PGL116/90	alle Produkte geeignet für Teil 1 *(die von der Fa. Fluka angebotenen CPG-Produkte schieden schon allein wegen ihres sehr hohen Preises aus)*
b) EU-Kommission DG XII 3 Produkte (KM 12-14)	CPG 120 (KM 14) CPG 240 CPG Vycor	
Molekularsiebe		
a) Merck KGaA 2 Produkte (KM 15 und 16)	Molecular sieve 0.5 Molecular sieve 1.0	Sekundärporenstruktur, weitgehend homogen, jedoch Verteilung zu breit
b) Schuchardt 1 Produkt (KM 23)	Mol sieve 13 X	nicht geeignet, da inhomogen und Verteilung zu breit
c) Laborchemie Apolda 6 Produkte (KM 19 - 22; 24; 25)	Zeosorb 4A, Zeosorb 5A Zeosorb 10A Zeosorb 3X Zeosorb 13X	nicht geeignet, Verteilung zu breit

2.2 Herkunft und Herstellung der ausgewählten Kandidatenmaterialien

CRM BAM-PM-120 (Arbeitsbezeichnung Kandidatenmaterial KM 11) ist ein kommerzielles Produkt der Fa. Condea Chemie GmbH Hamburg, das durch Hydrolyse von Aluminiumethanolat hergestellt wird. Durch eine spezielle Calcinierung des getrockneten Sols lassen sich die Porenparameter beeinflussen.

Bei den Materialien CRM BAM-PM-121 (CPG 120 / KM14) und CRM BAM-PM-122 (PGL 107/96, KM 31) handelt es sich um poröse Gläser, bei deren Herstellung die Ausbildung einer Alkaliborat-Phase und einer silicatreichen Phase für den Porenbildungsprozess ausgenutzt wird. Alkaliborat wird herausgelöst. Es bleibt eine poröse silicatreiche Phase zurück.

CPG 120 wurde uns vom EU-Direktorat DG XII in Brüssel zur Verfügung gestellt. PGL 1017/96 ist ein kommerzielles Trisopor der Fa. Schuller (John Manville's Company).

2.3 Probenteilung

Das Probenmaterial wurde mit Hilfe eines Probenteilers der Fa. Retsch homogenisiert. Die Quer-Rückvermischung (Cross riffling) erfolgte nach dem 2. Teilungsschritt [18].

Tabelle 2 Beispiel für die Quer-Rückvermischung

Flasche 01	Flasche 02	Flasche 03	Flasche 04	Flasche 05	Flasche 06	Flasche 07	Flasche 08	Cross riffling
(0101)	(0202)	(0303)	(0404)	(0505)	(0606)	(0707)	(0808)	→ A
(0102)	(0203)	(0304)	(0405)	(0506)	(0607)	(0708)	(0801)	→ B
(0103)	(0204)	(0305)	(0406)	(0507)	(0608)	(0701)	(0802)	→ C
(0104)	(0205)	(0306)	(0407)	(0508)	(0601)	(0702)	(0803)	→ D
(0105)	(0206)	(0307)	(0408)	(0501)	(0602)	(0703)	(0804)	→ E
(0106)	(0207)	(0308)	(0401)	(0502)	(0603)	(0704)	(0805)	→ F
(0107)	(0208)	(0301)	(0402)	(0503)	(0604)	(0705)	(0806)	→ G
(0108)	(0201)	(0302)	(0403)	(0504)	(0605)	(0706)	(0807)	→ H

A= 01(0101) + 02(0202) + 03(0303) + 04(0404) + 05(0505) + 06(0606) + 07(0707) + 08(0808)

2.4 Homogenitätsuntersuchungen

Die Homogenitätsüberprüfung wurde durch einen Vergleich der Kenngröße spezifisches Porenvolumen eines „homogenen“ Materials mit der des zu prüfenden Materials über die Variationskoeffizienten anhand des F-Tests durchgeführt. Als Vergleichsmaterial diente die Substanz Silica-Alumina, der schon erwähnte Standard einer Geräteherstellerfirma. Hierbei wurde wie folgt verfahren. Von dem Material Silica-Alumina wurde aus 9 gemessenen p/v-Kurven eine Labormittelwertkurve mit Unsicherheitsintervallen (siehe Seite 22) berechnet. Aus dieser Mittelwertkurve (Abb. 4 und 5) wurde durch lineare Interpolation folgender Volumenwert einschließlich seiner Unsicherheit bei einem Quecksilberintrusionsdruck von 200 MPa ermittelt:

p_{Hg} = 200 MPa, V = 504,706 mm^3/g ± 17,461 mm^3/g

Ergebnis des F-Tests:

Die Materialien CRM BAM-PM-120, CRM BAM-PM-121, CRM BAM-PM-122 und das Vergleichsmaterial Silica-Alumina sind von vergleichbarer Homogenität.

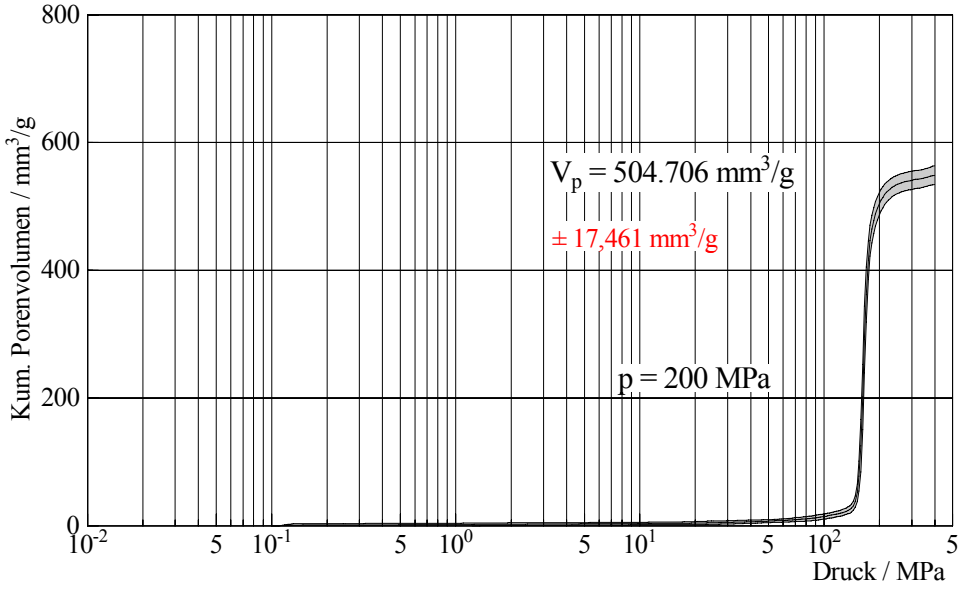

Abb. 4 Mittelwertkurve von Silica-Alumina mit Unsicherheitsintervallen (Gesamtverlauf, log. Abszisse)

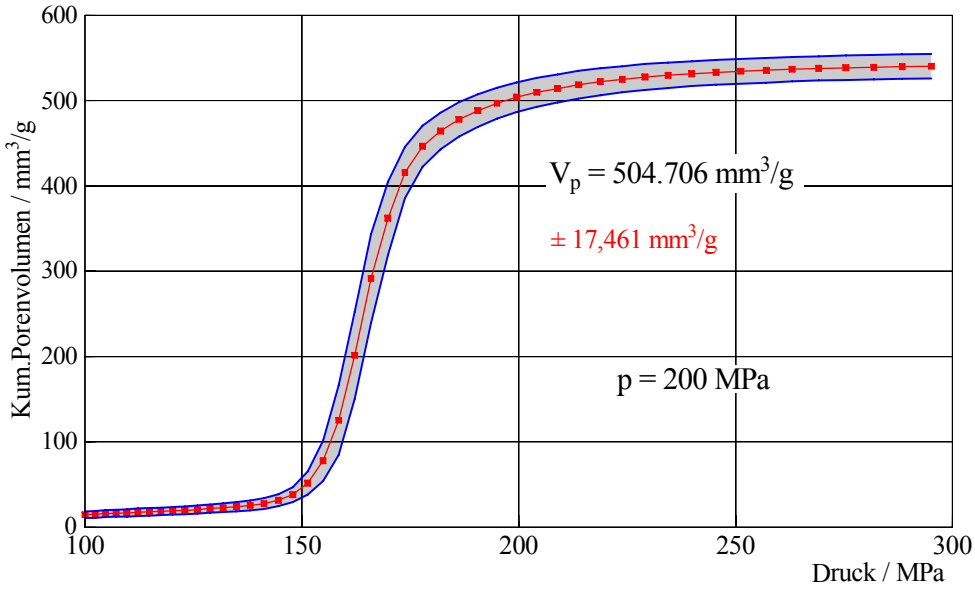

Abb. 5 Mittelwertkurve von Silica-Alumina mit Unsicherheitsintervallen (Ausschnitt, Druckbereich von 100 bis 300 MPa, lin. Abszisse)

2.5 Informationen zur Probe

2.5.1 Dichte

Die Dichten der Produkte wurden mittels des Heliumpyknometers AccuPyc 1330 der Firma Micromeritics Corporation bei 23° C bestimmt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 3 Ermittelte Produktdichten

Produkt	Dichte [g / cm^3] bei 23 °C
CRM BAM-PM-120	3,88
CRM BAM-PM-121	2,20
CRM BAM-PM-122	2,20

2.5.2 Thermische Analyse

Die thermoanalytischen Untersuchungen wurden mit einer Thermowaage TAG 24-6 von Setaram mit simultaner DTA durchgeführt.
Die Masseänderungen von CRM BAM-PM-120 liegen an der Nachweisgrenze der Thermowaage. An der Probe lässt sich bis 1264 °C keine Umwandlung nachweisen.

Das thermische Verhalten der porösen Gläser CRM BAM-PM-121 und CRM BAM-PM-122 wurde im Temperaturbereich bis 1010 °C thermoanalytisch mit simultaner TG-DTA und gekoppelter Gasanalyse untersucht.
Beide Gläser erfahren ab Raumtemperatur Masseabnahmen, die im Temperatur-Bereich bis ca. 200 °C rasch ablaufen und zu einer unscharfen, mit einem endothermen Effekt verbundenen Massestufe führen. Die Masseabnahme setzt sich kontinuierlich bis 900 °C fort. Darüber wird nur noch eine langsame Masseabnahme verzeichnet. Das Ende der Masseabnahme hängt vermutlich mit der Glastransformation und nachfolgenden Sinterung der Glasproben zusammen. Die Masseabnahme könnte als Freisetzung von Wasser interpretiert werden.

2.5.3 Röntgenographische Untersuchungen (XRPD)

Für das Prüfverfahren wurde ein D5000-Goniometer in Bragg-Brentano-Geometrie in vertikalem Theta-Theta-Aufbau mit linearem ortsempfindlichen Detektor und variabler Divergenzblende, Cu-K_α-Strahlung, der Firma Bruker-AXS GmbH (früher Siemens) eingesetzt.

Das Prüfverfahren beinhaltet die phasenselektive Analyse kristalliner Anteile von Feststoffgemischen mittels Röntgenpulverdiffraktometrie (XRPD).
CRM BAM-PM-120 enthält als einzige kristalline Phase auskristallisierten Korund. Andere kristalline Phasen, insbesondere auch andere Al_2O_3-Formen, sind nicht nachweisbar. Die Nachweisgrenze wurde besser als 1 Masse-Prozent geschätzt.
Die Proben CRM BAM-PM-121 und CRM BAM-PM122 sind röntgenamorph und zeigen keine kristallinen Phasen.

2.5.4 Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (REM)

Die REM-Aufnahmen wurden mit dem Rasterelektronenmikroskop HITACHI 4100 der Firma Sanyo, NISSAN aufgenommen.

CRM BAM-PM-120 (Abb. 6) bildet stabile Agglomerate mit einer Porenweite von ca. 230 nm.

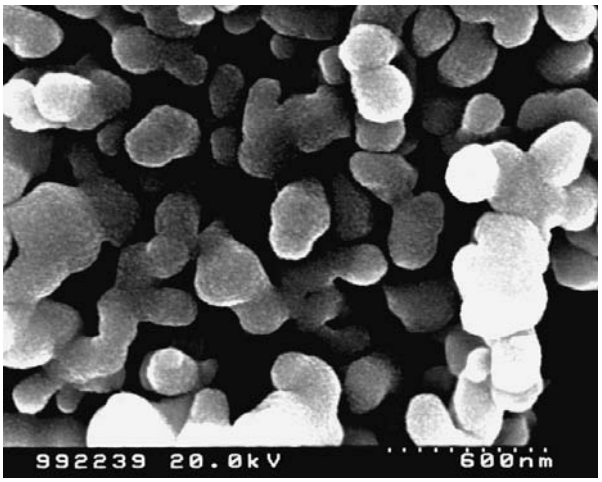

Abb. 6 REM-Aufnahme der Agglomerate von CRM BAM-PM-120

Die porösen Gläser CRM BAM-PM-121 (Abb. 7) und CRM BAM-122 (Abb. 8) weisen eine sehr unterschiedliche Morphologie auf. CRM BAM-PM-121 zeigt in der Aufnahme eine blumenkohlartige Struktur. Die Poren des porösen Glases CRM BAM-PM-122 sind in der Abb. 8 sehr deutlich zu erkennen.

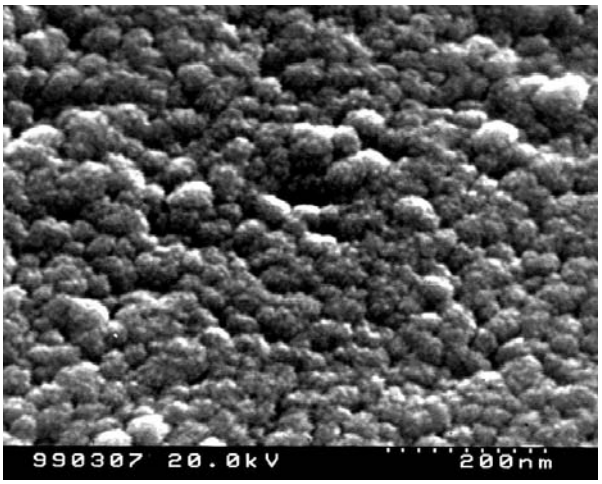

Abb. 7 REM-Aufnahme von CRM BAM-PM-121

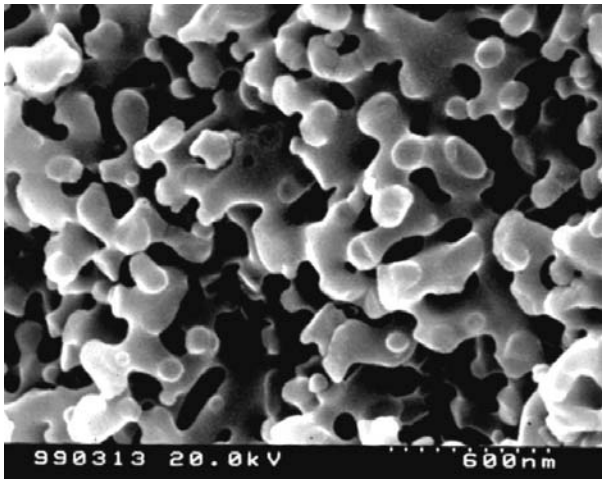

Abb. 8 REM-Aufnahme von CRM BAM-PM-122

2.5.5 Partikelgrößenverteilung

Die Partikelvolumenverteilung wurde mit dem Gerät Master Sizer S von Malvern Instruments GmbH bestimmt.

Die Agglomerate der Probe CRM BAM-PM-120 sind sehr stabil. Sie lassen sich nicht analysieren, da ihr Durchmesser größer 900 μm ist. Das obere Ende des Messbereiches liegt bei 880 μm. Die Partikel sind sogar bei Ultraschallbehandlung über längere Zeit stabil. Getestet wurde 3 min mit 120 Watt US-Leistung in alkalischer Natriumpyrophophat-Lösung bei pH 9.

Die d_{10}- und d_{50}-Werte der Probe CRM BAM-PM-121 (Abb.10) belaufen sich auf 7 und 55 μm, der d_{97}-Wert liegt bei 142 μm.

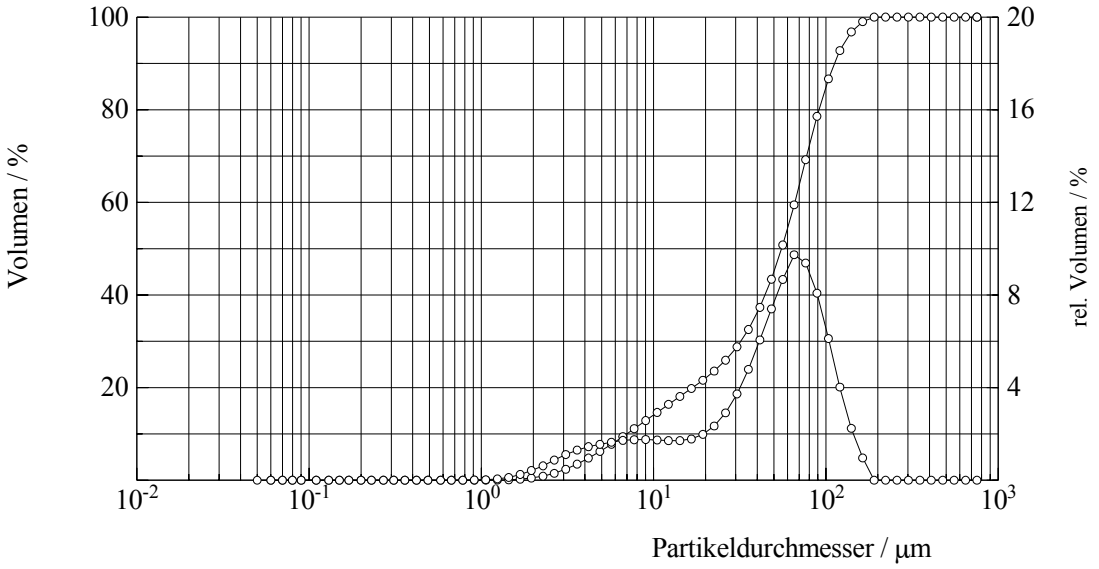

Abb. 9 Partikelgrößenverteilung von CRM BAM-PM-121

Für CRM BAM-PM-122 liegen die d_{10}- und d_{50}-Werte bei 9 und 90 µm, der d_{97}-Wert liegt bei 314 µm (Abb. 11).

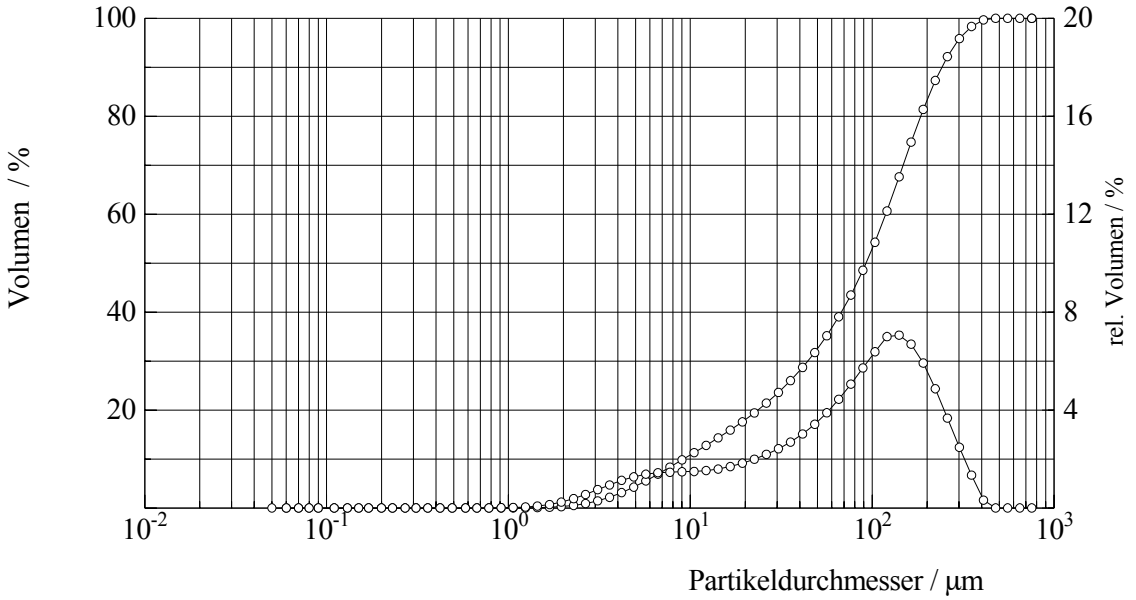

Abb. 10 Partikelgrößenverteilung von CRM BAM-PM-122

2.5.6 Porengrößenverteilung

Die Porengrößenverteilungen wurden durch Differentiation der zertifizierten Durchmesser-Volumen-Kurven (Mittelwertkurven der Labormittelwertkurven, Abb. 12-14) berechnet. Sie stellen keine zertifizierten Kurven dar, weil nach diesem Verfahren keine Unsicherheitsbänder der Ableitungskurven erhältlich sind.

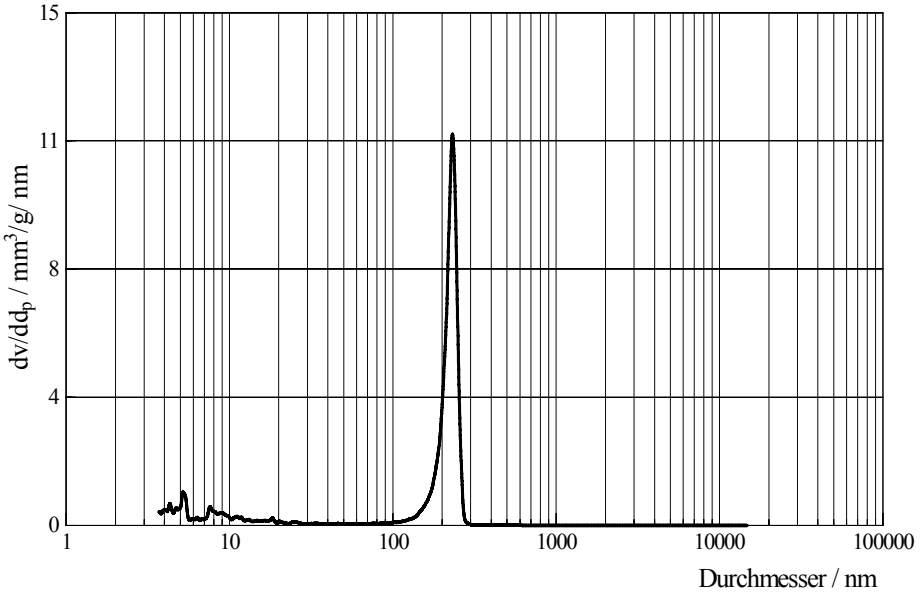

Abb. 11 Porengrößenverteilung von CRM BAM-PM-120

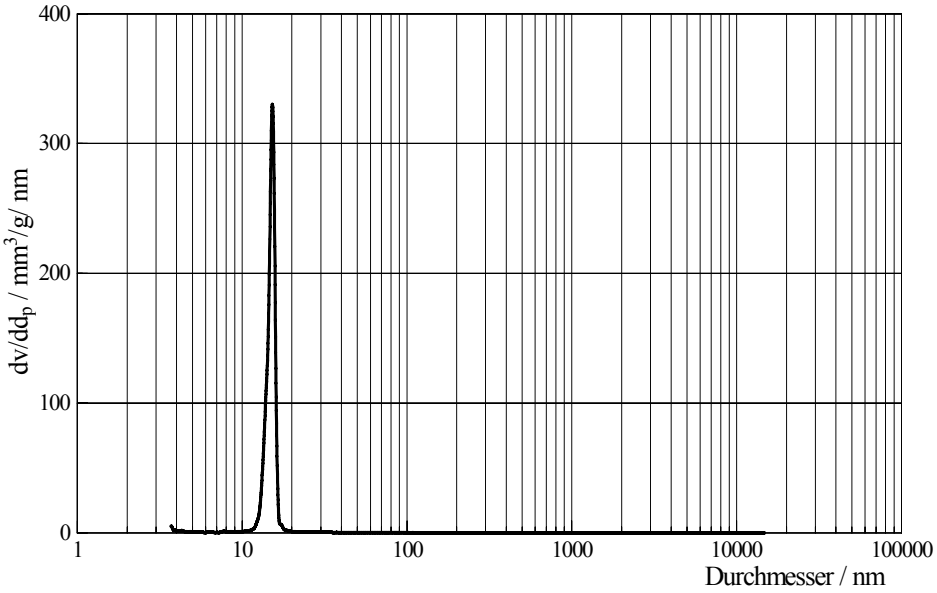

Abb. 12 Porengrößenverteilung von CRM BAM-PM-121

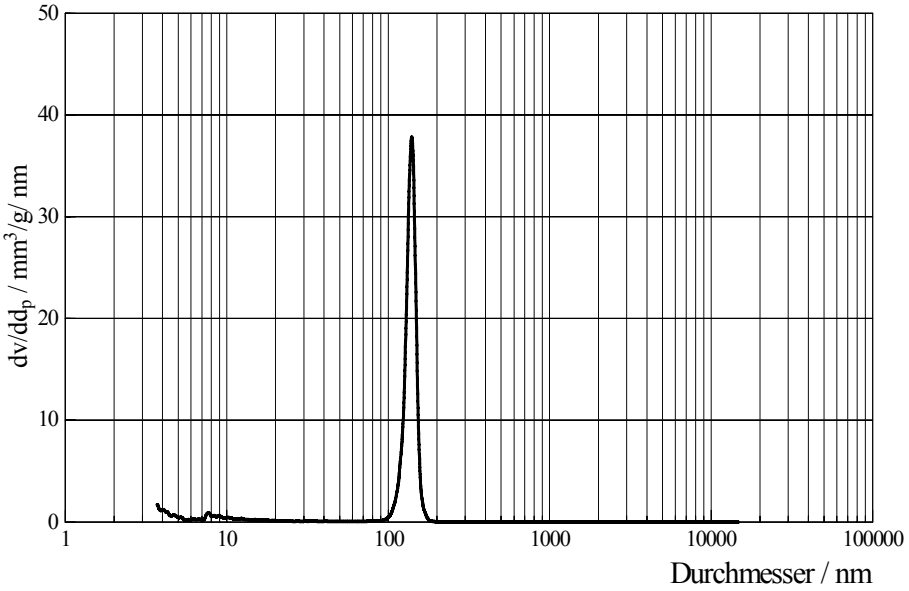

Abb. 13 Porengrößenverteilung von CRM BAM-PM-122

2.6 Eignungstest 1

Um kompetente Laboratorien für den Zertifizierungsringversuch auszuwählen, wurde der Eignungstest 1 durchgeführt, dessen Ergebnisse in den Abb.14 bis 16 gezeigt werden.

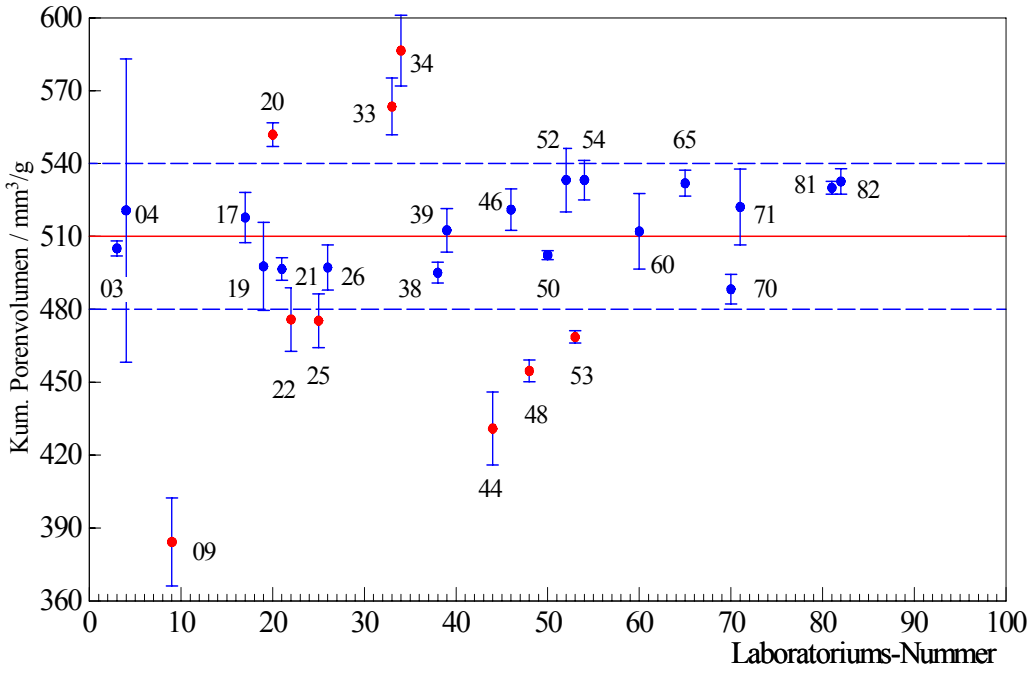

Abb. *14* *Eignungstest 1, 200 MPa, Substanz Silica-Alumina, Kenngröße spezifisches Porenvolumen, Referenzwert: 510 +/- 30 mm³/g*

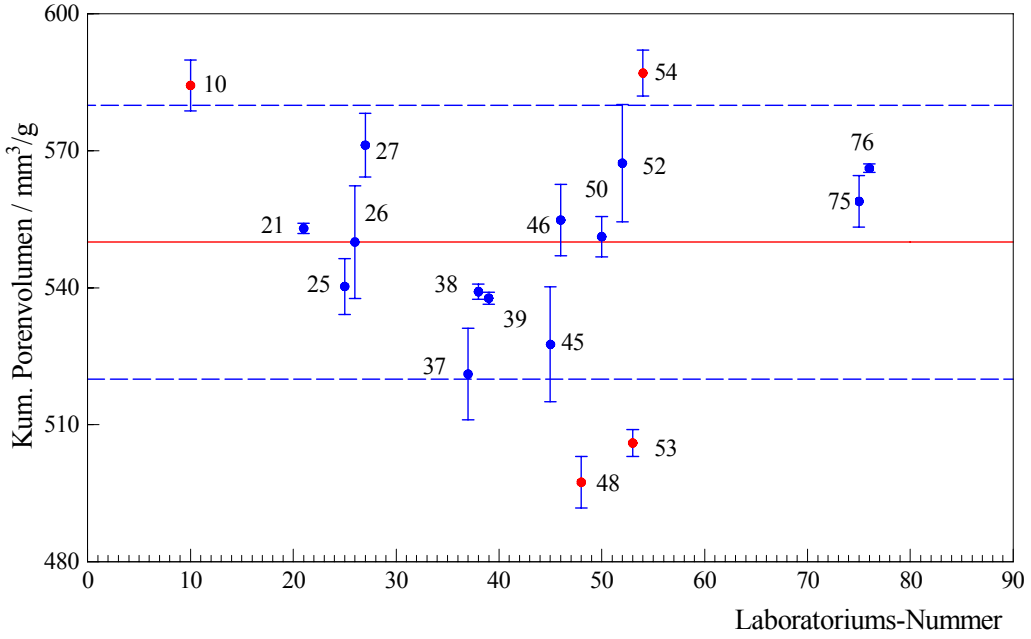

Abb. 15 *Eignungstest 1, 400 MPa, Substanz Silica-Alumina, Kenngröße spezifisches Porenvolumen Referenzwert: 550 +/- 30 mm³/g*

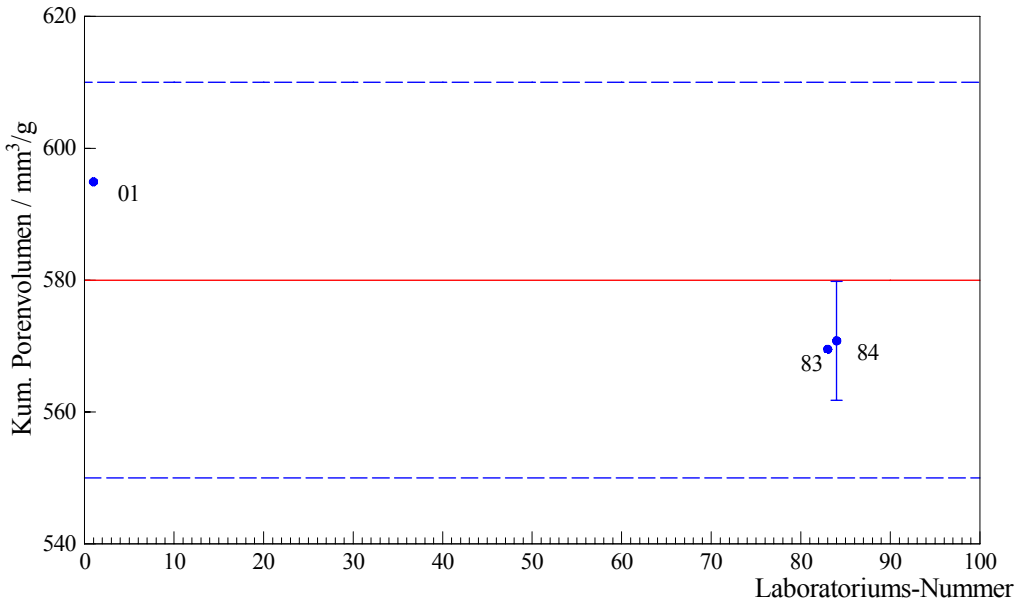

Abb. 16 Eignungstest 1, 400 MPa, Substanz Silica-Alumina, Kenngröße spezifisches Porenvolumen, Referenzwert: 580 +/- 30 mm³/g (andere RM-Charge als in Abb. 15)

Auf Grund der Ergebnisse des Eignungstests ergab sich folgender Teilnehmerkreis:

Gerätehersteller

- Micromeritics Corporation, USA
- Thermo Quest CE-Instruments, Italien
- Quantachrome Corporation, USA

Universitäten und Hochschulen

- Technische Universität Hamburg-Harburg
  Arbeitsbereich Bauphysik und Werkstoffe im Bauwesen
  Hamburg
- Technische Universität Dresden
  Institut für Tragwerke und Baustoffe
  Dresden
- Universität - Gesamthochschule - Siegen
  Labor für Bau- und Werkstoffchemie
  Siegen
- Universiteit van Amsterdam
  Department of Chemical Engineering
  Amsterdam
- Universität Hannover
  Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung
  Hannover

- Bauhaus Universität
  FB Baustoffe
  Weimar
- RWTH Aachen
  Geologisches Institut
  Aachen
- RWTH Aachen
  Keramische Komponenten im Maschinenbau
  Aachen
- Universität Karlsruhe
  Institut für Massivbau und Baustofftechnologie
  Karlsruhe
- Analytical O&O group
  Dep. of Chemical Engineering
  Delft University of Technology
  Delft

Materialprüfanstalten

- Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen
  beim Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
  TU Braunschweig
  Braunschweig
- MBF Gesellschaft für Materialforschung mbH
  Berlin
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
  Fachgruppe VII.1 "Baustoffe
  Berlin
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
  Fachgruppe I.1 „Anorganisch-chemische Analytik; Referenzmaterialien“
  Berlin

Industrie

- HÜLS Infracor GmbH
  Prüfinstitute für Analytik, Biologie und Toxikologie
  Marl
- MERCK KGaA
  SLP Fo BS
  Darmstadt
- DEGUSSA AG
  Hanau
- Grace GmbH
  Worms
- Dr. C. OTTO Feuerfest GmbH
  Bochum

Forschungsinstitute

- Hermsdorfer Institut für technische Keramik e.V.
  Hermsdorf
- Forschungsinstitut für anorganische Werkstoffe
  Glas/Keramik GmbH
  Höhr-Grenzhausen
- DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung mbH
  Zollern-Institut beim Deutschen Bergbau-Museum
  Bochum
- Forschungsinstitut der Zementindustrie Düsseldorf
  Düsseldorf
- Fraunhofer Institut für Bauphysik
  Holzkirchen

Es wurden folgende Quecksilber-Intrusions-Messgeräte eingesetzt:

Thermo Quest-CE Instruments, Italien / Porotec GmbH, Deutschland

- Porosimeter 2000
- Porosimeter 4000
- Porosimeter 2000 WS
- Pascal 140
- Pascal 240
- Pascal 440

Micromeritics Corporation, USA / Micromeritics GmbH, Deutschland

- Pore Sizer 9320
- Auto Pore 9220 (Auto Pore II)
- Auto Pore III

Quantachrome Corporation, USA / Quantachrome GmbH, Deutschland

- Pore Master 60

3 Durchführung des Zertifizierungsringversuchs

3.1 Aufgabenstellung

Jeder Teilnehmer erhielt detaillierte Aufgabenstellungen und Anleitungen für die Durchführung der Messungen.

3.2 Eignungstest 2

Die Aufgabenstellung zur Durchführung der Zertifizierungsmessungen beinhaltete auch die Durchführung eines 2. Eignungstests der ausgewählten Laboratorien, um unmittelbar vor der Durchführung der Zertifizierungsmessungen die Kalibrierung und Funktionstüchtigkeit der beteiligten Messgeräte zu überprüfen (Abb. 17 und 18).

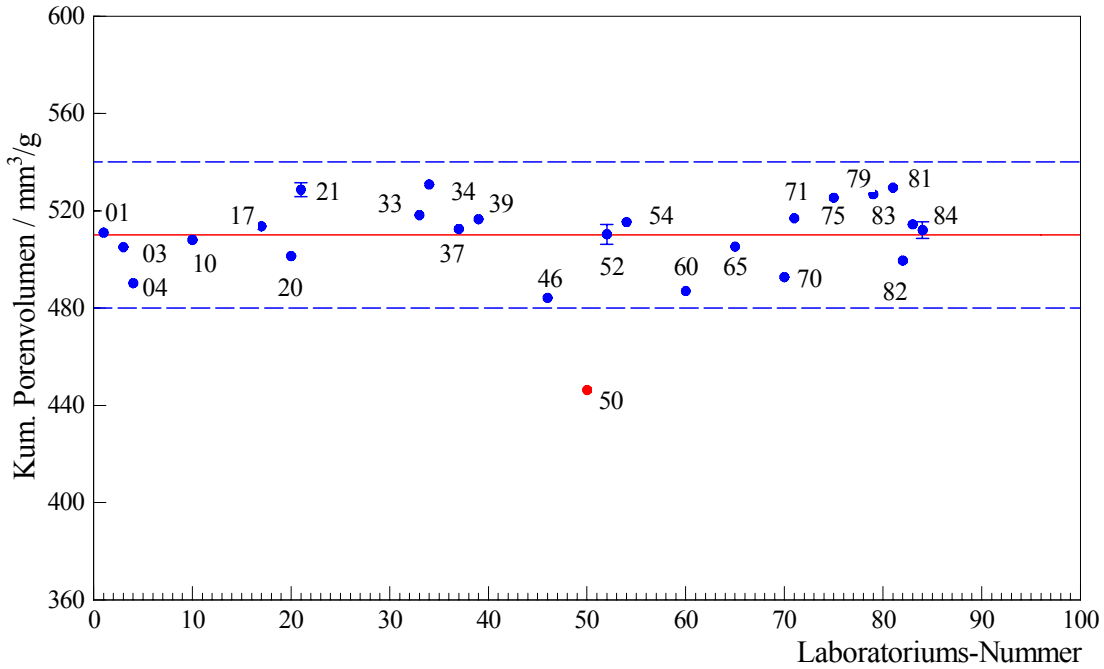

Abb. 17 Eignungstest 2, 200 MPa, Substanz Silica-Alumina, Kenngröße spezifisches Porenvolumen, Referenzwert: 510 +/- 30 mm³/g

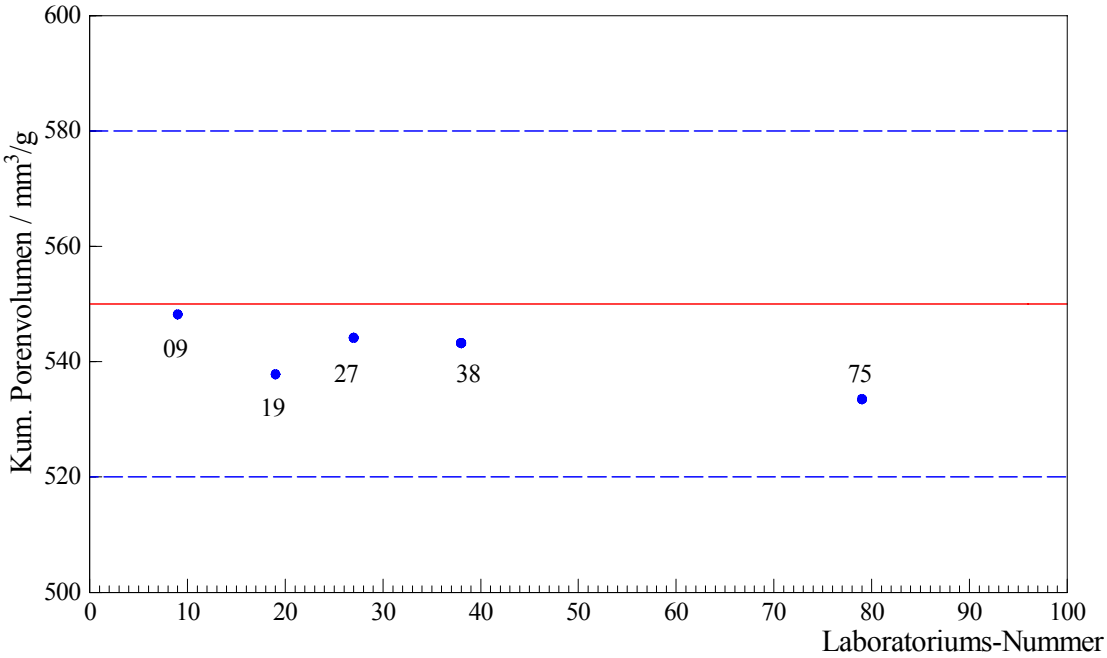

Abb. 18 Eignungstest 2, 200 MPa, Substanz Silica-Alummina, Kenngröße spezifisches Porenvolumen, Referenzwert: 550 +/- 30 mm³/g (andere RM-Charge als in Abb. 17)

3.3 Datenauswertung und Kriterien für die Auswahl der p/v-Kurven für die Datenanalyse

Aus den von den Teilnehmern abgelieferten Einzel-Intrusionskurven wurde für jedes Labor eine Labormittelwertkurve mit Unsicherheitsintervallen berechnet. Bei der Berechnung dieser Mittelwertkurven besteht das Problem, dass die gemessenen Daten keine kontinuierlichen Kurven darstellen, sondern nur eine endliche Anzahl von Messpunkten, die bei jeder einzelnen Messkurve bei jeweils etwas unterschiedlichen Intrusionsdruckwerten liegen. Um zu einer Mittelwertkurve zu gelangen, ist es notwendig, die Volumenwerte aller Kurven bei einheitlichen Druckpunkten zu bestimmen. Die Modellvorstellung ist eine monoton wachsende stetige Kurve. Daher wurden alle experimentellen Druck-Volumen-Kurven durch lineare Interpolation auf ein einheitliches Rastermaß gebracht.

Aus den Labormittelwertkurven wurde für jedes Kandidatenmaterial die ungewichtete Mittelwertkurve der Laboratoriumsmittelwertkurven mit dem "Unsicherheitsintervallen" (Streuband der Mittelwertkurven) berechnet, die eine zertifizierte Druck-Volumen-Kurve darstellt. Das Unsicherheitsintervall ist der Bereich zwischen der "oberen" Streukurve v + s und "unteren" Streukurve v - s (mit s = Standardabweichung).

"Ausreißer" oder nicht in die Auswertung einbezogene Kurven sind nun solche, bei denen das Modell der monoton wachsenden stetigen Kurve verletzt wurde und diejenigen, die nicht genügend Messpunkte im kritischen Bereich des plötzlichen Druckanstiegs besitzen.

Das Vorgehen bei der Datenauswertung ist in der Abbildung 19 zusammengefasst.

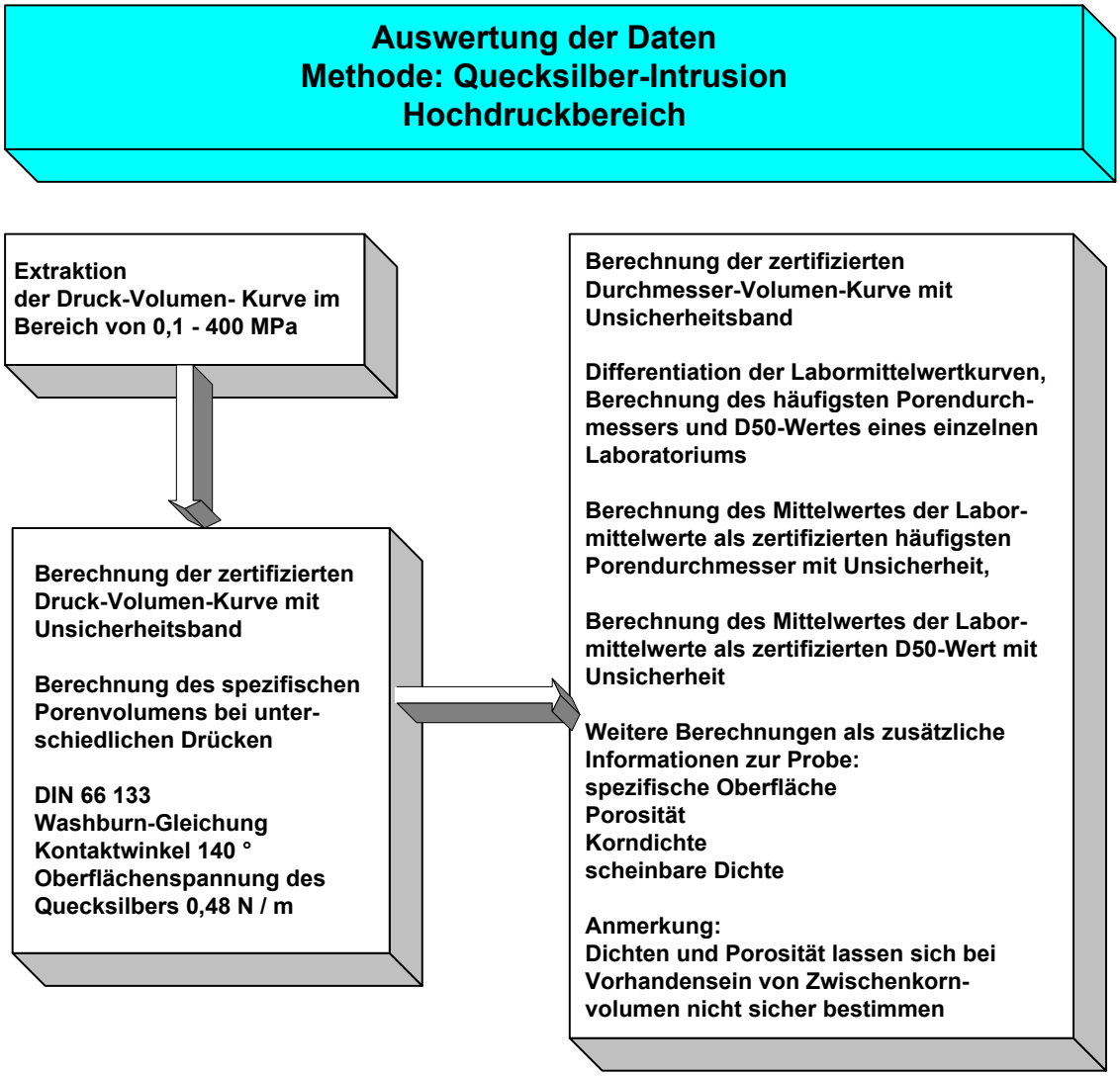

Abb. 19 Schema der Auswertung der gemessenen Druck-Volumen-Kurven zur Herstellung von zertifizierten Referenzmaterialien für den Hochdruckbereich der Quecksilber-Intrusion

3.4 Zertifizierte Datensätze und Einzelkenngrößen

Bei den vorliegenden Materialien wurden erstmalig nicht nur Einzelkenngrößen, sondern auch charakteristische Funktionsverläufe zertifiziert (komplette Intrusionskurven in bestimmten Druckintervallen → "zertifizierte Datensätze")

3.4.1 Zertifizierte Datensätze

Die zertifizierten Datensätze werden hier im folgenden in Form der grafischen Darstellungen der p-v-Kurven (Druck-Volumen-Kurven) sowie der entsprechenden d-v-Kurven (Porendurchmesser-Volumen-Kurven) dokumentiert (Abb. 20-23 für CRM BAM-PM-120, 24-27 für CRM BAM-PM-121 und 28-31 für CRM BAM-PM-122). Die diesen Kurvenverläufen zugrunde liegenden Zahlenwerte sind im Anhang aufgeführt und auch Bestandteil der jeweiligen Zertifikate.

CRM BAM-PM-120

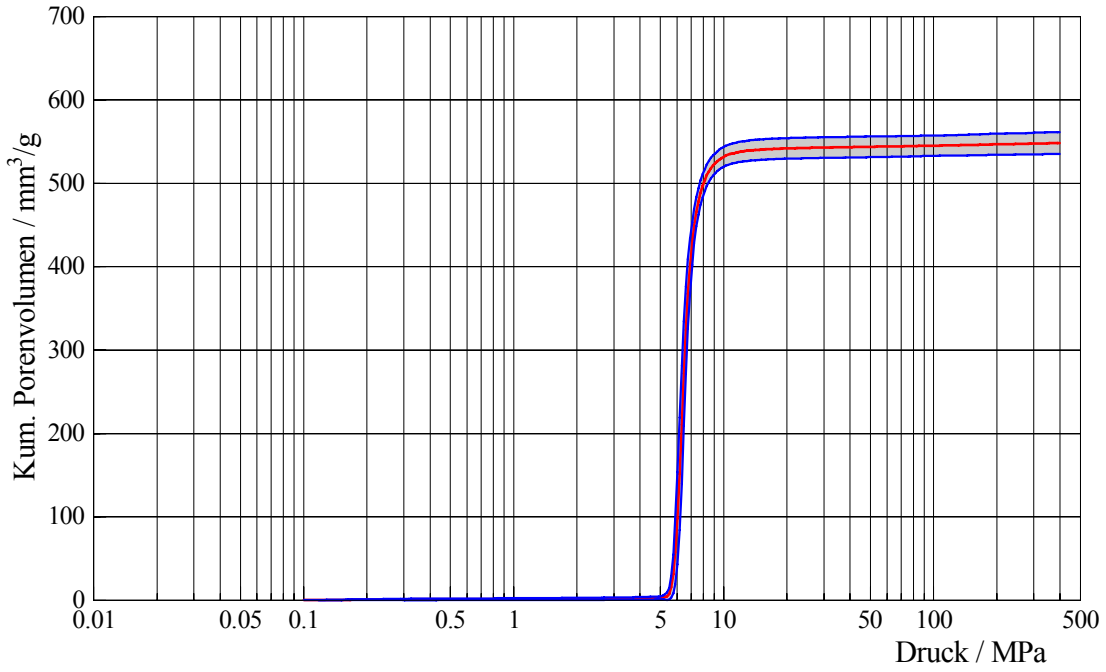

Abb. 20 Zertifizierte Druck-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-120 (Gesamtbereich, log. p-Achse)

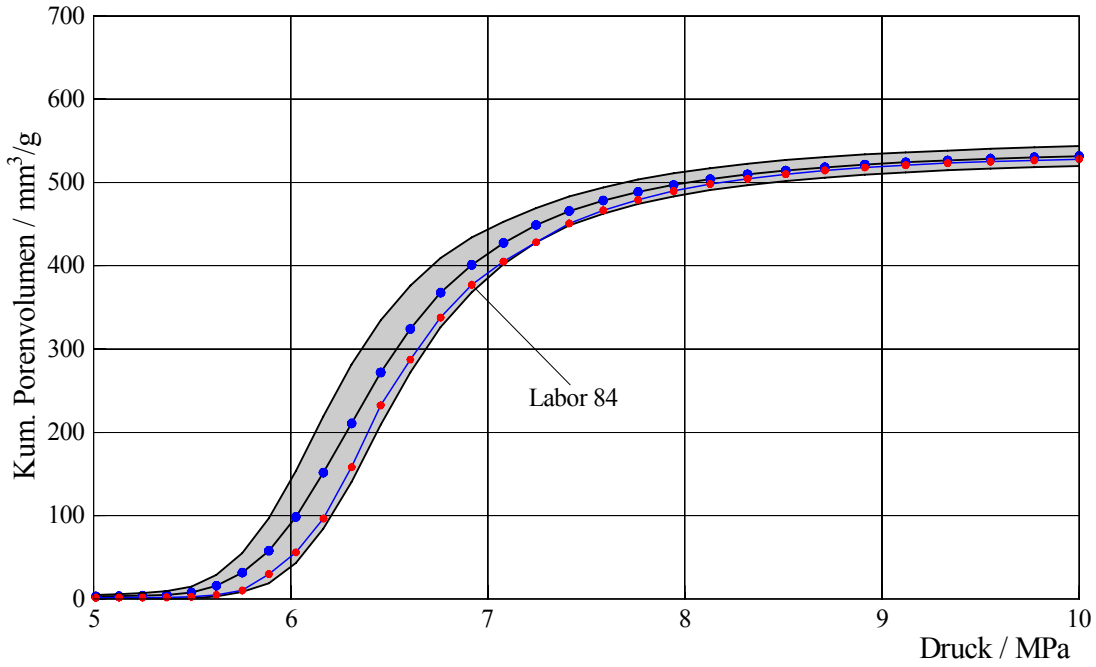

Abb. 21 Zertifizierte Druck-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-120
Ausschnitt: Druckbereich von 5 bis 10 MPa (lin. p-Achse),
zum Vergleich mit eingezeichnet: Labormittelwerkurve von Labor 84

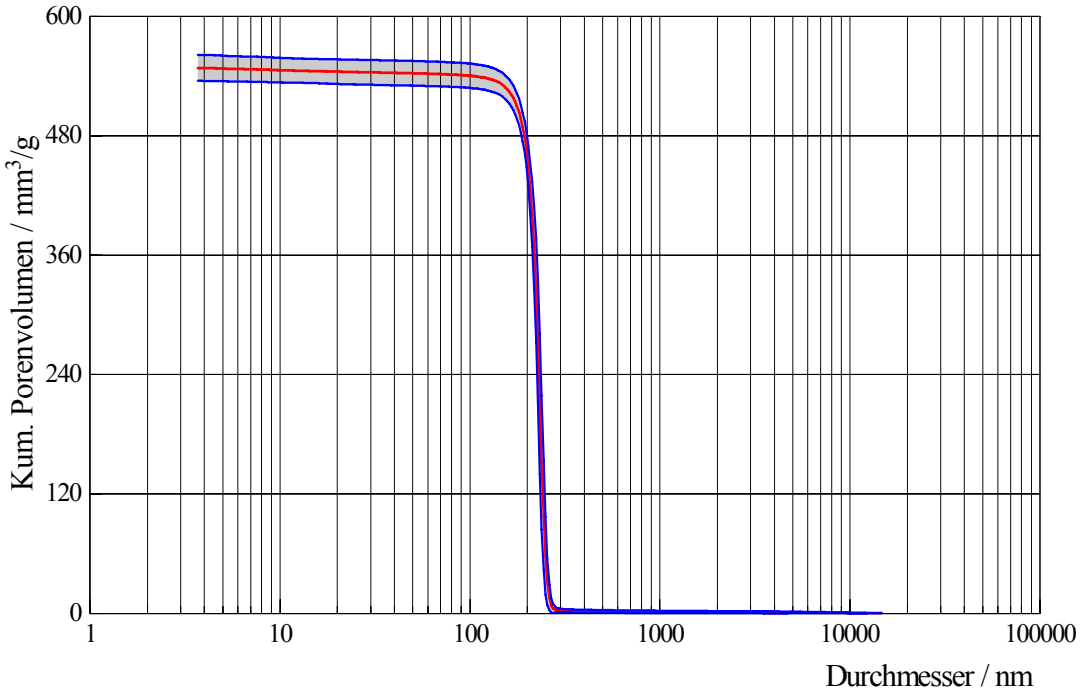

Abb. 22 Zertifizierte Durchmesser-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-120
(Gesamtbereich, log. d-Achse)

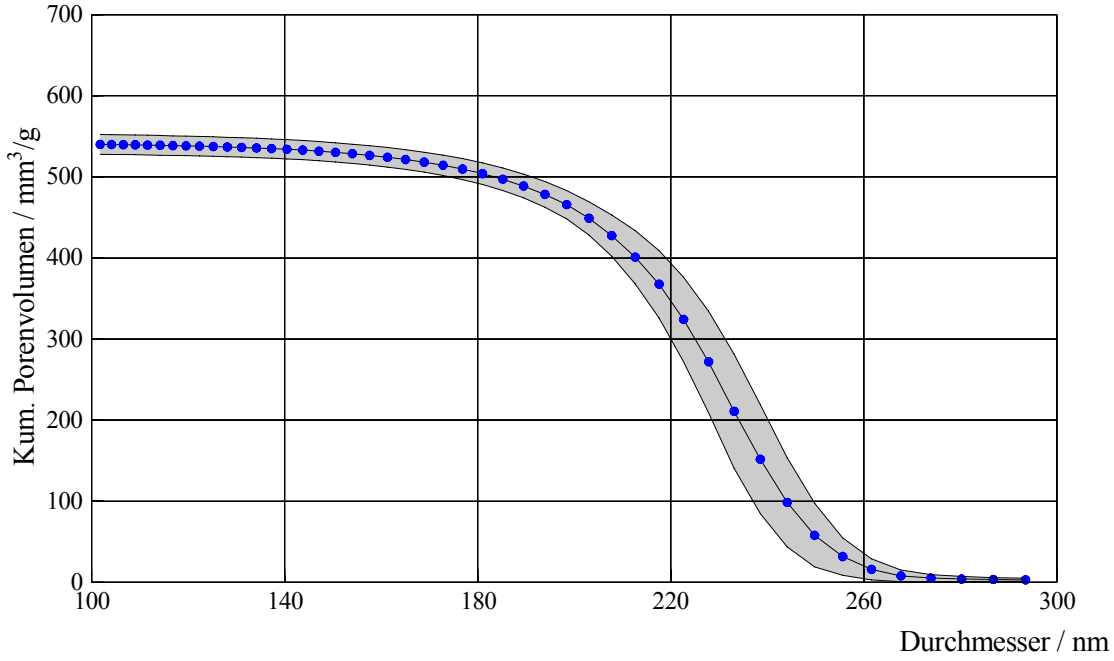

Abb. 23 Zertifizierte Durchmesser-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-120
Ausschnitt: Durchmesserbereich von 100 bis 300 nm (lin. d-Achse)

CRM BAM-PM-121

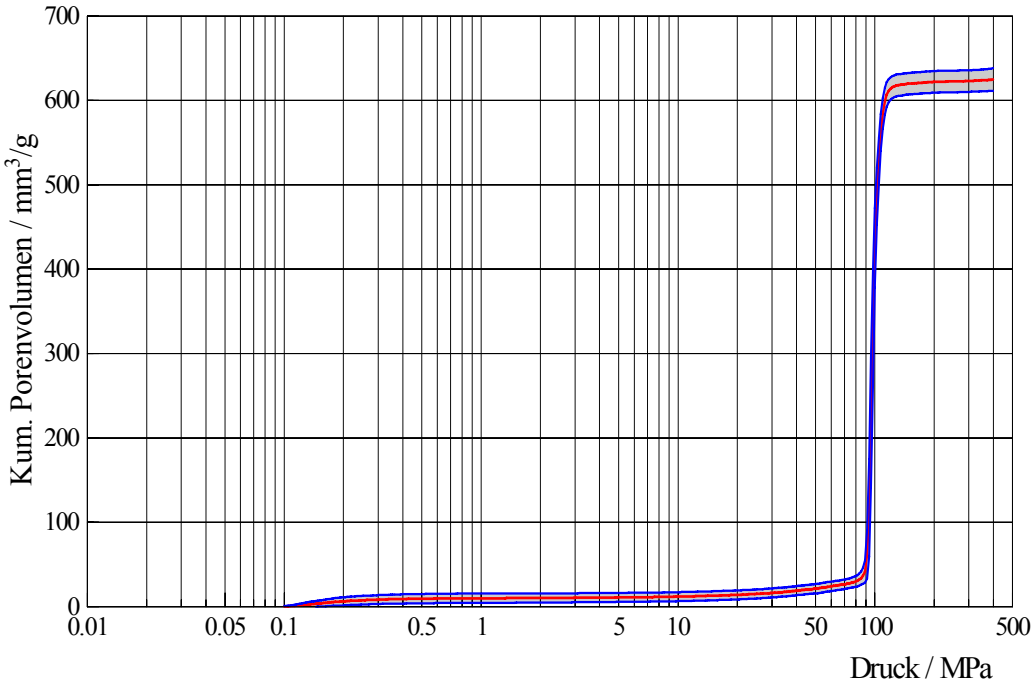

Abb. 24 Zertifizierte Druck-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-121
(Gesamtbereich, log. p-Achse)

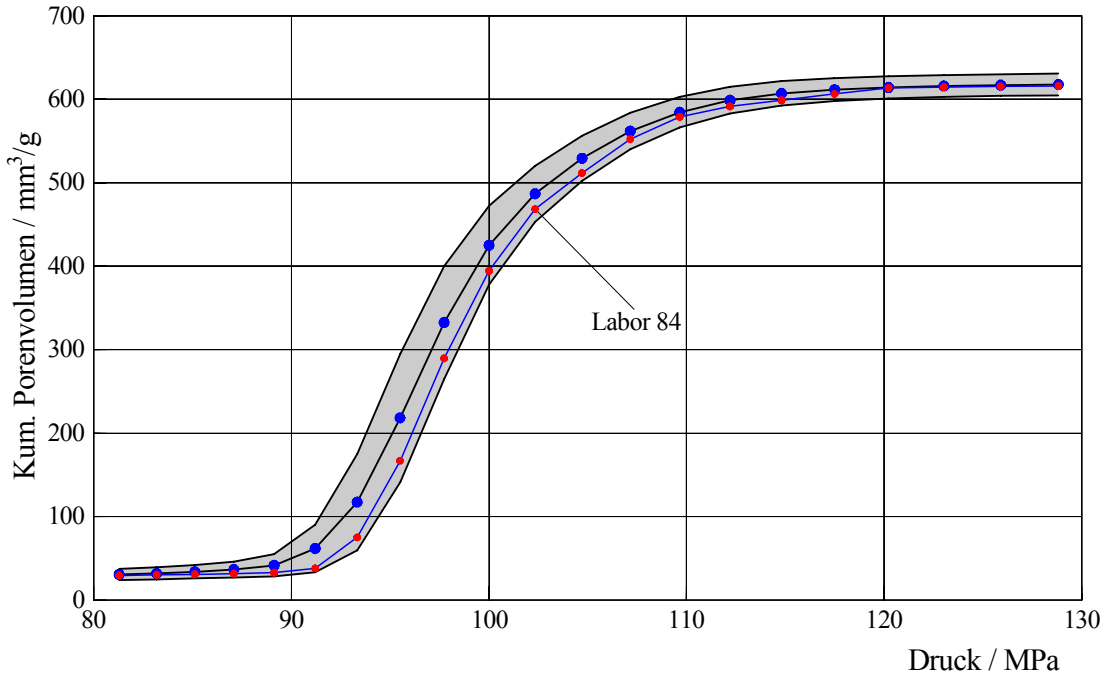

Abb. 25 Zertifizierte Druck-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-121
Ausschnitt: Druckbereich von 80 bis 130 MPa (lin. p-Achse)

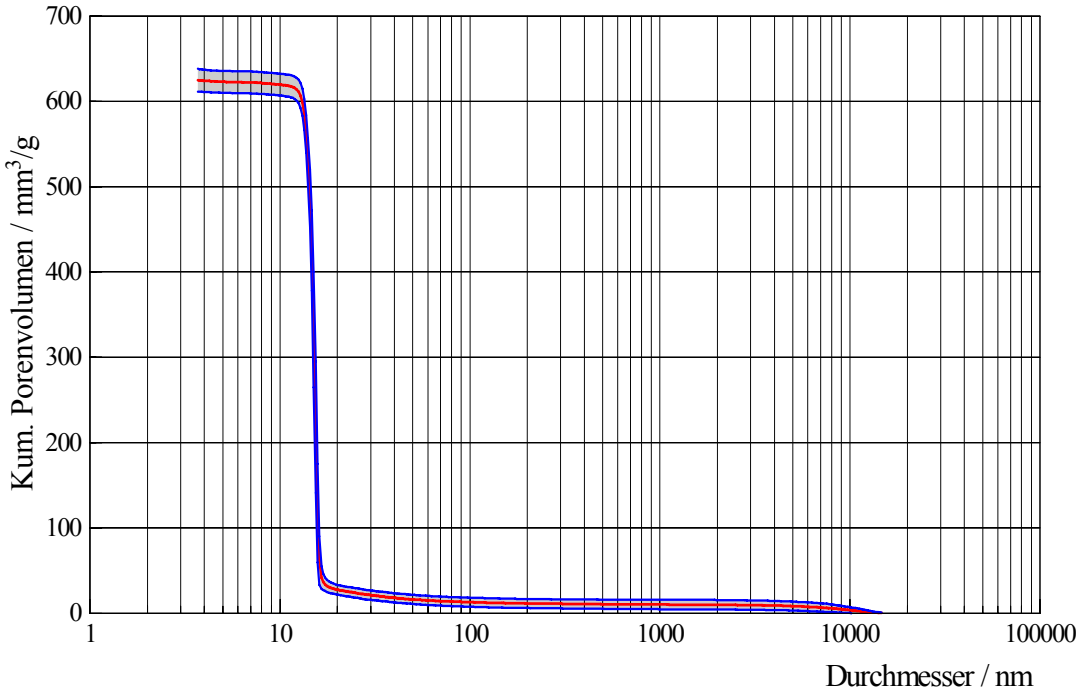

Abb. 26 Zertifizierte Durchmesser-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-121
(Gesamtbereich, log. d-Achse)

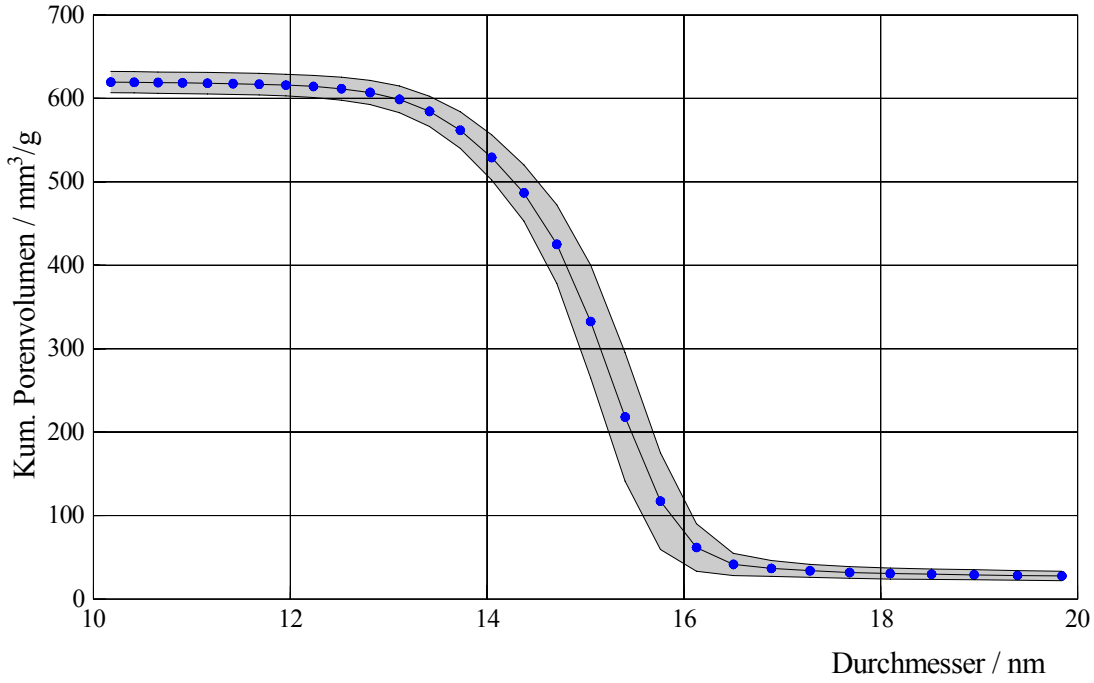

Abb. 27 Zertifizierte Durchmesser-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-121
Ausschnitt: Durchmesserbereich von 10 bis 20 nm (lin. d-Achse)

CRM BAM-PM-122

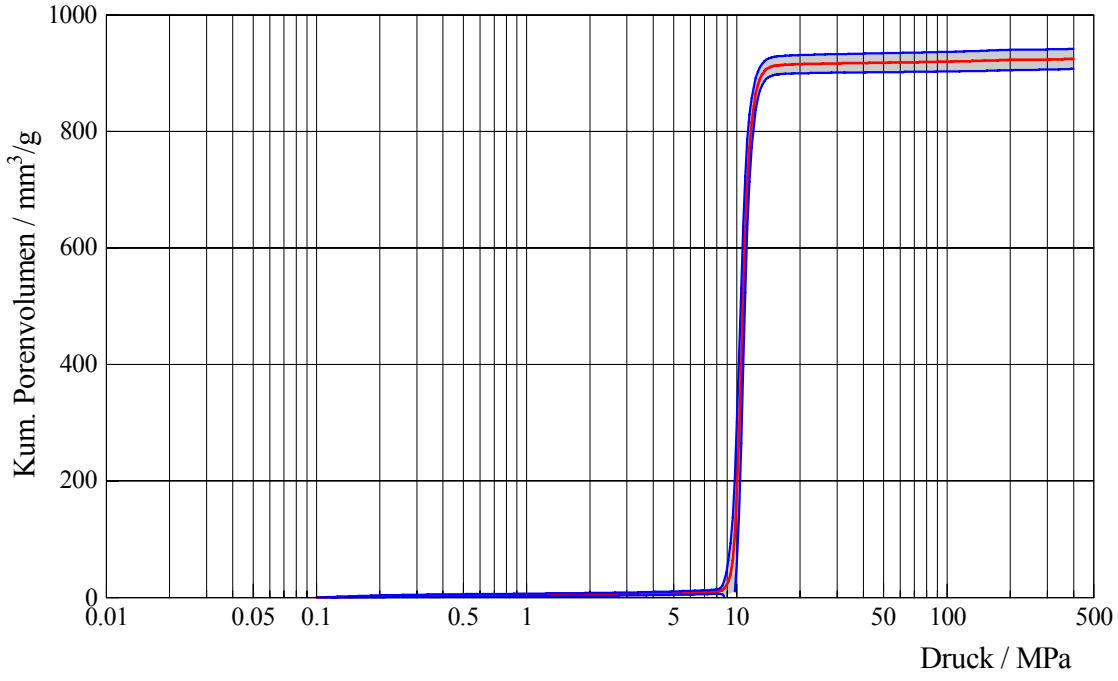

Abb. 28 Zertifizierte Druck-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-122
(Gesamtbereich, log. p-Achse)

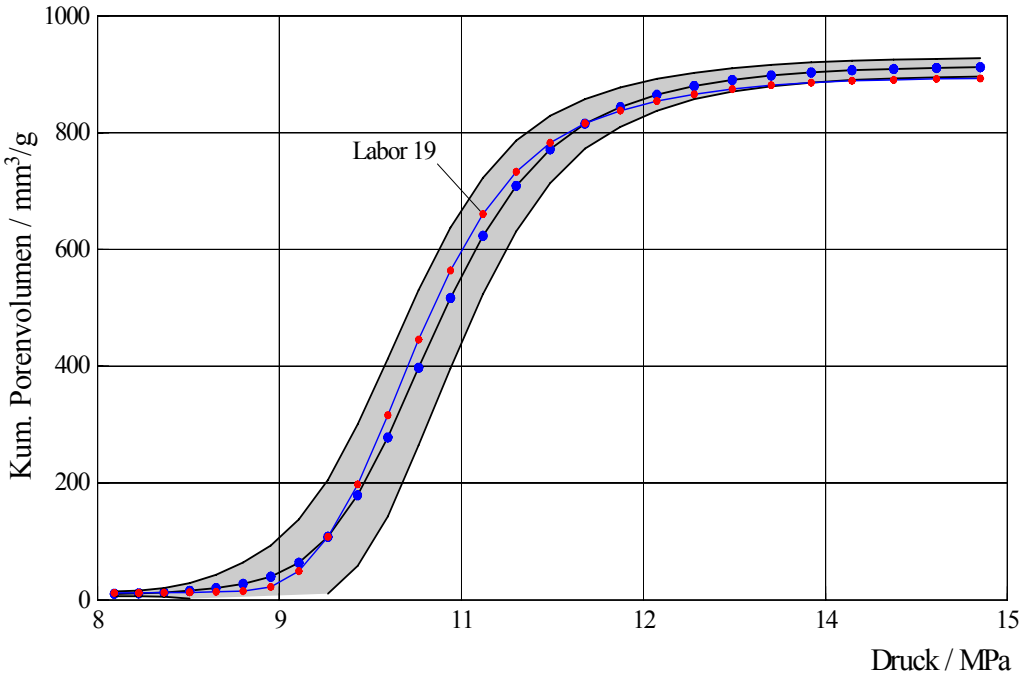

Abb. 29 Zertifizierte Druck-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-122
Ausschnitt: Druckbereich von 8 bis 15 MPa (lin. p-Achse),
zum Vergleich mit angegeben: Labormittelwertkurve von Laboratorium 19

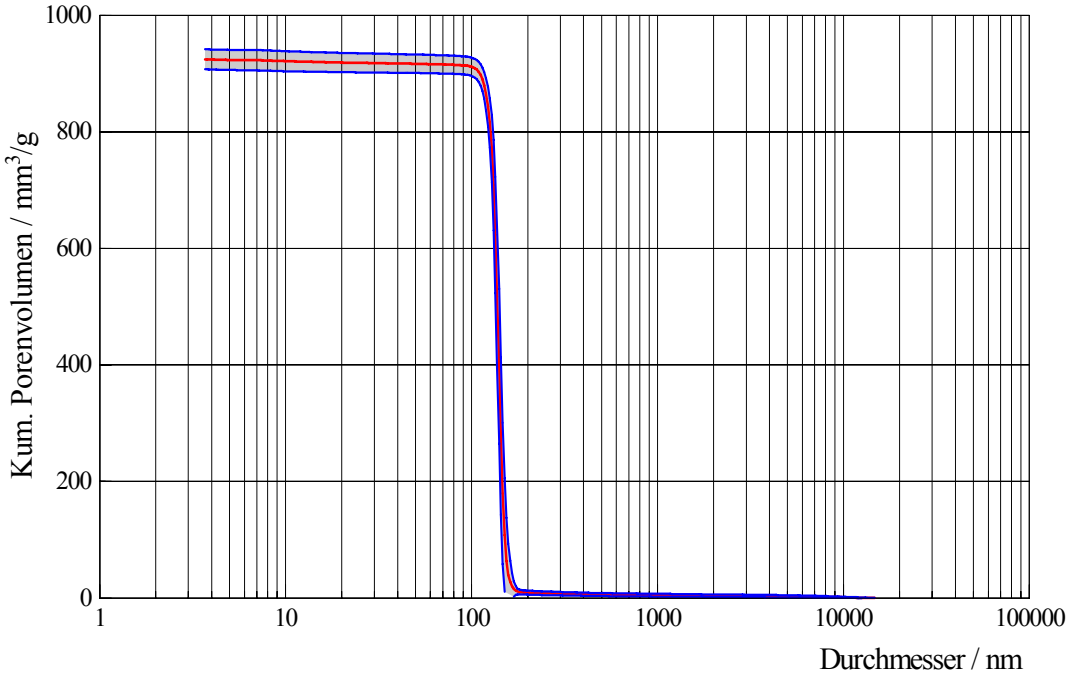

Abb. 30 Zertifizierte Durchmesser-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-122
(Gesamtbereich, log. d-Achse)

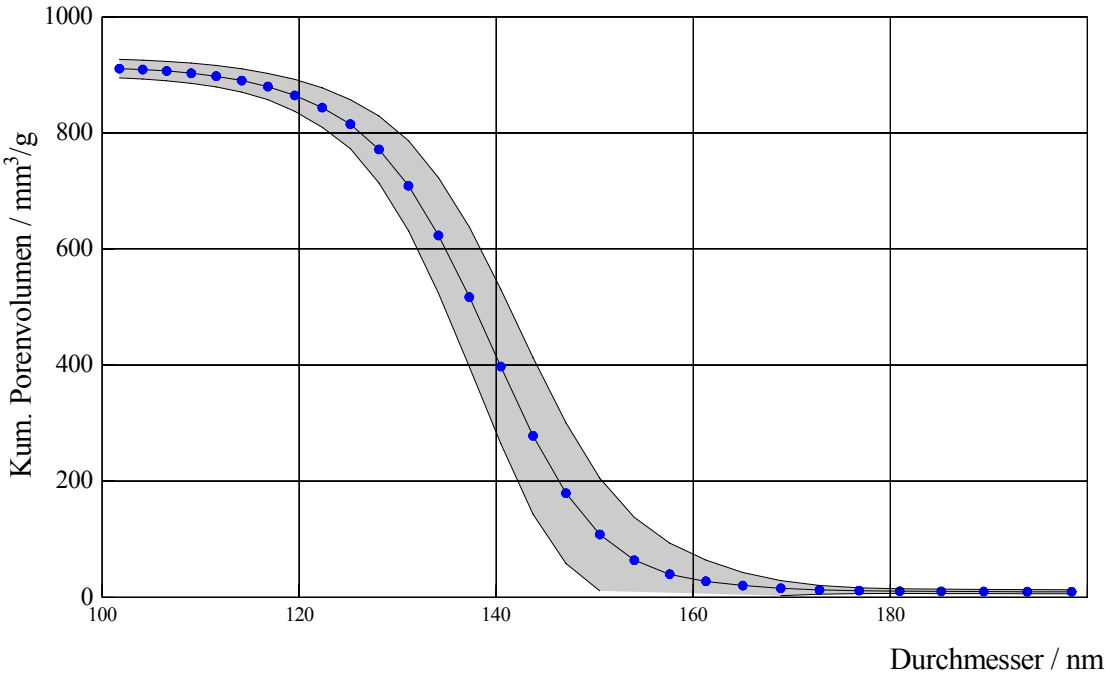

Abb. 31 Zertifizierte Durchmesser-Volumen-Kurve von CRM BAM-PM-122
Ausschnitt: Durchmesserbereich von 100 bis 200 nm (lin. d-Achse)

3.4.2 Zertifizierte Einzelkenngrößen

CRM BAM-PM-120
Material: Tonerdekugeln (α-Aluminiumoxid)

Kenngröße	Einheit	$\bar{\bar{x}}$	s	s/√n
Porenvolumen bei 100 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	545,0	12,2	2,4
Porenvolumen bei 195 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	546,7	12,7	2,5
Porenvolumen bei 200 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	546,8	12,7	2,5
Porenvolumen bei 395 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	548,1	13,1	2,6
Mittlere Porenweite d_{50}	nm	228,0	5,9	1,2
Häufigste Porenweite $d_{p,m}$	nm	232,2	8,8	1,8

$\bar{\bar{x}}$ Mittelwert der Laboratoriumsmittelwerte (zertifizierter Wert)
s Standardabweichung der Laboratoriumsmittelwerte
n Anzahl der teilnehmenden Laboratorien (ausreißerfrei)

Am Zertifizierungsringversuch nahmen 25 Laboratorien (ausreißerfrei) teil.

Nicht-zertifizierte Werte (nur informative Angabe ohne Unsicherheit):

Kenngröße	Einheit	Zahlenwert
Spezifische Oberfläche*	$m^2 \cdot g^{-1}$	9,6
Korndichte	$g \cdot cm^{-3}$	1,2
Scheinbare Dichte	$g \cdot cm^{-3}$	3,8
Porosität	%	68

* berechnet nach der Beziehung $A_{sp} = 4 \cdot V / d$ [19] unter Verwendung der zertifizierten Kenngrößen V_{200MPa} und d_{50} (Durchmesser bei 50 % Porenvolumen)

CRM BAM-PM-121
Material: Poröse Glaskugeln I

Kenngröße	Einheit	$\bar{\bar{x}}$	s	s/√n
Porenvolumen bei 195 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	621,8	12,9	2,7
Porenvolumen bei 200 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	621,9	12,9	2,7
Porenvolumen bei 300 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	622,9	12,9	2,7
Porenvolumen bei 395 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	624,6	13,4	2,8
Mittlere Porenweite d_{50}	nm	15,1	0,2	0,04
Häufigste Porenweite $d_{p,m}$	nm	15,3	0,2	0,04

$\bar{\bar{x}}$ Mittelwert der Laboratoriumsmittelwerte (zertifizierter Wert)
s Standardabweichung der Laboratoriumsmittelwerte
n Anzahl der teilnehmenden Laboratorien (ausreißerfrei)

Am Zertifizierungsringversuch nahmen 23 Laboratorien (ausreißerfrei) teil.

Nicht-zertifizierte Werte (nur informative Angabe ohne Unsicherheit):

Kenngröße	Einheit	Zahlenwert
Spezifische Oberfläche*	$m^2 \cdot g^{-1}$	164,8
Korndichte	$g \cdot cm^{-3}$	**
Scheinbare Dichte	$g \cdot cm^{-3}$	**
Porosität	%	**

* berechnet nach der Beziehung $A_{sp} = 4 \cdot V / d$ [19] unter Verwendung der zertifizierten Kenngrößen V_{200MPa} und d_{50} (Durchmesser bei 50 % Porenvolumen)

** wegen zu hohem Zwischenkornvolumen keine Angabe möglich

CRM BAM-PM-122
Material: Poröse Glaskugeln II

Kenngröße	Einheit	$\bar{\bar{x}}$	s	s/√n
Porenvolumen bei 100 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	919,7	16,8	3,4
Porenvolumen bei 195 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	922,5	17,5	3,6
Porenvolumen bei 200 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	922,6	17,5	3,6
Porenvolumen bei 395 MPa	$mm^3 \cdot g^{-1}$	924,4	17,2	3,5
Mittlere Porenweite d_{50}	nm	139,0	3,7	0,8
Häufigste Porenweite $d_{p,m}$	nm	140,2	3,9	0,8

$\bar{\bar{x}}$ Mittelwert der Laboratoriumsmittelwerte (zertifizierter Wert)
s Standardabweichung der Laboratoriumsmittelwerte
n Anzahl der teilnehmenden Laboratorien (ausreißerfrei)

Am Zertifizierungsringversuch nahmen 24 Laboratorien (ausreißerfrei) teil.

Nicht-zertifizierte Werte (nur informative Angabe ohne Unsicherheit):

Kenngröße	Einheit	Zahlenwert
Spezifische Oberfläche*	$m^2 \cdot g^{-1}$	26,6
Korndichte	$g \cdot cm^{-3}$	**
Scheinbare Dichte	$g \cdot cm^{-3}$	**
Porosität	%	**

* berechnet nach der Beziehung $A_{sp} = 4 \cdot V / d$ [19] unter Verwendung der zertifizierten Kenngrößen V_{200MPa} und d_{50} (Durchmesser bei 50 % Porenvolumen)

** wegen zu hohem Zwischenkornvolumen keine Angabe möglich

4. Literatur

[1] E. W. Washburn, Physical Review, Vol. XVII, 273-283 (1921)

[2] H. L: Ritter, L.C. Drake, Industrial and Engineering Chemistry **17**, 782-786 (1945)

[3] L. C. Drake and H. L. Ritter, Industrial and Engineering Chemistry **17**, 787-791 (1945)

[4] L. C. Drake, Industrial and Engineering Chemistry **41**, 780-785 (1949)

[5] ISO/IEC Guide 43-1 "Proficiency testing by interlaboratory comparisons, Part 1" (1999)

[6] BCR Guide 01/97 "Guidelines for the production and certification of BCR reference materials"

[7] "Guidelines for the production and certification of BAM reference materials", (1998)

[8] ISO Guide 30 ,"Terms & definitions used in connection with reference materials", (1992)

[9] ISO Guide 31 "Contents of certificates of reference materials", (1981, revised edition 1999)

[10] Draft ISO Guide 32 „Calibration of chemical analysis and use of certified reference materials“, (1997)

[11] ISO Guide 33 "Uses of certified reference materials", (1999)

[12] Draft ISO Guide 34 "General requirements for the competence of reference materials producers", (1999)

[13] ISO Guide 35 "Certification of reference materials-general and statistical principles", (1989, under revision)

[14] DIN 66 133 „Bestimmung der Porenvolumenverteilung und der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Quecksilberintrusion“, 1993

[15) ISO/WD 155 901-1 "Pore size distribution and porosity of solid materials – Evaluation by mercury porosimetry and gas sorption, Part 1: Mercury Porosimetry" (WG 3), July 1998

[16] G. P. Matthew, A. K. Moss, M. C. Spearing, V. Voland, Powder Technology **76**, 95 (1993)

[17] Paul A. Webb, C. Orr, in: "Analytical Methods in Fine Particle Technology", Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, GA USA, S. 171 (1997)

[18] A. M. H. van der Veen, D. A. G. Nater, Fuel Processing Technology **36**, 1-7 (1993)

[19] R. S. Mikhail, E. Robens, "Microstructure and Thermal Analysis of Solid Surfaces", John Wiley & Sons, Chichester 1983

5. Anhang Zahlenwerte der zertifizierten Datensätze

5.1 Zertifizierte Werte der Druck-Volumen- und Durchmesser-Volumen-Kurven für BAM-PM-120 an jedem Datenpunkt

Erläuterung:

p_{Hg} - Hg-Intrusionsdruck
d_p - Porendurchmesser
V_p - Spezifisches Porenvolumen
U - Unsicherheit 1s(Ringversuch)
V_p+U - Obere Grenze des Unsicherheitsintervalls
V_p- U - Untere Grenze des Unsicherheitsintervalls

BAM-PM-120 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
1	0.100	14708.053	0.000	0.220	0.220	-0.220
2	0.102	14373.299	0.004	0.218	0.222	-0.214
3	0.105	14046.062	0.011	0.216	0.227	-0.204
4	0.107	13726.345	0.021	0.215	0.236	-0.194
5	0.110	13413.882	0.035	0.216	0.251	-0.182
6	0.112	13108.548	0.054	0.226	0.280	-0.171
7	0.115	12810.219	0.074	0.236	0.310	-0.161
8	0.117	12518.558	0.092	0.243	0.335	-0.151
9	0.120	12233.671	0.110	0.253	0.363	-0.143
10	0.123	11955.143	0.132	0.263	0.394	-0.131
11	0.126	11682.979	0.156	0.275	0.431	-0.119
12	0.129	11417.080	0.182	0.293	0.475	-0.110
13	0.132	11157.172	0.204	0.306	0.510	-0.103
14	0.135	10903.254	0.221	0.316	0.537	-0.095
15	0.138	10655.076	0.239	0.327	0.566	-0.088
16	0.141	10412.486	0.266	0.347	0.613	-0.081
17	0.145	10175.485	0.292	0.369	0.660	-0.077
18	0.148	9943.854	0.314	0.384	0.698	-0.070
19	0.151	9717.522	0.340	0.401	0.741	-0.062
20	0.155	9496.296	0.364	0.421	0.785	-0.056
21	0.158	9280.173	0.385	0.435	0.820	-0.050
22	0.162	9068.913	0.415	0.444	0.859	-0.029
23	0.166	8862.462	0.437	0.455	0.892	-0.018
24	0.170	8660.762	0.459	0.469	0.928	-0.010
25	0.174	8463.605	0.481	0.481	0.961	0.000
26	0.178	8270.943	0.503	0.490	0.994	0.013
27	0.182	8082.680	0.525	0.503	1.028	0.021
28	0.186	7898.680	0.549	0.516	1.066	0.033
29	0.191	7718.899	0.575	0.534	1.108	0.041
30	0.195	7543.210	0.587	0.544	1.131	0.043
31	0.200	7371.497	0.600	0.554	1.154	0.046
32	0.204	7203.686	0.610	0.570	1.180	0.039
33	0.209	7039.704	0.618	0.584	1.202	0.034
34	0.214	6879.480	0.627	0.597	1.225	0.030
35	0.219	6722.882	0.639	0.615	1.254	0.023
36	0.224	6569.849	0.648	0.630	1.278	0.018
37	0.229	6420.292	0.659	0.648	1.307	0.011
38	0.234	6274.151	0.671	0.666	1.337	0.005
39	0.240	6131.345	0.682	0.681	1.363	0.000
40	0.245	5991.768	0.692	0.695	1.387	-0.003
41	0.251	5855.373	0.704	0.712	1.416	-0.008
42	0.257	5722.087	0.715	0.728	1.443	-0.013
43	0.263	5591.842	0.727	0.747	1.474	-0.020
44	0.269	5464.570	0.738	0.766	1.504	-0.027
45	0.275	5340.169	0.753	0.793	1.545	-0.040
46	0.282	5218.620	0.765	0.814	1.580	-0.049
47	0.288	5099.827	0.778	0.830	1.609	-0.052
48	0.295	4983.737	0.791	0.845	1.635	-0.054
49	0.302	4870.297	0.805	0.865	1.670	-0.060
50	0.309	4759.426	0.821	0.885	1.707	-0.064

BAM-PM-120 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
51	0.316	4651.091	0.836	0.905	1.741	-0.068
52	0.324	4545.218	0.851	0.925	1.777	-0.074
53	0.331	4441.763	0.866	0.942	1.808	-0.076
54	0.339	4340.656	0.880	0.961	1.841	-0.080
55	0.347	4241.847	0.895	0.985	1.880	-0.090
56	0.355	4145.297	0.908	1.004	1.912	-0.096
57	0.363	4050.935	0.919	1.019	1.938	-0.100
58	0.372	3958.726	0.927	1.020	1.947	-0.094
59	0.380	3868.616	0.934	1.023	1.957	-0.089
60	0.389	3780.553	0.940	1.026	1.965	-0.086
61	0.398	3694.498	0.944	1.028	1.972	-0.084
62	0.407	3610.401	0.951	1.028	1.980	-0.077
63	0.417	3528.219	0.959	1.028	1.987	-0.069
64	0.427	3447.900	0.966	1.028	1.994	-0.062
65	0.437	3369.419	0.974	1.028	2.002	-0.054
66	0.447	3292.720	0.983	1.030	2.012	-0.047
67	0.457	3217.773	0.991	1.032	2.023	-0.040
68	0.468	3144.527	0.998	1.032	2.030	-0.034
69	0.479	3072.948	1.008	1.034	2.042	-0.026
70	0.490	3002.998	1.014	1.035	2.049	-0.020
71	0.501	2934.644	1.022	1.036	2.057	-0.014
72	0.513	2867.844	1.029	1.037	2.066	-0.009
73	0.525	2802.564	1.036	1.039	2.075	-0.003
74	0.537	2738.767	1.044	1.041	2.085	0.003
75	0.550	2676.425	1.051	1.042	2.094	0.009
76	0.562	2615.504	1.058	1.045	2.103	0.014
77	0.575	2555.966	1.065	1.047	2.113	0.018
78	0.589	2497.784	1.073	1.050	2.123	0.023
79	0.603	2440.928	1.081	1.053	2.134	0.028
80	0.617	2385.367	1.088	1.055	2.142	0.033
81	0.631	2331.071	1.094	1.057	2.151	0.038
82	0.646	2278.009	1.100	1.059	2.159	0.042
83	0.661	2226.155	1.106	1.061	2.167	0.045
84	0.676	2175.480	1.112	1.063	2.175	0.049
85	0.692	2125.960	1.120	1.066	2.186	0.054
86	0.708	2077.567	1.126	1.068	2.194	0.058
87	0.724	2030.276	1.132	1.069	2.201	0.063
88	0.741	1984.062	1.138	1.071	2.209	0.067
89	0.759	1938.898	1.144	1.073	2.217	0.071
90	0.776	1894.765	1.151	1.074	2.225	0.078
91	0.794	1851.635	1.158	1.076	2.234	0.082
92	0.813	1809.485	1.165	1.078	2.243	0.087
93	0.832	1768.296	1.174	1.078	2.252	0.096
94	0.851	1728.046	1.184	1.078	2.262	0.107
95	0.871	1688.710	1.195	1.077	2.272	0.117
96	0.891	1650.271	1.205	1.077	2.282	0.128
97	0.912	1612.706	1.216	1.077	2.293	0.139
98	0.933	1575.997	1.228	1.077	2.305	0.151
99	0.955	1540.122	1.240	1.077	2.317	0.163
100	0.977	1505.065	1.252	1.078	2.330	0.174
101	1.000	1470.805	1.260	1.080	2.340	0.181
102	1.023	1437.330	1.267	1.082	2.349	0.185
103	1.047	1404.606	1.273	1.085	2.358	0.188
104	1.072	1372.635	1.279	1.087	2.366	0.192
105	1.096	1341.388	1.285	1.090	2.375	0.195
106	1.122	1310.855	1.291	1.093	2.384	0.198
107	1.148	1281.022	1.298	1.096	2.394	0.201
108	1.175	1251.856	1.304	1.100	2.403	0.204
109	1.202	1223.367	1.312	1.102	2.414	0.210
110	1.230	1195.514	1.319	1.106	2.425	0.213
111	1.259	1168.298	1.327	1.111	2.438	0.216
112	1.288	1141.708	1.335	1.116	2.451	0.219
113	1.318	1115.717	1.343	1.121	2.465	0.222
114	1.349	1090.325	1.352	1.127	2.479	0.225
115	1.380	1065.508	1.361	1.133	2.493	0.228

BAM-PM-120 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
116	1.413	1041.249	1.372	1.138	2.510	0.234
117	1.445	1017.549	1.383	1.144	2.528	0.239
118	1.479	994.385	1.396	1.150	2.547	0.246
119	1.514	971.752	1.408	1.157	2.565	0.251
120	1.549	949.630	1.418	1.162	2.580	0.257
121	1.585	928.017	1.429	1.167	2.597	0.262
122	1.622	906.891	1.441	1.173	2.613	0.268
123	1.660	886.246	1.454	1.177	2.631	0.276
124	1.698	866.076	1.466	1.182	2.647	0.284
125	1.738	846.361	1.478	1.186	2.664	0.292
126	1.778	827.094	1.490	1.191	2.681	0.299
127	1.820	808.268	1.503	1.197	2.700	0.306
128	1.862	789.868	1.515	1.202	2.717	0.313
129	1.905	771.890	1.527	1.207	2.734	0.319
130	1.950	754.321	1.540	1.212	2.752	0.328
131	1.995	737.150	1.553	1.217	2.770	0.336
132	2.042	720.369	1.566	1.223	2.789	0.343
133	2.089	703.970	1.579	1.229	2.808	0.350
134	2.138	687.948	1.592	1.237	2.829	0.355
135	2.188	672.288	1.604	1.245	2.849	0.359
136	2.239	656.985	1.616	1.252	2.868	0.364
137	2.291	642.029	1.630	1.260	2.889	0.370
138	2.344	627.415	1.644	1.268	2.912	0.376
139	2.399	613.134	1.658	1.276	2.934	0.383
140	2.455	599.177	1.674	1.283	2.957	0.391
141	2.512	585.537	1.689	1.290	2.980	0.399
142	2.570	572.209	1.705	1.297	3.003	0.408
143	2.630	559.184	1.724	1.304	3.028	0.420
144	2.692	546.457	1.744	1.311	3.056	0.433
145	2.754	534.017	1.765	1.319	3.084	0.446
146	2.818	521.862	1.785	1.328	3.113	0.456
147	2.884	509.983	1.806	1.339	3.144	0.467
148	2.951	498.374	1.827	1.349	3.176	0.478
149	3.020	487.030	1.848	1.360	3.208	0.488
150	3.090	475.943	1.870	1.371	3.241	0.499
151	3.162	465.109	1.894	1.382	3.276	0.511
152	3.236	454.522	1.916	1.391	3.307	0.526
153	3.311	444.176	1.939	1.401	3.340	0.537
154	3.388	434.066	1.961	1.412	3.374	0.549
155	3.467	424.185	1.985	1.425	3.410	0.560
156	3.548	414.530	2.008	1.438	3.446	0.570
157	3.631	405.093	2.030	1.451	3.481	0.579
158	3.715	395.873	2.055	1.467	3.523	0.588
159	3.802	386.862	2.082	1.482	3.564	0.599
160	3.890	378.055	2.109	1.499	3.608	0.611
161	3.981	369.450	2.140	1.516	3.656	0.624
162	4.074	361.040	2.173	1.534	3.707	0.639
163	4.169	352.822	2.215	1.550	3.765	0.664
164	4.266	344.790	2.259	1.568	3.826	0.691
165	4.365	336.942	2.304	1.587	3.891	0.718
166	4.467	329.272	2.361	1.602	3.963	0.759
167	4.571	321.777	2.420	1.619	4.039	0.801
168	4.677	314.453	2.479	1.638	4.117	0.841
169	4.786	307.295	2.541	1.658	4.198	0.883
170	4.898	300.300	2.630	1.691	4.322	0.939
171	5.012	293.464	2.826	1.847	4.673	0.979
172	5.129	286.784	3.149	2.268	5.417	0.882
173	5.248	280.256	3.738	3.110	6.848	0.628
174	5.370	273.877	4.795	4.434	9.228	0.361
175	5.495	267.643	7.614	7.102	14.716	0.512
176	5.623	261.550	15.682	12.901	28.583	2.781
177	5.754	255.597	31.477	23.183	54.660	8.295
178	5.888	249.778	57.722	39.151	96.873	18.571
179	6.026	244.093	98.272	55.119	153.392	43.153
180	6.166	238.537	151.561	67.289	218.850	84.272

BAM-PM-120 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
181	6.310	233.107	210.735	70.461	281.196	140.274
182	6.457	227.801	271.768	62.623	334.391	209.145
183	6.607	222.616	324.152	52.140	376.292	272.011
184	6.761	217.548	367.548	41.453	409.000	326.095
185	6.918	212.596	400.978	32.760	433.738	368.218
186	7.079	207.757	427.395	25.618	453.012	401.777
187	7.244	203.028	448.808	20.526	469.334	428.282
188	7.413	198.406	465.671	17.497	483.168	448.174
189	7.586	193.890	478.269	15.853	494.122	462.416
190	7.762	189.476	488.551	14.630	503.181	473.921
191	7.943	185.163	496.962	13.899	510.861	483.063
192	8.128	180.948	503.873	13.272	517.145	490.601
193	8.318	176.830	509.601	12.861	522.462	496.740
194	8.511	172.805	514.174	12.595	526.769	501.578
195	8.710	168.871	518.048	12.377	530.424	505.671
196	8.913	165.027	521.317	12.221	533.538	509.096
197	9.120	161.271	524.065	12.117	536.182	511.948
198	9.333	157.600	526.432	11.959	538.391	514.472
199	9.550	154.012	528.445	11.870	540.314	516.575
200	9.772	150.507	530.184	11.867	542.051	518.317
201	10.000	147.081	531.637	11.856	543.493	519.780
202	10.233	143.733	532.996	11.809	544.805	521.187
203	10.471	140.461	533.976	11.873	545.848	522.103
204	10.715	137.263	534.826	11.954	546.780	522.872
205	10.965	134.139	535.567	11.983	547.550	523.584
206	11.220	131.085	536.200	12.043	548.243	524.157
207	11.482	128.102	536.762	12.063	548.825	524.698
208	11.749	125.186	537.304	12.054	549.357	525.250
209	12.023	122.337	537.759	12.071	549.830	525.688
210	12.303	119.551	538.165	12.084	550.248	526.081
211	12.589	116.830	538.523	12.100	550.623	526.423
212	12.882	114.171	538.847	12.104	550.951	526.743
213	13.183	111.572	539.120	12.125	551.245	526.995
214	13.490	109.033	539.387	12.161	551.547	527.226
215	13.804	106.551	539.613	12.171	551.783	527.442
216	14.125	104.125	539.817	12.192	552.009	527.625
217	14.454	101.755	540.024	12.202	552.226	527.822
218	14.791	99.439	540.228	12.201	552.429	528.027
219	15.136	97.175	540.400	12.212	552.611	528.188
220	15.488	94.963	540.558	12.224	552.782	528.334
221	15.849	92.802	540.706	12.226	552.932	528.480
222	16.218	90.689	540.843	12.226	553.069	528.616
223	16.596	88.625	540.966	12.233	553.199	528.732
224	16.982	86.608	541.084	12.245	553.329	528.838
225	17.378	84.636	541.183	12.247	553.429	528.936
226	17.783	82.709	541.295	12.262	553.556	529.033
227	18.197	80.827	541.384	12.277	553.661	529.107
228	18.621	78.987	541.469	12.290	553.758	529.179
229	19.055	77.189	541.560	12.300	553.860	529.259
230	19.498	75.432	541.655	12.310	553.965	529.345
231	19.953	73.715	541.745	12.317	554.062	529.427
232	20.417	72.037	541.819	12.324	554.143	529.494
233	20.893	70.397	541.886	12.331	554.217	529.555
234	21.380	68.795	541.946	12.334	554.280	529.612
235	21.878	67.229	542.009	12.338	554.347	529.671
236	22.387	65.698	542.063	12.345	554.408	529.718
237	22.909	64.203	542.118	12.356	554.473	529.762
238	23.442	62.742	542.187	12.363	554.550	529.824
239	23.988	61.313	542.248	12.368	554.615	529.880
240	24.547	59.918	542.301	12.378	554.679	529.923
241	25.119	58.554	542.367	12.387	554.754	529.979
242	25.704	57.221	542.412	12.394	554.806	530.017
243	26.303	55.918	542.462	12.398	554.860	530.064
244	26.915	54.646	542.516	12.405	554.921	530.111
245	27.542	53.402	542.571	12.406	554.977	530.164

BAM-PM-120 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
246	28.184	52.186	542.619	12.414	555.033	530.204
247	28.840	50.998	542.666	12.418	555.084	530.247
248	29.512	49.837	542.718	12.421	555.139	530.297
249	30.200	48.703	542.766	12.416	555.182	530.349
250	30.903	47.594	542.809	12.416	555.225	530.393
251	31.623	46.511	542.859	12.416	555.275	530.443
252	32.359	45.452	542.917	12.419	555.336	530.498
253	33.113	44.418	542.956	12.423	555.378	530.533
254	33.884	43.407	542.998	12.418	555.415	530.580
255	34.674	42.418	543.034	12.424	555.457	530.610
256	35.481	41.453	543.070	12.428	555.498	530.641
257	36.308	40.509	543.111	12.428	555.539	530.683
258	37.154	39.587	543.150	12.428	555.578	530.722
259	38.019	38.686	543.191	12.432	555.623	530.759
260	38.904	37.806	543.231	12.437	555.668	530.794
261	39.811	36.945	543.273	12.433	555.706	530.840
262	40.738	36.104	543.312	12.434	555.746	530.877
263	41.687	35.282	543.351	12.435	555.786	530.916
264	42.658	34.479	543.392	12.436	555.828	530.956
265	43.652	33.694	543.434	12.444	555.877	530.990
266	44.668	32.927	543.481	12.446	555.927	531.034
267	45.709	32.178	543.515	12.459	555.974	531.056
268	46.774	31.445	543.554	12.459	556.013	531.094
269	47.863	30.729	543.587	12.459	556.046	531.128
270	48.978	30.030	543.619	12.457	556.075	531.162
271	50.119	29.346	543.652	12.455	556.107	531.197
272	51.286	28.678	543.686	12.452	556.138	531.234
273	52.481	28.026	543.717	12.450	556.167	531.266
274	53.703	27.388	543.748	12.449	556.197	531.299
275	54.954	26.764	543.785	12.450	556.235	531.334
276	56.234	26.155	543.829	12.445	556.274	531.383
277	57.544	25.560	543.881	12.435	556.316	531.445
278	58.884	24.978	543.941	12.424	556.365	531.516
279	60.256	24.409	543.991	12.423	556.414	531.567
280	61.660	23.854	544.045	12.419	556.464	531.626
281	63.096	23.311	544.076	12.421	556.496	531.655
282	64.565	22.780	544.095	12.424	556.519	531.671
283	66.069	22.262	544.113	12.422	556.535	531.691
284	67.608	21.755	544.160	12.406	556.566	531.754
285	69.183	21.260	544.187	12.408	556.594	531.779
286	70.795	20.776	544.236	12.401	556.637	531.834
287	72.444	20.303	544.272	12.391	556.663	531.881
288	74.131	19.841	544.341	12.369	556.710	531.972
289	75.858	19.389	544.368	12.363	556.731	532.004
290	77.625	18.948	544.403	12.356	556.759	532.047
291	79.433	18.516	544.461	12.346	556.806	532.115
292	81.283	18.095	544.560	12.284	556.843	532.276
293	83.176	17.683	544.620	12.264	556.884	532.355
294	85.114	17.280	544.678	12.245	556.923	532.433
295	87.096	16.887	544.725	12.235	556.959	532.490
296	89.125	16.503	544.778	12.226	557.004	532.551
297	91.201	16.127	544.835	12.210	557.045	532.625
298	93.325	15.760	544.878	12.207	557.085	532.671
299	95.499	15.401	544.932	12.209	557.141	532.722
300	97.724	15.051	544.971	12.206	557.176	532.765
301	100.000	14.708	545.021	12.200	557.220	532.821
302	102.329	14.373	545.067	12.192	557.258	532.875
303	104.713	14.046	545.104	12.187	557.291	532.917
304	107.152	13.726	545.142	12.185	557.327	532.956
305	109.648	13.414	545.176	12.192	557.368	532.983
306	112.202	13.109	545.231	12.204	557.434	533.027
307	114.815	12.810	545.278	12.209	557.487	533.068
308	117.490	12.519	545.324	12.217	557.541	533.107
309	120.226	12.234	545.360	12.226	557.586	533.133
310	123.027	11.955	545.407	12.237	557.644	533.169

BAM-PM-120 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
311	125.893	11.683	545.478	12.262	557.740	533.216
312	128.825	11.417	545.523	12.284	557.806	533.239
313	131.826	11.157	545.589	12.300	557.889	533.289
314	134.896	10.903	545.654	12.320	557.974	533.333
315	138.038	10.655	545.709	12.341	558.049	533.368
316	141.254	10.412	545.762	12.359	558.121	533.403
317	144.544	10.175	545.799	12.377	558.175	533.422
318	147.911	9.944	545.847	12.398	558.245	533.449
319	151.356	9.718	545.910	12.417	558.327	533.493
320	154.882	9.496	545.972	12.439	558.410	533.533
321	158.489	9.280	546.037	12.461	558.497	533.576
322	162.181	9.069	546.112	12.483	558.595	533.628
323	165.959	8.862	546.188	12.504	558.692	533.683
324	169.824	8.661	546.261	12.526	558.786	533.735
325	173.780	8.464	546.328	12.550	558.877	533.778
326	177.828	8.271	546.390	12.579	558.968	533.811
327	181.970	8.083	546.465	12.612	559.077	533.853
328	186.209	7.899	546.542	12.651	559.193	533.890
329	190.546	7.719	546.614	12.686	559.299	533.928
330	194.984	7.543	546.715	12.712	559.427	534.002
331	199.526	7.371	546.793	12.731	559.523	534.062
332	204.174	7.204	546.829	12.726	559.555	534.102
333	208.930	7.040	546.864	12.723	559.587	534.141
334	213.796	6.879	546.889	12.718	559.607	534.171
335	218.776	6.723	546.922	12.716	559.638	534.206
336	223.872	6.570	546.944	12.711	559.655	534.233
337	229.087	6.420	546.967	12.708	559.675	534.259
338	234.423	6.274	547.005	12.712	559.717	534.292
339	239.883	6.131	547.028	12.709	559.737	534.319
340	245.471	5.992	547.052	12.707	559.759	534.345
341	251.189	5.855	547.080	12.707	559.787	534.373
342	257.040	5.722	547.103	12.702	559.805	534.401
343	263.027	5.592	547.125	12.700	559.825	534.425
344	269.153	5.465	547.158	12.704	559.861	534.454
345	275.423	5.340	547.268	12.750	560.017	534.518
346	281.838	5.219	547.368	12.802	560.169	534.566
347	288.403	5.100	547.494	12.897	560.390	534.597
348	295.121	4.984	547.546	12.927	560.473	534.619
349	301.995	4.870	547.609	12.971	560.580	534.637
350	309.030	4.759	547.655	12.994	560.649	534.661
351	316.228	4.651	547.715	13.029	560.744	534.685
352	323.594	4.545	547.755	13.050	560.805	534.705
353	331.131	4.442	547.791	13.063	560.854	534.728
354	338.844	4.341	547.845	13.087	560.932	534.758
355	346.737	4.242	547.914	13.096	561.010	534.818
356	354.813	4.145	547.948	13.099	561.046	534.849
357	363.078	4.051	547.992	13.099	561.091	534.893
358	371.535	3.959	548.032	13.081	561.113	534.951
359	380.189	3.869	548.073	13.090	561.163	534.983
360	389.045	3.781	548.100	13.092	561.192	535.007
361	398.107	3.694	548.135	13.096	561.231	535.039

5.2 Zertifizierte Werte der Druck-Volumen- und Durchmesser-Volumen-Kurven für BAM-PM-121 an jedem Datenpunkt

Erläuterung:

p_{Hg} - Hg-Intrusionsdruck
d_p - Porendurchmesser
V_p - Spezifisches Porenvolumen
U - Unsicherheit 1s(Ringversuch)
V_p+U - Obere Grenze des Unsicherheitsintervalls
$V_p- U$ - Untere Grenze des Unsicherheitsintervalls

BAM-PM-121 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
1	0.100	14708.053	0.000	0.436	0.436	-0.436
2	0.102	14373.299	0.110	0.470	0.580	-0.360
3	0.105	14046.062	0.240	0.632	0.872	-0.392
4	0.107	13726.345	0.374	0.871	1.245	-0.497
5	0.110	13413.882	0.525	1.129	1.654	-0.605
6	0.112	13108.548	0.731	1.380	2.111	-0.649
7	0.115	12810.219	0.948	1.575	2.524	-0.627
8	0.117	12518.558	1.162	1.766	2.928	-0.604
9	0.120	12233.671	1.378	1.966	3.344	-0.588
10	0.123	11955.143	1.614	2.184	3.798	-0.570
11	0.126	11682.979	1.838	2.387	4.224	-0.549
12	0.129	11417.080	2.045	2.574	4.619	-0.530
13	0.132	11157.172	2.268	2.757	5.025	-0.489
14	0.135	10903.254	2.499	2.929	5.428	-0.430
15	0.138	10655.076	2.727	3.104	5.831	-0.377
16	0.141	10412.486	2.947	3.222	6.169	-0.275
17	0.145	10175.485	3.162	3.340	6.502	-0.178
18	0.148	9943.854	3.381	3.455	6.836	-0.075
19	0.151	9717.522	3.612	3.583	7.195	0.028
20	0.155	9496.296	3.846	3.710	7.555	0.136
21	0.158	9280.173	4.072	3.829	7.901	0.242
22	0.162	9068.913	4.296	3.944	8.240	0.352
23	0.166	8862.462	4.520	4.060	8.580	0.459
24	0.170	8660.762	4.741	4.180	8.920	0.561
25	0.174	8463.605	4.957	4.287	9.245	0.670
26	0.178	8270.943	5.169	4.399	9.568	0.770
27	0.182	8082.680	5.367	4.506	9.873	0.861
28	0.186	7898.680	5.567	4.625	10.193	0.942
29	0.191	7718.899	5.748	4.719	10.467	1.029
30	0.195	7543.210	5.909	4.780	10.689	1.129
31	0.200	7371.497	6.077	4.840	10.917	1.237
32	0.204	7203.686	6.250	4.904	11.154	1.346
33	0.209	7039.704	6.414	4.955	11.369	1.459
34	0.214	6879.480	6.549	4.970	11.520	1.579
35	0.219	6722.882	6.672	4.989	11.661	1.683
36	0.224	6569.849	6.799	4.995	11.794	1.804
37	0.229	6420.292	6.926	5.003	11.928	1.923
38	0.234	6274.151	7.048	5.031	12.079	2.017
39	0.240	6131.345	7.163	5.052	12.215	2.111
40	0.245	5991.768	7.273	5.075	12.348	2.198
41	0.251	5855.373	7.382	5.095	12.478	2.287
42	0.257	5722.087	7.482	5.112	12.594	2.370
43	0.263	5591.842	7.580	5.127	12.707	2.453
44	0.269	5464.570	7.678	5.141	12.818	2.537
45	0.275	5340.169	7.778	5.155	12.933	2.623
46	0.282	5218.620	7.870	5.164	13.034	2.706
47	0.288	5099.827	7.954	5.181	13.135	2.773
48	0.295	4983.737	8.037	5.198	13.234	2.839
49	0.302	4870.297	8.130	5.239	13.369	2.892
50	0.309	4759.426	8.219	5.265	13.484	2.953

BAM-PM-121 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
51	0.316	4651.091	8.301	5.299	13.600	3.003
52	0.324	4545.218	8.372	5.318	13.689	3.054
53	0.331	4441.763	8.439	5.331	13.770	3.107
54	0.339	4340.656	8.507	5.356	13.863	3.151
55	0.347	4241.847	8.573	5.389	13.962	3.183
56	0.355	4145.297	8.632	5.417	14.050	3.215
57	0.363	4050.935	8.683	5.426	14.110	3.257
58	0.372	3958.726	8.730	5.428	14.158	3.301
59	0.380	3868.616	8.775	5.431	14.207	3.344
60	0.389	3780.553	8.822	5.440	14.262	3.382
61	0.398	3694.498	8.869	5.449	14.318	3.420
62	0.407	3610.401	8.911	5.459	14.371	3.452
63	0.417	3528.219	8.951	5.470	14.421	3.482
64	0.427	3447.900	8.989	5.477	14.466	3.512
65	0.437	3369.419	9.023	5.482	14.505	3.541
66	0.447	3292.720	9.057	5.488	14.545	3.569
67	0.457	3217.773	9.088	5.493	14.581	3.596
68	0.468	3144.527	9.117	5.497	14.614	3.620
69	0.479	3072.948	9.145	5.502	14.647	3.643
70	0.490	3002.998	9.173	5.505	14.678	3.668
71	0.501	2934.644	9.203	5.509	14.711	3.694
72	0.513	2867.844	9.232	5.511	14.744	3.721
73	0.525	2802.564	9.262	5.513	14.775	3.749
74	0.537	2738.767	9.289	5.515	14.804	3.775
75	0.550	2676.425	9.316	5.516	14.832	3.800
76	0.562	2615.504	9.340	5.516	14.856	3.824
77	0.575	2555.966	9.365	5.517	14.881	3.848
78	0.589	2497.784	9.391	5.521	14.912	3.870
79	0.603	2440.928	9.417	5.526	14.943	3.891
80	0.617	2385.367	9.440	5.530	14.970	3.910
81	0.631	2331.071	9.460	5.533	14.993	3.927
82	0.646	2278.009	9.479	5.536	15.015	3.942
83	0.661	2226.155	9.498	5.540	15.037	3.958
84	0.676	2175.480	9.516	5.543	15.059	3.973
85	0.692	2125.960	9.535	5.547	15.082	3.988
86	0.708	2077.567	9.553	5.549	15.103	4.004
87	0.724	2030.276	9.572	5.553	15.125	4.019
88	0.741	1984.062	9.590	5.555	15.145	4.035
89	0.759	1938.898	9.608	5.557	15.165	4.050
90	0.776	1894.765	9.624	5.559	15.183	4.064
91	0.794	1851.635	9.636	5.561	15.198	4.075
92	0.813	1809.485	9.648	5.564	15.212	4.084
93	0.832	1768.296	9.659	5.566	15.224	4.093
94	0.851	1728.046	9.670	5.568	15.237	4.102
95	0.871	1688.710	9.681	5.570	15.251	4.111
96	0.891	1650.271	9.692	5.572	15.264	4.120
97	0.912	1612.706	9.703	5.574	15.277	4.129
98	0.933	1575.997	9.712	5.574	15.285	4.138
99	0.955	1540.122	9.720	5.573	15.293	4.147
100	0.977	1505.065	9.728	5.572	15.300	4.156
101	1.000	1470.805	9.736	5.572	15.308	4.164
102	1.023	1437.330	9.745	5.572	15.317	4.173
103	1.047	1404.606	9.756	5.568	15.324	4.188
104	1.072	1372.635	9.765	5.568	15.333	4.197
105	1.096	1341.388	9.774	5.568	15.342	4.207
106	1.122	1310.855	9.784	5.567	15.351	4.216
107	1.148	1281.022	9.793	5.567	15.359	4.226
108	1.175	1251.856	9.803	5.565	15.369	4.238
109	1.202	1223.367	9.814	5.565	15.379	4.249
110	1.230	1195.514	9.824	5.565	15.389	4.259
111	1.259	1168.298	9.836	5.565	15.402	4.271
112	1.288	1141.708	9.848	5.565	15.413	4.283
113	1.318	1115.717	9.859	5.564	15.423	4.295
114	1.349	1090.325	9.870	5.564	15.434	4.306
115	1.380	1065.508	9.881	5.564	15.444	4.317

BAM-PM-121 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
116	1.413	1041.249	9.891	5.564	15.455	4.328
117	1.445	1017.549	9.901	5.563	15.464	4.338
118	1.479	994.385	9.913	5.557	15.471	4.356
119	1.514	971.752	9.923	5.557	15.480	4.366
120	1.549	949.630	9.933	5.556	15.488	4.377
121	1.585	928.017	9.943	5.554	15.497	4.388
122	1.622	906.891	9.952	5.553	15.505	4.399
123	1.660	886.246	9.962	5.552	15.513	4.410
124	1.698	866.076	9.974	5.550	15.524	4.424
125	1.738	846.361	9.988	5.548	15.536	4.440
126	1.778	827.094	10.002	5.547	15.549	4.456
127	1.820	808.268	10.014	5.545	15.559	4.469
128	1.862	789.868	10.026	5.544	15.570	4.481
129	1.905	771.890	10.037	5.543	15.580	4.494
130	1.950	754.321	10.048	5.542	15.590	4.505
131	1.995	737.150	10.058	5.541	15.599	4.517
132	2.042	720.369	10.068	5.539	15.607	4.529
133	2.089	703.970	10.080	5.537	15.617	4.543
134	2.138	687.948	10.092	5.535	15.627	4.556
135	2.188	672.288	10.107	5.530	15.637	4.577
136	2.239	656.985	10.119	5.528	15.647	4.591
137	2.291	642.029	10.130	5.527	15.657	4.603
138	2.344	627.415	10.141	5.525	15.666	4.617
139	2.399	613.134	10.153	5.523	15.675	4.630
140	2.455	599.177	10.164	5.521	15.685	4.644
141	2.512	585.537	10.176	5.518	15.694	4.658
142	2.570	572.209	10.188	5.516	15.704	4.672
143	2.630	559.184	10.201	5.512	15.713	4.688
144	2.692	546.457	10.213	5.508	15.721	4.705
145	2.754	534.017	10.225	5.504	15.729	4.721
146	2.818	521.862	10.236	5.493	15.729	4.743
147	2.884	509.983	10.246	5.487	15.733	4.758
148	2.951	498.374	10.256	5.482	15.737	4.774
149	3.020	487.030	10.266	5.476	15.742	4.790
150	3.090	475.943	10.280	5.471	15.751	4.809
151	3.162	465.109	10.298	5.467	15.765	4.830
152	3.236	454.522	10.316	5.463	15.780	4.853
153	3.311	444.176	10.336	5.457	15.793	4.878
154	3.388	434.066	10.358	5.452	15.811	4.906
155	3.467	424.185	10.378	5.448	15.826	4.930
156	3.548	414.530	10.398	5.444	15.841	4.954
157	3.631	405.093	10.416	5.435	15.851	4.982
158	3.715	395.873	10.430	5.431	15.861	4.999
159	3.802	386.862	10.445	5.428	15.873	5.017
160	3.890	378.055	10.459	5.426	15.885	5.033
161	3.981	369.450	10.482	5.418	15.900	5.064
162	4.074	361.040	10.504	5.416	15.919	5.088
163	4.169	352.822	10.526	5.414	15.940	5.112
164	4.266	344.790	10.548	5.413	15.961	5.135
165	4.365	336.942	10.572	5.412	15.984	5.159
166	4.467	329.272	10.595	5.410	16.005	5.185
167	4.571	321.777	10.609	5.405	16.014	5.204
168	4.677	314.453	10.621	5.397	16.019	5.224
169	4.786	307.295	10.642	5.385	16.027	5.257
170	4.898	300.300	10.670	5.377	16.047	5.294
171	5.012	293.464	10.700	5.372	16.072	5.327
172	5.129	286.784	10.722	5.368	16.090	5.353
173	5.248	280.256	10.743	5.367	16.110	5.376
174	5.370	273.877	10.767	5.367	16.134	5.400
175	5.495	267.643	10.790	5.364	16.154	5.427
176	5.623	261.550	10.809	5.363	16.172	5.446
177	5.754	255.597	10.833	5.363	16.196	5.470
178	5.888	249.778	10.855	5.363	16.218	5.492
179	6.026	244.093	10.875	5.359	16.234	5.516
180	6.166	238.537	10.898	5.355	16.253	5.544

BAM-PM-121 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
181	6.310	233.107	10.926	5.345	16.271	5.581
182	6.457	227.801	10.949	5.340	16.289	5.610
183	6.607	222.616	10.976	5.335	16.311	5.641
184	6.761	217.548	11.009	5.328	16.337	5.682
185	6.918	212.596	11.038	5.325	16.363	5.713
186	7.079	207.757	11.069	5.323	16.392	5.746
187	7.244	203.028	11.098	5.321	16.420	5.777
188	7.413	198.406	11.129	5.323	16.453	5.806
189	7.586	193.890	11.167	5.333	16.500	5.834
190	7.762	189.476	11.198	5.331	16.529	5.866
191	7.943	185.163	11.227	5.328	16.555	5.898
192	8.128	180.948	11.256	5.329	16.584	5.927
193	8.318	176.830	11.294	5.344	16.638	5.950
194	8.511	172.805	11.336	5.346	16.682	5.990
195	8.710	168.871	11.376	5.345	16.722	6.031
196	8.913	165.027	11.417	5.347	16.764	6.070
197	9.120	161.271	11.456	5.349	16.805	6.107
198	9.333	157.600	11.496	5.339	16.835	6.157
199	9.550	154.012	11.538	5.331	16.869	6.206
200	9.772	150.507	11.582	5.327	16.910	6.255
201	10.000	147.081	11.637	5.328	16.965	6.309
202	10.233	143.733	11.688	5.335	17.024	6.353
203	10.471	140.461	11.735	5.335	17.070	6.401
204	10.715	137.263	11.786	5.336	17.122	6.450
205	10.965	134.139	11.841	5.332	17.173	6.509
206	11.220	131.085	11.890	5.334	17.224	6.556
207	11.482	128.102	11.940	5.337	17.277	6.603
208	11.749	125.186	11.993	5.341	17.334	6.652
209	12.023	122.337	12.047	5.333	17.380	6.713
210	12.303	119.551	12.097	5.325	17.422	6.772
211	12.589	116.830	12.157	5.315	17.473	6.842
212	12.882	114.171	12.222	5.318	17.541	6.904
213	13.183	111.572	12.287	5.315	17.602	6.973
214	13.490	109.033	12.358	5.307	17.664	7.051
215	13.804	106.551	12.429	5.308	17.737	7.121
216	14.125	104.125	12.494	5.315	17.808	7.179
217	14.454	101.755	12.561	5.307	17.867	7.254
218	14.791	99.439	12.630	5.310	17.940	7.320
219	15.136	97.175	12.694	5.311	18.005	7.383
220	15.488	94.963	12.772	5.306	18.078	7.466
221	15.849	92.802	12.851	5.292	18.143	7.558
222	16.218	90.689	12.932	5.283	18.216	7.649
223	16.596	88.625	13.008	5.276	18.285	7.732
224	16.982	86.608	13.088	5.291	18.379	7.798
225	17.378	84.636	13.170	5.296	18.465	7.874
226	17.783	82.709	13.261	5.290	18.551	7.970
227	18.197	80.827	13.336	5.281	18.617	8.055
228	18.621	78.987	13.401	5.288	18.689	8.113
229	19.055	77.189	13.483	5.287	18.770	8.196
230	19.498	75.432	13.584	5.294	18.878	8.290
231	19.953	73.715	13.672	5.317	18.989	8.355
232	20.417	72.037	13.747	5.316	19.064	8.431
233	20.893	70.397	13.847	5.323	19.170	8.524
234	21.380	68.795	13.961	5.304	19.265	8.657
235	21.878	67.229	14.086	5.290	19.376	8.797
236	22.387	65.698	14.189	5.303	19.492	8.886
237	22.909	64.203	14.304	5.297	19.601	9.007
238	23.442	62.742	14.425	5.316	19.741	9.110
239	23.988	61.313	14.546	5.318	19.864	9.227
240	24.547	59.918	14.689	5.354	20.043	9.335
241	25.119	58.554	14.825	5.360	20.185	9.465
242	25.704	57.221	14.973	5.371	20.343	9.602
243	26.303	55.918	15.118	5.373	20.491	9.745
244	26.915	54.646	15.266	5.361	20.627	9.904
245	27.542	53.402	15.430	5.341	20.770	10.089

BAM-PM-121 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
246	28.184	52.186	15.589	5.338	20.927	10.252
247	28.840	50.998	15.736	5.335	21.071	10.402
248	29.512	49.837	15.896	5.340	21.236	10.556
249	30.200	48.703	16.083	5.336	21.419	10.747
250	30.903	47.594	16.245	5.359	21.604	10.886
251	31.623	46.511	16.434	5.344	21.778	11.090
252	32.359	45.452	16.627	5.344	21.971	11.283
253	33.113	44.418	16.808	5.358	22.166	11.450
254	33.884	43.407	17.002	5.337	22.338	11.665
255	34.674	42.418	17.171	5.321	22.492	11.850
256	35.481	41.453	17.392	5.347	22.739	12.045
257	36.308	40.509	17.611	5.359	22.969	12.252
258	37.154	39.587	17.831	5.384	23.215	12.447
259	38.019	38.686	18.072	5.385	23.457	12.687
260	38.904	37.806	18.313	5.382	23.695	12.931
261	39.811	36.945	18.586	5.406	23.991	13.180
262	40.738	36.104	18.817	5.448	24.266	13.369
263	41.687	35.282	19.062	5.465	24.528	13.597
264	42.658	34.479	19.317	5.475	24.793	13.842
265	43.652	33.694	19.569	5.471	25.040	14.098
266	44.668	32.927	19.838	5.524	25.362	14.315
267	45.709	32.178	20.093	5.526	25.619	14.567
268	46.774	31.445	20.349	5.525	25.875	14.824
269	47.863	30.729	20.602	5.552	26.155	15.050
270	48.978	30.030	20.844	5.558	26.402	15.286
271	50.119	29.346	21.095	5.582	26.677	15.513
272	51.286	28.678	21.360	5.596	26.956	15.764
273	52.481	28.026	21.646	5.591	27.237	16.056
274	53.703	27.388	22.028	5.566	27.594	16.461
275	54.954	26.764	22.431	5.623	28.054	16.808
276	56.234	26.155	22.852	5.662	28.514	17.190
277	57.544	25.560	23.211	5.644	28.855	17.567
278	58.884	24.978	23.526	5.662	29.188	17.863
279	60.256	24.409	23.870	5.666	29.536	18.204
280	61.660	23.854	24.203	5.642	29.845	18.561
281	63.096	23.311	24.586	5.615	30.201	18.972
282	64.565	22.780	24.938	5.611	30.549	19.327
283	66.069	22.262	25.319	5.637	30.956	19.682
284	67.608	21.755	25.733	5.642	31.375	20.090
285	69.183	21.260	26.105	5.619	31.724	20.485
286	70.795	20.776	26.519	5.629	32.148	20.891
287	72.444	20.303	26.975	5.651	32.625	21.324
288	74.131	19.841	27.422	5.687	33.109	21.734
289	75.858	19.389	28.015	5.800	33.815	22.215
290	77.625	18.948	28.710	5.978	34.688	22.732
291	79.433	18.516	29.497	6.284	35.781	23.213
292	81.283	18.095	30.351	6.662	37.014	23.689
293	83.176	17.683	31.552	7.118	38.670	24.434
294	85.114	17.280	33.655	7.804	41.459	25.852
295	87.096	16.887	36.415	9.481	45.897	26.934
296	89.125	16.503	41.340	13.284	54.624	28.056
297	91.201	16.127	61.547	28.444	89.992	33.103
298	93.325	15.760	117.044	57.920	174.964	59.123
299	95.499	15.401	217.964	76.928	294.892	141.035
300	97.724	15.051	332.379	67.639	400.018	264.740
301	100.000	14.708	424.953	47.081	472.034	377.872
302	102.329	14.373	486.529	33.619	520.148	452.910
303	104.713	14.046	529.053	27.256	556.308	501.797
304	107.152	13.726	561.730	21.942	583.672	539.787
305	109.648	13.414	584.287	18.162	602.449	566.125
306	112.202	13.109	598.637	16.057	614.694	582.580
307	114.815	12.810	606.963	14.498	621.461	592.465
308	117.490	12.519	611.444	13.733	625.177	597.711
309	120.226	12.234	614.158	13.399	627.557	600.759
310	123.027	11.955	615.804	13.135	628.939	602.669

BAM-PM-121 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
311	125.893	11.683	616.797	13.024	629.821	603.773
312	128.825	11.417	617.471	12.952	630.423	604.518
313	131.826	11.157	618.006	12.905	630.911	605.101
314	134.896	10.903	618.430	12.835	631.265	605.595
315	138.038	10.655	618.793	12.750	631.543	606.042
316	141.254	10.412	619.092	12.704	631.796	606.388
317	144.544	10.175	619.361	12.733	632.093	606.628
318	147.911	9.944	619.569	12.716	632.285	606.852
319	151.356	9.718	619.774	12.736	632.510	607.038
320	154.882	9.496	620.001	12.712	632.713	607.289
321	158.489	9.280	620.191	12.676	632.866	607.515
322	162.181	9.069	620.359	12.712	633.071	607.646
323	165.959	8.862	620.535	12.733	633.268	607.802
324	169.824	8.661	620.687	12.740	633.427	607.947
325	173.780	8.464	620.895	12.716	633.611	608.179
326	177.828	8.271	621.055	12.750	633.804	608.305
327	181.970	8.083	621.207	12.766	633.973	608.441
328	186.209	7.899	621.382	12.791	634.173	608.590
329	190.546	7.719	621.577	12.819	634.395	608.758
330	194.984	7.543	621.759	12.845	634.604	608.913
331	199.526	7.371	621.906	12.861	634.767	609.044
332	204.174	7.204	621.949	12.868	634.817	609.081
333	208.930	7.040	621.999	12.876	634.875	609.122
334	213.796	6.879	622.049	12.870	634.919	609.178
335	218.776	6.723	622.094	12.858	634.952	609.236
336	223.872	6.570	622.153	12.852	635.004	609.301
337	229.087	6.420	622.210	12.849	635.058	609.361
338	234.423	6.274	622.266	12.842	635.108	609.424
339	239.883	6.131	622.319	12.824	635.143	609.495
340	245.471	5.992	622.362	12.828	635.190	609.533
341	251.189	5.855	622.388	12.825	635.213	609.562
342	257.040	5.722	622.437	12.833	635.269	609.604
343	263.027	5.592	622.480	12.834	635.314	609.645
344	269.153	5.465	622.534	12.834	635.368	609.700
345	275.423	5.340	622.587	12.844	635.430	609.743
346	281.838	5.219	622.662	12.836	635.498	609.825
347	288.403	5.100	622.729	12.843	635.572	609.886
348	295.121	4.984	622.803	12.854	635.657	609.948
349	301.995	4.870	622.894	12.863	635.757	610.031
350	309.030	4.759	622.993	12.871	635.864	610.122
351	316.228	4.651	623.072	12.865	635.937	610.206
352	323.594	4.545	623.165	12.858	636.023	610.307
353	331.131	4.442	623.258	12.849	636.107	610.409
354	338.844	4.341	623.395	12.848	636.242	610.547
355	346.737	4.242	623.572	12.888	636.460	610.684
356	354.813	4.145	623.687	12.914	636.601	610.773
357	363.078	4.051	623.801	12.964	636.765	610.837
358	371.535	3.959	623.927	13.032	636.959	610.894
359	380.189	3.869	624.115	13.115	637.230	611.000
360	389.045	3.781	624.316	13.214	637.530	611.102
361	398.107	3.694	624.718	13.500	638.217	611.218

5.3 Zertifizierte Werte der Druck-Volumen- und Durchmesser-Volumen-Kurven für BAM-PM-122 an jedem Datenpunkt

Erläuterung:

p_{Hg} - Hg-Intrusionsdruck
d_p - Porendurchmesser
V_p - Spezifisches Porenvolumen
U - Unsicherheit 1s(Ringversuch)
V_p+U - Obere Grenze des Unsicherheitsintervalls
$V_p- U$ - Untere Grenze des Unsicherheitsintervalls

BAM-PM-122 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
1	0.100	14708.053	0.000	0.344	0.344	-0.344
2	0.102	14373.299	0.025	0.337	0.362	-0.311
3	0.105	14046.062	0.066	0.342	0.408	-0.275
4	0.107	13726.345	0.113	0.368	0.482	-0.255
5	0.110	13413.882	0.164	0.414	0.578	-0.250
6	0.112	13108.548	0.233	0.490	0.724	-0.257
7	0.115	12810.219	0.310	0.566	0.876	-0.255
8	0.117	12518.558	0.366	0.578	0.944	-0.213
9	0.120	12233.671	0.435	0.598	1.033	-0.163
10	0.123	11955.143	0.508	0.627	1.135	-0.119
11	0.126	11682.979	0.580	0.659	1.239	-0.078
12	0.129	11417.080	0.649	0.694	1.343	-0.045
13	0.132	11157.172	0.724	0.740	1.464	-0.015
14	0.135	10903.254	0.802	0.788	1.590	0.013
15	0.138	10655.076	0.878	0.836	1.714	0.041
16	0.141	10412.486	0.955	0.877	1.832	0.079
17	0.145	10175.485	1.019	0.920	1.939	0.099
18	0.148	9943.854	1.100	0.962	2.062	0.138
19	0.151	9717.522	1.184	1.018	2.202	0.166
20	0.155	9496.296	1.281	1.064	2.344	0.217
21	0.158	9280.173	1.371	1.118	2.489	0.253
22	0.162	9068.913	1.461	1.175	2.636	0.286
23	0.166	8862.462	1.551	1.233	2.784	0.319
24	0.170	8660.762	1.624	1.273	2.898	0.351
25	0.174	8463.605	1.690	1.307	2.997	0.382
26	0.178	8270.943	1.759	1.348	3.106	0.411
27	0.182	8082.680	1.824	1.383	3.206	0.441
28	0.186	7898.680	1.886	1.417	3.303	0.468
29	0.191	7718.899	1.954	1.453	3.407	0.501
30	0.195	7543.210	2.027	1.497	3.523	0.530
31	0.200	7371.497	2.101	1.541	3.643	0.560
32	0.204	7203.686	2.154	1.576	3.730	0.578
33	0.209	7039.704	2.205	1.605	3.810	0.600
34	0.214	6879.480	2.257	1.622	3.879	0.635
35	0.219	6722.882	2.306	1.642	3.948	0.665
36	0.224	6569.849	2.350	1.653	4.004	0.697
37	0.229	6420.292	2.393	1.666	4.059	0.727
38	0.234	6274.151	2.439	1.681	4.120	0.758
39	0.240	6131.345	2.485	1.698	4.183	0.788
40	0.245	5991.768	2.529	1.719	4.248	0.810
41	0.251	5855.373	2.570	1.738	4.308	0.832
42	0.257	5722.087	2.616	1.761	4.377	0.854
43	0.263	5591.842	2.659	1.783	4.443	0.876
44	0.269	5464.570	2.700	1.803	4.503	0.897
45	0.275	5340.169	2.736	1.821	4.557	0.914
46	0.282	5218.620	2.769	1.841	4.611	0.928
47	0.288	5099.827	2.802	1.856	4.658	0.947
48	0.295	4983.737	2.837	1.874	4.711	0.963
49	0.302	4870.297	2.870	1.896	4.767	0.974
50	0.309	4759.426	2.904	1.918	4.822	0.987

BAM-PM-122 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
51	0.316	4651.091	2.940	1.938	4.879	1.002
52	0.324	4545.218	2.972	1.957	4.929	1.015
53	0.331	4441.763	3.004	1.977	4.981	1.026
54	0.339	4340.656	3.039	2.005	5.044	1.033
55	0.347	4241.847	3.074	2.027	5.101	1.047
56	0.355	4145.297	3.108	2.039	5.147	1.070
57	0.363	4050.935	3.143	2.048	5.191	1.094
58	0.372	3958.726	3.174	2.052	5.226	1.121
59	0.380	3868.616	3.203	2.056	5.260	1.147
60	0.389	3780.553	3.230	2.060	5.290	1.170
61	0.398	3694.498	3.261	2.061	5.322	1.200
62	0.407	3610.401	3.289	2.062	5.351	1.228
63	0.417	3528.219	3.313	2.065	5.378	1.249
64	0.427	3447.900	3.338	2.066	5.404	1.272
65	0.437	3369.419	3.358	2.072	5.431	1.286
66	0.447	3292.720	3.378	2.080	5.457	1.298
67	0.457	3217.773	3.399	2.085	5.485	1.314
68	0.468	3144.527	3.420	2.093	5.513	1.327
69	0.479	3072.948	3.443	2.099	5.542	1.345
70	0.490	3002.998	3.468	2.104	5.572	1.363
71	0.501	2934.644	3.495	2.107	5.602	1.388
72	0.513	2867.844	3.520	2.111	5.631	1.410
73	0.525	2802.564	3.546	2.115	5.661	1.432
74	0.537	2738.767	3.573	2.119	5.692	1.454
75	0.550	2676.425	3.601	2.125	5.725	1.476
76	0.562	2615.504	3.631	2.126	5.757	1.504
77	0.575	2555.966	3.661	2.127	5.787	1.534
78	0.589	2497.784	3.689	2.129	5.818	1.560
79	0.603	2440.928	3.717	2.131	5.848	1.587
80	0.617	2385.367	3.742	2.134	5.876	1.607
81	0.631	2331.071	3.765	2.139	5.904	1.626
82	0.646	2278.009	3.790	2.142	5.932	1.647
83	0.661	2226.155	3.815	2.146	5.961	1.668
84	0.676	2175.480	3.843	2.147	5.990	1.697
85	0.692	2125.960	3.869	2.151	6.021	1.718
86	0.708	2077.567	3.896	2.157	6.053	1.739
87	0.724	2030.276	3.927	2.160	6.087	1.767
88	0.741	1984.062	3.955	2.166	6.121	1.789
89	0.759	1938.898	3.982	2.170	6.153	1.812
90	0.776	1894.765	4.011	2.174	6.185	1.836
91	0.794	1851.635	4.041	2.176	6.217	1.865
92	0.813	1809.485	4.069	2.179	6.248	1.890
93	0.832	1768.296	4.097	2.179	6.276	1.918
94	0.851	1728.046	4.126	2.179	6.305	1.947
95	0.871	1688.710	4.154	2.182	6.336	1.971
96	0.891	1650.271	4.182	2.187	6.369	1.995
97	0.912	1612.706	4.208	2.194	6.403	2.014
98	0.933	1575.997	4.237	2.203	6.440	2.034
99	0.955	1540.122	4.267	2.210	6.476	2.057
100	0.977	1505.065	4.293	2.217	6.510	2.076
101	1.000	1470.805	4.317	2.225	6.542	2.092
102	1.023	1437.330	4.343	2.231	6.574	2.112
103	1.047	1404.606	4.365	2.242	6.607	2.124
104	1.072	1372.635	4.386	2.255	6.641	2.132
105	1.096	1341.388	4.405	2.271	6.676	2.134
106	1.122	1310.855	4.423	2.292	6.714	2.131
107	1.148	1281.022	4.443	2.312	6.755	2.131
108	1.175	1251.856	4.462	2.337	6.799	2.125
109	1.202	1223.367	4.483	2.364	6.847	2.118
110	1.230	1195.514	4.504	2.387	6.891	2.116
111	1.259	1168.298	4.531	2.405	6.937	2.126
112	1.288	1141.708	4.568	2.411	6.979	2.158
113	1.318	1115.717	4.607	2.413	7.020	2.194
114	1.349	1090.325	4.643	2.416	7.059	2.227
115	1.380	1065.508	4.682	2.413	7.095	2.268

BAM-PM-122 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
116	1.413	1041.249	4.716	2.419	7.135	2.296
117	1.445	1017.549	4.751	2.424	7.175	2.328
118	1.479	994.385	4.787	2.428	7.215	2.358
119	1.514	971.752	4.822	2.432	7.254	2.391
120	1.549	949.630	4.856	2.432	7.288	2.424
121	1.585	928.017	4.892	2.428	7.321	2.464
122	1.622	906.891	4.926	2.427	7.353	2.498
123	1.660	886.246	4.961	2.424	7.386	2.537
124	1.698	866.076	4.993	2.428	7.421	2.564
125	1.738	846.361	5.024	2.436	7.459	2.588
126	1.778	827.094	5.054	2.448	7.502	2.606
127	1.820	808.268	5.084	2.461	7.545	2.623
128	1.862	789.868	5.117	2.471	7.588	2.646
129	1.905	771.890	5.148	2.479	7.627	2.669
130	1.950	754.321	5.177	2.488	7.665	2.690
131	1.995	737.150	5.209	2.494	7.703	2.715
132	2.042	720.369	5.243	2.500	7.743	2.742
133	2.089	703.970	5.276	2.508	7.784	2.768
134	2.138	687.948	5.315	2.516	7.831	2.799
135	2.188	672.288	5.357	2.527	7.884	2.830
136	2.239	656.985	5.400	2.536	7.936	2.864
137	2.291	642.029	5.442	2.548	7.990	2.893
138	2.344	627.415	5.483	2.563	8.046	2.920
139	2.399	613.134	5.531	2.573	8.103	2.958
140	2.455	599.177	5.580	2.578	8.158	3.002
141	2.512	585.537	5.628	2.587	8.215	3.041
142	2.570	572.209	5.676	2.594	8.270	3.083
143	2.630	559.184	5.721	2.605	8.326	3.116
144	2.692	546.457	5.768	2.617	8.386	3.151
145	2.754	534.017	5.819	2.633	8.453	3.186
146	2.818	521.862	5.869	2.649	8.518	3.220
147	2.884	509.983	5.921	2.661	8.582	3.260
148	2.951	498.374	5.974	2.673	8.646	3.301
149	3.020	487.030	6.030	2.680	8.710	3.351
150	3.090	475.943	6.088	2.688	8.776	3.400
151	3.162	465.109	6.136	2.701	8.837	3.435
152	3.236	454.522	6.185	2.712	8.897	3.472
153	3.311	444.176	6.234	2.721	8.955	3.512
154	3.388	434.066	6.298	2.724	9.022	3.574
155	3.467	424.185	6.354	2.737	9.091	3.617
156	3.548	414.530	6.410	2.753	9.163	3.657
157	3.631	405.093	6.476	2.770	9.245	3.706
158	3.715	395.873	6.540	2.789	9.329	3.751
159	3.802	386.862	6.607	2.799	9.406	3.808
160	3.890	378.055	6.668	2.819	9.486	3.849
161	3.981	369.450	6.726	2.845	9.571	3.881
162	4.074	361.040	6.787	2.867	9.654	3.920
163	4.169	352.822	6.843	2.893	9.736	3.950
164	4.266	344.790	6.906	2.918	9.824	3.988
165	4.365	336.942	6.968	2.943	9.910	4.025
166	4.467	329.272	7.035	2.956	9.992	4.079
167	4.571	321.777	7.101	2.965	10.066	4.135
168	4.677	314.453	7.168	2.978	10.146	4.190
169	4.786	307.295	7.253	3.000	10.253	4.253
170	4.898	300.300	7.343	3.017	10.360	4.326
171	5.012	293.464	7.434	3.035	10.469	4.398
172	5.129	286.784	7.513	3.063	10.576	4.450
173	5.248	280.256	7.587	3.105	10.692	4.483
174	5.370	273.877	7.676	3.148	10.824	4.528
175	5.495	267.643	7.777	3.168	10.945	4.609
176	5.623	261.550	7.876	3.193	11.069	4.683
177	5.754	255.597	7.974	3.227	11.201	4.746
178	5.888	249.778	8.071	3.261	11.332	4.810
179	6.026	244.093	8.170	3.292	11.463	4.878
180	6.166	238.537	8.280	3.313	11.593	4.967

BAM-PM-122 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
181	6.310	233.107	8.385	3.329	11.714	5.056
182	6.457	227.801	8.491	3.351	11.842	5.140
183	6.607	222.616	8.622	3.381	12.004	5.241
184	6.761	217.548	8.756	3.422	12.178	5.335
185	6.918	212.596	8.865	3.466	12.332	5.399
186	7.079	207.757	8.972	3.500	12.473	5.472
187	7.244	203.028	9.094	3.547	12.641	5.547
188	7.413	198.406	9.245	3.601	12.845	5.644
189	7.586	193.890	9.405	3.661	13.066	5.744
190	7.762	189.476	9.627	3.703	13.330	5.923
191	7.943	185.163	9.910	3.801	13.711	6.109
192	8.128	180.948	10.315	4.041	14.356	6.274
193	8.318	176.830	11.063	4.895	15.957	6.168
194	8.511	172.805	12.565	7.465	20.030	5.099
195	8.710	168.871	15.401	13.064	28.464	2.337
196	8.913	165.027	19.935	22.580	42.515	-2.645
197	9.120	161.271	27.246	36.697	63.943	-9.451
198	9.333	157.600	39.598	53.618	93.216	-14.020
199	9.550	154.012	63.621	73.879	137.500	-10.258
200	9.772	150.507	107.900	97.087	204.987	10.813
201	10.000	147.081	179.172	121.164	300.337	58.008
202	10.233	143.733	277.943	134.990	412.934	142.953
203	10.471	140.461	397.252	133.038	530.291	264.214
204	10.715	137.263	516.923	120.523	637.447	396.400
205	10.965	134.139	623.058	99.661	722.720	523.397
206	11.220	131.085	708.656	77.560	786.216	631.096
207	11.482	128.102	771.241	57.514	828.756	713.727
208	11.749	125.186	815.007	42.166	857.173	772.841
209	12.023	122.337	843.422	33.917	877.340	809.505
210	12.303	119.551	864.551	27.460	892.011	837.091
211	12.589	116.830	879.743	22.548	902.291	857.196
212	12.882	114.171	889.921	20.167	910.088	869.754
213	13.183	111.572	897.572	18.430	916.003	879.142
214	13.490	109.033	902.674	17.447	920.121	885.227
215	13.804	106.551	906.498	16.652	923.150	889.846
216	14.125	104.125	908.926	16.192	925.118	892.735
217	14.454	101.755	910.578	15.887	926.465	894.692
218	14.791	99.439	911.764	15.700	927.464	896.065
219	15.136	97.175	912.533	15.522	928.055	897.012
220	15.488	94.963	913.119	15.481	928.600	897.638
221	15.849	92.802	913.609	15.447	929.056	898.163
222	16.218	90.689	913.892	15.462	929.354	898.431
223	16.596	88.625	914.110	15.466	929.576	898.644
224	16.982	86.608	914.309	15.492	929.801	898.817
225	17.378	84.636	914.485	15.523	930.008	898.962
226	17.783	82.709	914.650	15.560	930.211	899.090
227	18.197	80.827	914.796	15.581	930.377	899.215
228	18.621	78.987	914.929	15.583	930.513	899.346
229	19.055	77.189	915.060	15.584	930.644	899.477
230	19.498	75.432	915.196	15.586	930.782	899.610
231	19.953	73.715	915.321	15.598	930.919	899.724
232	20.417	72.037	915.407	15.633	931.040	899.774
233	20.893	70.397	915.500	15.665	931.165	899.835
234	21.380	68.795	915.583	15.683	931.266	899.900
235	21.878	67.229	915.669	15.694	931.363	899.976
236	22.387	65.698	915.759	15.703	931.462	900.056
237	22.909	64.203	915.853	15.712	931.565	900.142
238	23.442	62.742	915.932	15.728	931.660	900.205
239	23.988	61.313	916.022	15.740	931.762	900.282
240	24.547	59.918	916.094	15.758	931.852	900.337
241	25.119	58.554	916.171	15.784	931.955	900.388
242	25.704	57.221	916.251	15.812	932.063	900.440
243	26.303	55.918	916.319	15.836	932.155	900.483
244	26.915	54.646	916.387	15.846	932.233	900.542
245	27.542	53.402	916.454	15.853	932.307	900.601

BAM-PM-122 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
246	28.184	52.186	916.511	15.863	932.374	900.648
247	28.840	50.998	916.567	15.872	932.439	900.695
248	29.512	49.837	916.622	15.882	932.504	900.740
249	30.200	48.703	916.682	15.895	932.577	900.787
250	30.903	47.594	916.734	15.901	932.635	900.833
251	31.623	46.511	916.782	15.911	932.694	900.871
252	32.359	45.452	916.829	15.929	932.759	900.900
253	33.113	44.418	916.883	15.959	932.843	900.924
254	33.884	43.407	916.953	16.001	932.954	900.952
255	34.674	42.418	917.006	16.028	933.034	900.978
256	35.481	41.453	917.062	16.036	933.098	901.027
257	36.308	40.509	917.137	16.043	933.180	901.094
258	37.154	39.587	917.196	16.054	933.250	901.143
259	38.019	38.686	917.250	16.068	933.318	901.182
260	38.904	37.806	917.299	16.084	933.384	901.215
261	39.811	36.945	917.353	16.102	933.455	901.251
262	40.738	36.104	917.405	16.118	933.523	901.287
263	41.687	35.282	917.464	16.128	933.592	901.336
264	42.658	34.479	917.539	16.158	933.697	901.381
265	43.652	33.694	917.605	16.185	933.791	901.420
266	44.668	32.927	917.680	16.204	933.885	901.476
267	45.709	32.178	917.740	16.220	933.961	901.520
268	46.774	31.445	917.787	16.231	934.018	901.557
269	47.863	30.729	917.839	16.240	934.079	901.600
270	48.978	30.030	917.887	16.259	934.146	901.629
271	50.119	29.346	917.932	16.288	934.220	901.644
272	51.286	28.678	917.976	16.328	934.304	901.648
273	52.481	28.026	918.011	16.346	934.357	901.666
274	53.703	27.388	918.062	16.355	934.417	901.707
275	54.954	26.764	918.108	16.368	934.477	901.740
276	56.234	26.155	918.144	16.382	934.527	901.762
277	57.544	25.560	918.181	16.399	934.580	901.782
278	58.884	24.978	918.223	16.413	934.636	901.811
279	60.256	24.409	918.272	16.435	934.707	901.837
280	61.660	23.854	918.322	16.464	934.787	901.858
281	63.096	23.311	918.385	16.473	934.858	901.912
282	64.565	22.780	918.441	16.474	934.916	901.967
283	66.069	22.262	918.496	16.480	934.976	902.017
284	67.608	21.755	918.553	16.490	935.043	902.064
285	69.183	21.260	918.614	16.502	935.117	902.112
286	70.795	20.776	918.655	16.525	935.180	902.130
287	72.444	20.303	918.711	16.550	935.262	902.161
288	74.131	19.841	918.762	16.567	935.329	902.196
289	75.858	19.389	918.833	16.582	935.415	902.251
290	77.625	18.948	918.899	16.592	935.491	902.307
291	79.433	18.516	918.955	16.601	935.556	902.354
292	81.283	18.095	919.015	16.617	935.632	902.398
293	83.176	17.683	919.090	16.630	935.720	902.461
294	85.114	17.280	919.174	16.642	935.816	902.532
295	87.096	16.887	919.251	16.654	935.906	902.597
296	89.125	16.503	919.322	16.674	935.996	902.648
297	91.201	16.127	919.407	16.688	936.095	902.719
298	93.325	15.760	919.486	16.704	936.190	902.783
299	95.499	15.401	919.552	16.726	936.278	902.826
300	97.724	15.051	919.628	16.762	936.390	902.867
301	100.000	14.708	919.711	16.801	936.513	902.910
302	102.329	14.373	919.781	16.843	936.624	902.938
303	104.713	14.046	919.855	16.873	936.728	902.982
304	107.152	13.726	919.919	16.902	936.821	903.018
305	109.648	13.414	919.994	16.942	936.936	903.052
306	112.202	13.109	920.074	16.986	937.061	903.088
307	114.815	12.810	920.150	16.998	937.148	903.152
308	117.490	12.519	920.231	17.031	937.262	903.201
309	120.226	12.234	920.326	17.059	937.385	903.267
310	123.027	11.955	920.414	17.084	937.498	903.331

BAM-PM-122 Datenpunkt-Nr.	p_{Hg} (MPa)	d_p (nm)	V_p (mm^3g^{-1})	U (mm^3g^{-1})	V_p+U (mm^3g^{-1})	V_p-U (mm^3g^{-1})
311	125.893	11.683	920.503	17.113	937.616	903.390
312	128.825	11.417	920.583	17.150	937.733	903.433
313	131.826	11.157	920.661	17.172	937.833	903.490
314	134.896	10.903	920.728	17.212	937.941	903.516
315	138.038	10.655	920.817	17.255	938.072	903.563
316	141.254	10.412	920.917	17.264	938.181	903.654
317	144.544	10.175	921.017	17.287	938.304	903.731
318	147.911	9.944	921.121	17.294	938.415	903.827
319	151.356	9.718	921.207	17.312	938.520	903.895
320	154.882	9.496	921.302	17.344	938.647	903.958
321	158.489	9.280	921.395	17.360	938.756	904.035
322	162.181	9.069	921.506	17.360	938.866	904.146
323	165.959	8.862	921.639	17.373	939.013	904.266
324	169.824	8.661	921.749	17.377	939.126	904.373
325	173.780	8.464	921.848	17.390	939.239	904.458
326	177.828	8.271	921.975	17.399	939.374	904.576
327	181.970	8.083	922.082	17.416	939.498	904.667
328	186.209	7.899	922.183	17.435	939.619	904.748
329	190.546	7.719	922.340	17.477	939.817	904.863
330	194.984	7.543	922.492	17.487	939.980	905.005
331	199.526	7.371	922.614	17.499	940.113	905.115
332	204.174	7.204	922.665	17.493	940.158	905.172
333	208.930	7.040	922.701	17.477	940.178	905.224
334	213.796	6.879	922.738	17.454	940.193	905.284
335	218.776	6.723	922.779	17.438	940.217	905.341
336	223.872	6.570	922.822	17.426	940.248	905.397
337	229.087	6.420	922.854	17.411	940.265	905.444
338	234.423	6.274	922.894	17.396	940.290	905.499
339	239.883	6.131	922.935	17.384	940.319	905.551
340	245.471	5.992	922.969	17.378	940.347	905.591
341	251.189	5.855	922.994	17.375	940.369	905.619
342	257.040	5.722	923.027	17.371	940.398	905.656
343	263.027	5.592	923.052	17.364	940.417	905.688
344	269.153	5.465	923.080	17.360	940.440	905.720
345	275.423	5.340	923.108	17.355	940.463	905.753
346	281.838	5.219	923.160	17.344	940.504	905.816
347	288.403	5.100	923.215	17.334	940.550	905.881
348	295.121	4.984	923.263	17.323	940.587	905.940
349	301.995	4.870	923.321	17.310	940.631	906.011
350	309.030	4.759	923.389	17.292	940.682	906.097
351	316.228	4.651	923.462	17.286	940.749	906.176
352	323.594	4.545	923.530	17.282	940.812	906.249
353	331.131	4.442	923.593	17.273	940.866	906.321
354	338.844	4.341	923.665	17.265	940.931	906.400
355	346.737	4.242	923.764	17.263	941.027	906.501
356	354.813	4.145	923.854	17.246	941.100	906.608
357	363.078	4.051	923.966	17.235	941.201	906.731
358	371.535	3.959	924.077	17.228	941.306	906.849
359	380.189	3.869	924.179	17.216	941.396	906.963
360	389.045	3.781	924.286	17.209	941.495	907.077
361	398.107	3.694	924.429	17.221	941.650	907.209