



BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE

BELSORP MAX G

Schnelle, einfache Charakterisierung von pulverförmigen Materialien mit höchster Genauigkeit

Das BELSORP MAX G bildet eine neue Reihe leistungsstarker, kompakter und wirtschaftlicher Modelle in der BELSORP MAX-Serie von Microtrac. Seine Besonderheit ist die Messung von Gasadsorptionsisothermen ab extrem niedrigen Drücken zur Bewertung von mikro-, meso- und makroporösen Materialien sowie nicht-porösen Materialien.

Das Gerät ist mit einem Messanschluss, einem dedizierten Anschluss für die Messung des Sättigungsdampfdrucks und einem Anschluss für die Messung des freien Raums (Totvolumen) ausgestattet. Jeder Anschluss ist mit einem Drucksensor für hochpräzise Messungen ausgestattet. Mit dem Oberflächen- und Porengrößenverteilungsanalysator, BELSORP MAX G, können verschiedenste Materialien wie Pellets, Formkörper, Substrate und fein dispergierte Proben mit speziellen Probenröhrchen gemessen werden. Er unterstützt eine breite Palette von Adsorbaten und Messbedingungen. Je nach den Ansprüchen unserer Kunden bieten wir zwei Modelle an, nämlich das BELSORP MAX G LP (Niederdruck) und das BELSORP MAX G MP (Mitteldruck), die beide mit unterschiedlichen Drucksensoren ausgestattet sind.



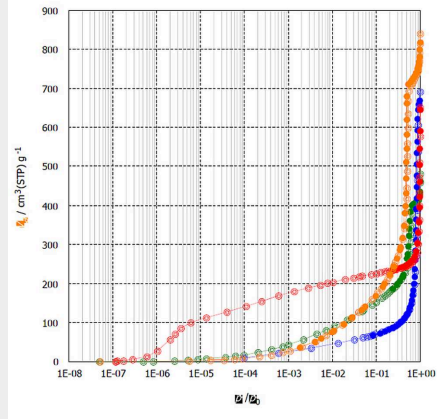
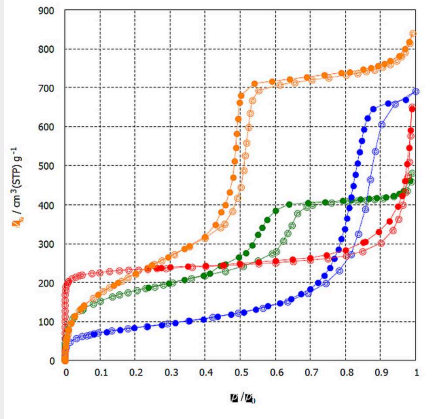
	BELSORP MAX G LP	BELSORP MAX G MP
Port 1	1.000 Torr, +10 Torr, +0,1 Torr	1.000 Torr, +10 Torr, +1 Torr
Port 2		1.000 Torr
Anschluss Sättigungsdampfdruck		1.000 Torr
Turbomolekularpumpe		yes

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

BESONDERE MERKMALE

Ultra-Niederdruck-Messung

Der BELSORP MAX G ermöglicht die hochpräzise Messung von Adsorptionsisothermen in einem weiten Bereich, angefangen vom Ultra-Niederdruckbereich ($p/p_0=10^{-8}$, N_2 @ 77 K) bis zum Atmosphärendruck. Das Gerät umfasst eine Turbomolekularvakuumpumpe und einen Niederspannungsdruckwandler.



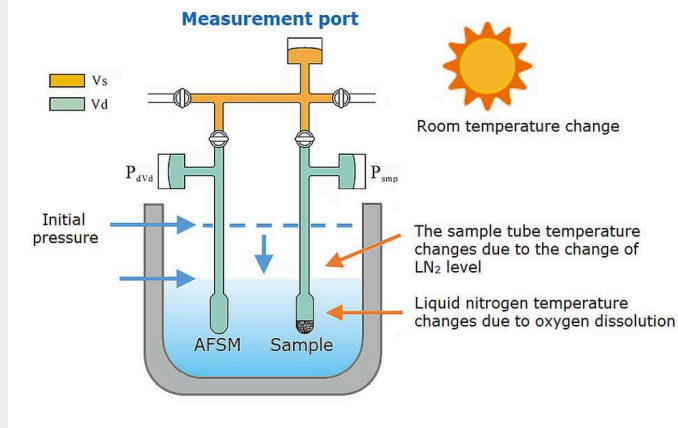
Innovative Freiraummessung für höchste Genauigkeit (AFSM™)

Eine strenge Kontrolle des Füllstands von flüssigen Kühlmitteln (z. B. Flüssigstickstoff oder Argon) ist nicht mehr erforderlich. Stattdessen haben wir unsere bahnbrechende, kontinuierliche Freiraum-Messmethode eingeführt: die patentierte Advanced Free Space Measurement (AFSMTM). Mit dieser Methode wird ein Höchstmaß an Reproduzierbarkeit erreicht, indem eine Referenzzelle verwendet wird, um die Veränderungen des freien Raums im Sekundenbereich zu verfolgen. Zunächst bestimmt das Gerät den freien Raum der Proben- und der Referenzzelle. Im weiteren Verlauf der Analyse werden dann alle Änderungen am System, die den gemessenen Freiraum verändern könnten, gleichzeitig in beiden Zellen erfasst. Daher können Änderungen im gemessenen Freiraum durch die Referenzzelle kontinuierlich berücksichtigt werden.

Beispiele für Ursachen von Freiraumschwankungen sind:

- | Änderungen des Flüssigstickstoffpegels (LN₂)
- | Änderungen von Temperatur und Druck in der Atmosphäre
- | Änderungen der Kühlmitteltemperatur aufgrund der Auflösung von Sauerstoff

Mit dieser überlegenen Technik können Umweltfaktoren berücksichtigt werden, die bisher nicht in Betracht gezogen wurden. Für weitere Informationen besuchen Sie bitte unsere Wissensdatenbank.

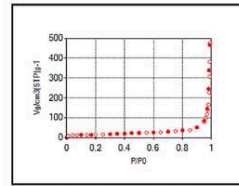
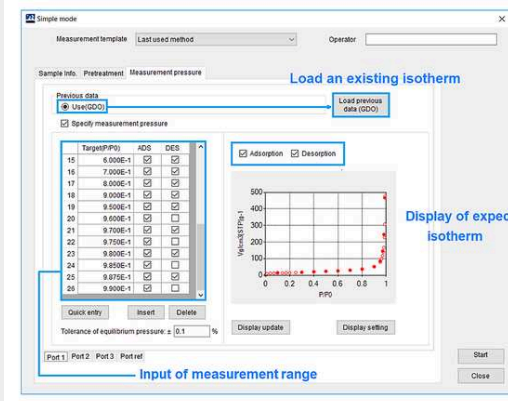


Benutzerfreundlichkeit – Einfache Einstellung der Messbedingungen

Beim BELSORP MAX G handelt es sich um ein vollautomatisches System, das es dem Nutzer ermöglicht, die Messbedingungen bequem im Einfachen Modus einzustellen. Dieser Modus ermöglicht Messungen durch die Eingabe der Mindestbedingungen (z. B. Probeninformationen, Vorbehandlungsbedingungen und Messbereich), was besonders bei unbekanntem Material von Vorteil ist. Detaillierte Messkonfigurationen können von erfahrenen Nutzern durch Auswahl des Professional-Modus eingestellt werden.

Optimierung der Gasdosierung (GDO)

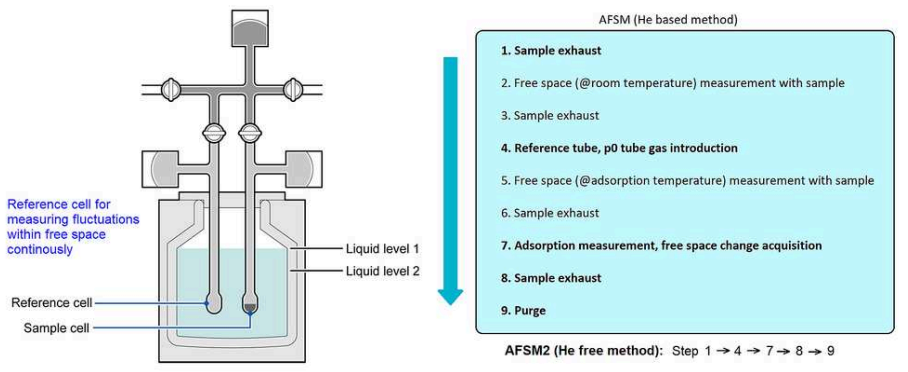
Die Gasdosierungsoptimierung (GDO) berechnet automatisch die optimale Gasdosierungsmenge aus früheren Messergebnissen. Mit dieser Funktion lassen sich die Messzeiten erheblich verkürzen.



Automatic optimization of conditions such as gas introduction volume

Adsorptionsmessung ohne Verwendung von Heliumgas (AFSM^{TM2})

Durch die vorangegangene Messung des freien Raums in einem "leeren" Probenröhrchen können Messungen ohne Heliumgas durchgeführt werden. Bei Verwendung desselben Probenröhrchens und unter denselben Analysebedingungen kann der Freiraum anhand der Masse und Dichte Ihrer Probe leicht berechnet werden. Diese Methode verkürzt auch die Analysedauer, da die Bestimmung des freien Raums zu Beginn jeder Probenmessung entfällt. Mit AFSM^{TM2} ist es nicht erforderlich, den Flüssigkeitsstand des Kühlmittels zwischen der Leerwertmessung und der Probenanalyse abzugleichen.



Kompakt & leicht

Durch Optimierung der Komponentenmaterialien ist es uns gelungen, ein Gerät mit geringer Standfläche und niedrigem Gewicht zu produzieren.

In-Situ-Vorbehandlung (optional)

Für eine genaue Adsorptionsmessung ist die Vorbehandlung der Probe erforderlich. Der Vorbehandlungsprozess (auch Aktivierungsprozess genannt) wird in der Regel durch Anlegen eines Vakuums unter Hitze durchgeführt, wodurch adsorbierte Gas- und / oder Wassermoleküle von der Oberfläche des Materials entfernt werden, ohne die Probenstruktur zu beeinträchtigen (Vermeidung von Denaturierung).

Microtrac bietet zwei Optionen zur Probenvorbehandlung. Zum einen kann sie extern mit unserem BELPREP-Instrument durchgeführt werden, was zwecks Erhöhung des Probendurchsatzes bevorzugt wird. Alternativ kann der Aktivierungsprozess direkt am Messanschluss des BELSORP MAX G unter Verwendung einer Heizung durchgeführt werden (siehe Zubehörliste). Auf diese Weise kann ein Transfer vom externen Vorbehandlungsgerät zum Messanschluss vermieden werden, was bei empfindlichen Proben (z. B. hydrophilem Material) eine wichtige Option darstellt.



Datenanalyse

Unsere BELMASTER-Analysesoftware ist im Lieferumfang des BELSORP MAX G enthalten und ermöglicht eine Vielzahl von Datenanalysen, wie z.B. die Auswertung spezifischer Oberflächen nach der Langmuir- oder BET-Methode, die Auswertung von Porenvolumina nach der t-plot-Methode, Mesoporenanalysen nach der DH- oder BJH-Methode, Mikroporenanalysen nach der HK- oder SF-Methode oder GCMC / NLDFT-Analysen und vieles mehr.

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

ZUBEHÖR UND OPTIONEN

STANDARD- VERBRAUCHSMATERIAL



Unsere Standard-Verbrauchsmaterialien bestehen aus Probenzellen, Füllstäben, Filtern, O-Ringen, Kappen und Wägeplattformen, die für Adsorptionsmessungen benötigt werden. NSD-Kapseln, eine Vielzahl von Probenküvetten, Schnellverschlüsse und vieles mehr sind Teil des Verbrauchsmaterials.

WASSERBAD



Tauschen Sie den Dewar einfach gegen ein Wasserbad für Messtemperaturen von -10°C bis 70°C aus. Ein gekühlter / beheizter Thermostat ist erforderlich.

HEIZUNG



In-situ-Vorbehandlung der Probe von 50°C bis 450°C . Mit dieser Option können Proben direkt am Mess-Port vorbehandelt werden, ohne dass die Probenzelle vor der Analyse transferiert werden muss. Besonders nützlich für empfindliche Proben.

GASWÄHLER



Der Gaswähler ermöglicht den Anschluss von bis zu 4 Adsorptiven gleichzeitig (1 x Helium + 4 x Adsorptiv).

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

BELCONTROL: NEUE BEDIENSOFTWARE

Die Vielseitigkeit der BELSORP-Geräte ist weltweit einzigartig. Die zahlreichen Funktionen und Möglichkeiten werden durch BELCONTROL, die intuitive und benutzerfreundliche Bediensoftware, ergänzt. Sie führt den Benutzer Schritt für Schritt durch den Analyseprozess. Dazu gehören die Einrichtung der Analysebedingungen, die Durchführung der Messungen, das Befüllen und Einrichten des Flüssigstickstoff- oder eines anderen Bades, der Austausch der Gasflasche, die Entgasungsschritte und vieles mehr. Die Software ist so konzipiert, dass das Gerät für jeden, auch für unerfahrene Benutzer, zugänglich und bedienbar ist.

Für unerfahrene Benutzer oder für Messungen unbekannter Proben benötigt BELCONTROL nur grundlegende Probeninformationen (Name, Masse usw.), Vorbehandlungsbedingungen (falls nicht extern durchgeführt) und den Messbereich.


Eine detaillierte Kontrolle der Konfiguration und Messeinstellungen ist möglich, um die Messbedingungen zu optimieren (z. B. Dosiereinstellungen, Gleichgewichtskriterien, optionale Dichtheitsprüfung, usw.). Dadurch kann der Benutzer die Probenanalyse vollständig an seine Bedürfnisse anpassen.

BELCONTROL		
Quick BET	Ja	Mehrpunkt-BET-Oberfläche in weniger als 20 Minuten
Heliumfreie Messung	Ja	AFSM™ 2 ermöglicht eine He-freie Messung mit unübertroffener Genauigkeit
Adsorptionskinetik	optional	Messung der Adsorptionsrate für die Diffusionsanalyse

**WEITERE BELCONTROL-
FEATURES**

- | Überlagern von Adsorptions- / Desorptionsisothermen und Vergleich von Messdaten zwischen verschiedenen Messanschlüssen während der Messung
- | Alle Drücke, Temperaturen, Ventilbetätigungen usw. werden in



- 
- Trenddaten gespeichert, was eine sofortige Überprüfung aller Messdetails ermöglicht
- | Zur Diagnose des Gerätestatus steht eine Systemcheck-Funktion zur Verfügung
 - | E-Mail-Benachrichtigungsfunktion für die automatische Übermittlung von Messstatus und -ergebnissen
 - | Interaktives Programm in Japanisch oder Englisch für einfache und zuverlässige Bedienung
 - | Umfangreiche Hilfsfunktionen, inkl. Schritt-für-Schritt-Anleitung während des Betriebs

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

BETRIEBSSOFTWARE

Die Vielseitigkeit der BELSORP-Instrumente mit ihren zahlreichen Funktionen und Möglichkeiten wird durch unsere intuitive und benutzerfreundliche Bediensoftware ergänzt. Sie führt den Benutzer Schritt für Schritt durch den Analyseprozess, einschließlich der Einrichtung der Analysebedingungen, der Durchführung der Messungen, des Zeitpunkts der Befüllung und Einrichtung des Flüssigstickstoff- oder eines anderen Bades, des Zeitpunkts des Austauschs der Gasflasche, der Entgasungsschritte und vieles mehr. Die Software wurde so entwickelt, dass das Gerät auch für unerfahrene Benutzer zugänglich ist.

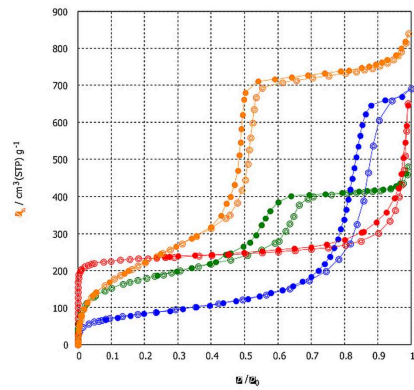
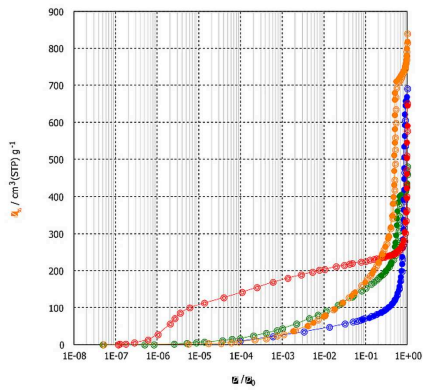
Es werden zwei Messmodi angeboten: 'Simple Mode' und 'Professional Mode'. Der einfache Modus ermöglicht eine einfache Bedienung und erfordert nur minimale Einstellungen. Sie müssen nur die grundlegenden Probeninformationen (Name, Masse usw.) eingeben und dann Ihre Vorbehandlungs- und Analysebedingungen aus einer Liste von voreingestellten Optionen auswählen. Dies ist ideal für unerfahrene Benutzer oder Messungen unbekannter Proben. Wenn eine vorherige Messung mit vergleichbarem Sorptionsverhalten durchgeführt wurde, kann GDO zur Verkürzung der Messzeit verwendet werden. Der Profimodus ermöglicht eine detaillierte Steuerung der Konfiguration und der Messeinstellungen (z. B. Dosierungseinstellungen, Gleichgewichtskriterien, Leckprüfungsoption usw.), so dass der Benutzer die Probenanalyse vollständig anpassen kann.



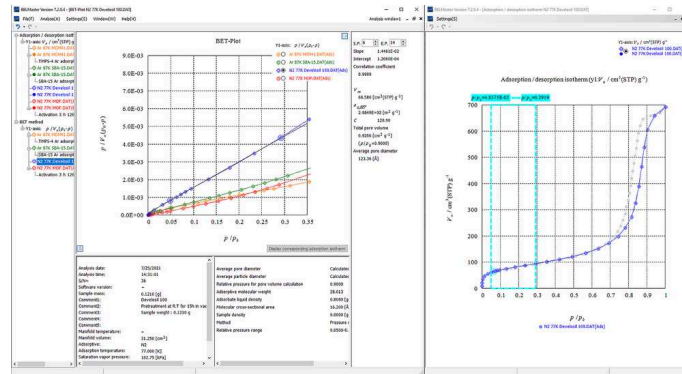
GASADSORPTIONSMESSUNGEN AN PORÖSEN UND NICHT PORÖSEN MATERIALIEN: MOFS, ZEOLITHE,
KOHLENSTOFFE UND MEHR

AUSWERTUNGS SOFTWARE BELMASTER

Unter einer Sorptionsisotherme versteht man das Verhältnis der adsorbierten Menge und dem Gleichgewichtsdruck des Adsorptivs – in der Regel bezogen auf den Sättigungsdampfdruck – bei konstanter Temperatur. Die Sorptionsisotherme für Gase (z. B. Stickstoff) liefert Informationen über die spezifische Oberfläche, die Porengrößenverteilung und das Porenvolumen des gemessenen Materials. In der folgenden Grafik sind einige beispielhafte Sorptionsisothermen dargestellt.



Die spezifische Oberfläche (SSA) bezieht sich auf die zugängliche Oberfläche der Probe und ist bei der Adsorption, der heterogenen Katalyse und den Reaktionen auf Oberflächen von großer Bedeutung. Die spezifische Oberfläche kann gemäß ISO 9277 mit der BET-Methode (BET: Brunauer, Emmett und Teller) oder der Langmuir-Methode berechnet werden. Die folgenden Diagramme zeigen Beispiele für die Auswertung der spezifischen Oberfläche nach der BET-Methode in unserer BELMASTER-Software:

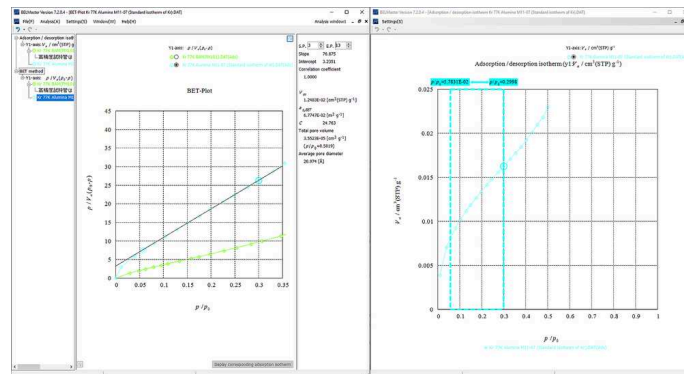


Wählen Sie den richtigen Druckbereich (Mehrpunkt-BET) oder Messpunkt (Einpunkt-BET) und die Oberfläche wird automatisch berechnet. Die BELMASTER-Software bietet die BET-Oberflächenberechnung gemäß ISO 9277 Anhang C (auch bekannt als Rouquerol-Plot), die für mikroporöse Materialien empfohlen wird.

Das herausragende Merkmal des BELSORP MAX G ist die Verfügbarkeit von drei verschiedenen Druckaufnehmern (1000, 10 und 1 / 0,1 Torr), die niedrige Druckadsorptionsisothermen ermöglichen, beginnend bei sehr niedrigen relativen Drücken von $p/p_0 = 10^{-8}$ ($N_2 @ 77K$) bis hin zu Atmosphärendruck. Dadurch lassen sich Porengrößenverteilungen von 0,35 bis zu 500 nm erzielen. Darüber hinaus sind Messungen niedriger Oberflächen bis zu $0,0005 \text{ m}^2/\text{g}$ unter Verwendung von Kryptongas möglich.

Messungen von Materialien mit geringer Oberfläche mit Kryptongas

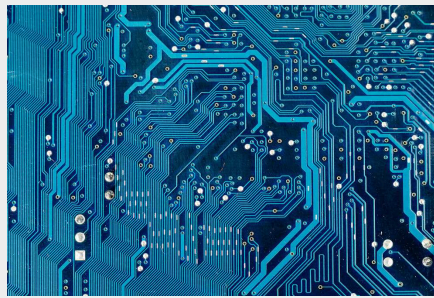
Die Charakterisierung von Materialien mit geringer spezifischer Oberfläche, wie z. B. nicht poröse metallische Werkstoffe, Glassubstrate und Filme, mit herkömmlichen Gasen wie Stickstoff (77 K) und Argon (77 K oder 87 K) ist aufgrund der Nachweisgrenzen unzureichend. Alternativ kann die Adsorption von Kryptongas bei der Temperatur von flüssigem Stickstoff verwendet werden, um die spezifische BET-Oberfläche bis zu $0,0005 \text{ m}^2/\text{g}$ zu bestimmen.



HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

TYPISCHE APPLIKATIONEN

Die Gasadsorptionsanalysatoren von Microtrac werden in einer Vielzahl von Bereichen eingesetzt. Dazu gehören Katalysatoren, Batterien, Fasern, Polymermaterialien, Zeolithe, Brennstoffzellen, Chemikalien, Pigmente, Kosmetika, MOF / PCP, magnetische Pulver, Trennmembranen, Filter, Toner, Zement, Keramik, Halbleiter und viele mehr.



- | Batteriematerialien
- | Katalysatoren
- | Zeolithe
- | Keramik
- | Kohlenstoff

- | elektronische Komponenten
- | Brennstoffzellen
- | Toner
- | Zement
- | Medizin / Pharma

- | Silikat
- | MOF / PCP
- | Pigmente
- | Kosmetika

... und viele mehr!

Besuchen Sie unsere Applikationsdatenbank, um die beste Lösung für Ihre Anforderungen an die Partikelcharakterisierung zu finden

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

TECHNISCHE DATEN

Messprinzip	Volumetrisches Verfahren + AFSM™
Adsorptionsgase	N ₂ , Ar, Kr, CO ₂ , H ₂ , O ₂ , CH ₄ , NO, CO, butane, and various other (non-)corrosive gases
Gasanschlüsse	2 Anschlüsse (max. 5)
Anzahl der Messungen (High Accuracy-Modus)	1 Anschluss im High Accuracy-Modus
Messbereich (spezifische Oberfläche)	0,01 m ² /g und mehr (N ₂) 0,0005 m ² /g und mehr (Kr) (abhängig von der Probendichte)
Porengrößenverteilung (Durchmesser)	0.35 - 500 nm
Niederdruck-Isotherme	p/p ₀ = 10 ⁻⁸ (N ₂ @77K, Ar @87K)
Drucksensor	133 kPa (1000 Torr) x 3 Einheiten 1,33 kPa (10 Torr) x 1 Einheit 0,133 kPa (MP) oder 0,0133 kPa (LP) x 1 Einheit
Vakuummeter / -pumpe	Turbo-Molekularpumpe + Rotationspumpe Kaltkathodenmesser (optional)
Probenröhre	Standardschlauch, ca. 1,8 cm ³ (optional: 5 cm ³)
Dewar-Behälter	Volumen: 2,6 l Haltedauer: 80 h
Vorbehandlungsheizung	50 - 450 °C
Wasserbad	-10 - 70 °C
Analyse-Software BELMaster™ 7	Adsorptionsisotherme, spezifische Oberfläche Typ I nach BET (ISO9277), automatische BET-Analyse, spezifische Oberfläche nach Langmuir, BJH, DH, CI, INNES-Methode, t-Plot, Alpha-s-Plot
Analyse-Software BELMaster™ 7 fortges.	HK, SF, CY-Methode, NLDFT / GCMC, MP-Methode, Dubinin-Astakhov-Methode, Differenzadsorptionsisotherme, molekulare Sonde, Adsorptionsratenanalyse (opt.)
Abmessungen (B x H x T)	320 x 740 x 465 mm
Gewicht (Hauptelement)	36 kg
Gasversorgung	He, Adsorptionsgas: 0,1MPa (G), Reinheitsgrad: mehr als 99,999% Verbindung: 1/8" Swagelok-Verbindung

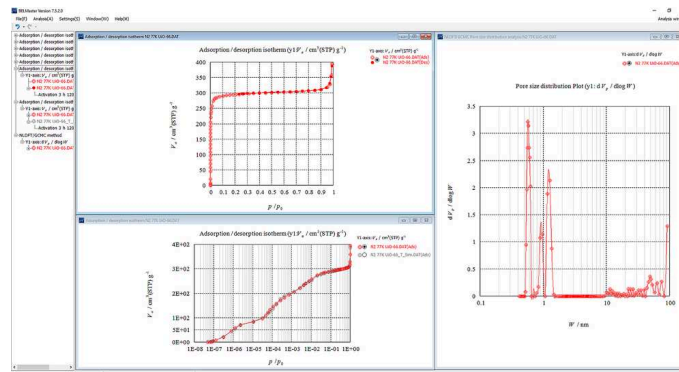
Stromversorgung	Haupteinheit: AC 100 - 240 V / 850 W, 50 / 60 Hz (einschließlich Vakuumpumpe)
Umgebungsspezifikationen	Temperatur: 10 - 30 °C Luftfeuchtigkeit: 20 - 80% RH
ASTM compliance	B922, C110, C1069, C1240, C1274, D1993, D3663-20, D3908, D4222, D4365, D4641, D4780, D4842, D5604-96, D6556, D8325, E2864, WK61828, WK71859
Standards	4652, 8008, 9277, 12800, 15901-2, 15901-3, 18757, 18852
USP-Konformität	268, 846
DIN compliance	66134 (1998-02), 66135-1 (2001-06), 66135-2 (2001-06), 66135-3 (2001-06), 66135-4 (2004-09)
CE-Zertifizierung	Ja
Empfohlener Bildschirm	Full HD-Bildschirme

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

FUNKTIONSPRINZIP

Analyse der Porengrößenverteilung mittels NLDFT & GCMC-Methode

Die klassischen Methoden zur Bestimmung der Porengrößenverteilung (PSD) sind die BJH-, DH- und CI-Methoden, die Mesoporen auf der Grundlage der Kapillarkondensationstheorie bewerten. Die HK- (schlitzförmig), SF- (zylinderförmig) und CY- (käförmig) Methoden können auch zur Bewertung von Mikroporen auf der Grundlage der Adsorptionstheorie verwendet werden. Die DA-Methode und die DR-Methode werden ebenfalls häufig zur Bewertung des Porenvolumens verwendet. Moderne PSD-Bewertungsmethoden, NLDFT und GCMC, werden oft als genauer für einen größeren Bereich von Porengrößen (von Mikro- bis zu Meso- und Makroporen) angesehen, wie in ISO15901-2 festgelegt.



Theorie	Wechselwirkung Oberfläche und Gas	Adsorbat	Anwendbare
BJH, CI, DH, INNES-Methode	Kelvin-Gleichung (Oberflächenspannung und Kontaktwinkel)	Dichte der Schüttgutflüssigkeit	Meso-
HK-, SF-, CY-Methode	Lennard-Jones-Potential (Wechselwirkung und Abstoßungskraft)	Dichte der Schüttgutflüssigkeit	
NLDFT, GCMC	Statistisches thermodynamisches Modell		0 Gesam

In den letzten Jahren wurde das Augenmerk auf Methoden zur Bewertung der Porenstruktur mit Hilfe von Computersimulationstechniken wie der NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) und GCMC (Grand Canonical Monte Carlo) gerichtet, die eine einheitliche Theorie für die Charakterisierung der Porenverteilung von Mikroporen bis zu Meso- und Makroporen darstellen. Porengrößenverteilungen (PSDs), die aus derselben Adsorptionsisotherme mit klassischen und simulationsbasierten Analysen gewonnen werden, können sich unterscheiden, ebenso wie die Ergebnisse verschiedener Simulationsmethoden, da der aus jeder Theorie gewonnene Fülldruck unterschiedlich ist. Microtrac bietet Bewertungsmethoden, die einen breiten Bereich von Porengrößen und Adsorbaten abdecken, basierend auf der Adsorption von N₂ (77,4 K), Ar (87,3 K) und CO₂ (298 K). Diese Bewertungsmethoden verwenden NLDFT / GCMC-Kerne von Schlitz-, Zylinder- und Käfigporenmodellen mit Kohlenstoff- und Metalloxydoberflächenatomen, was zu der am besten geeigneten Beschreibung von porösen Materialien führt.

Die BELMASTER-Software ermöglicht einen einfachen Vergleich zwischen experimentellen und simulierten Isothermen, wobei die simulierte Isotherme als Grundlage für die PSD-Berechnung dient.