



BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE

## BELSORP MINI X

**Einfache, schnelle und höchst präzise Charakterisierung von porösen Materialien**

**Der BELSORP MINI X von Microtrac weist herausragende Eigenschaften auf, die zu der weltweit höchsten Wiederholbarkeit bei deutlich reduzierter Messzeit führen. Das Gerät ist mit bis zu 4 Probenmessanschlüssen und neuen Funktionen für hohen Durchsatz, einschließlich Multi Device Control, ausgestattet.**

Der BELSORP MINI X ermöglicht die Messung der spezifischen Oberfläche, der Porengrößenverteilung und des Porenvolumens mit höchster Präzision. Ausgestattet mit dedizierten Drucksensoren an jedem Probenmessanschluss und einem dedizierten Anschluss für den Sättigungsdampfdruck, ermöglicht es völlig unabhängige, simultane Messungen. Die neue Messsoftware verbessert die Produktivität des Anwenders durch vereinfachte Messabläufe (z.B. mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen), Anzeige des Messfortschritts und Versand der Messergebnisse per E-Mail. Je nach Probendurchsatz werden Modelle mit 3 oder 4 Probenmessanschlüssen angeboten. Darüber hinaus ermöglicht die neue BELMASTER-Analysesoftware die strukturelle Auswertung einer breiteren Palette von Materialien als je zuvor.

## WIEDERHOLBARKEIT AUF WELTKLASSENIVEAU

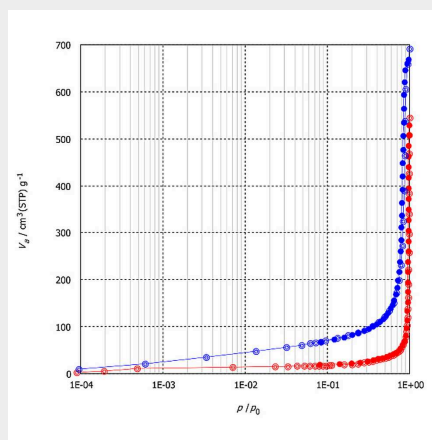
- | Bis zu vier unabhängige Messanschlüsse und ein spezieller Anschluss für die Messung des Sättigungsdampfdrucks
- | Kompakt und leicht
- | Unschlagbare Wiederholbarkeit durch patentiertes AFSM™
- | Gasadsorptionsisotherme & NET-Adsorptionsmessung durch AFSM™2, kein He-Gas erforderlich
- | Vielseitiges Instrument: Hochpräzise Messungen, Mehrproben-Messungen und Quick-BET-Messmodi für Ihre Anwendungen
- | Dedizierter Drucksensor für jeden Anschluss
- | Gleichzeitige Steuerung von bis zu 20 Messports über Multi Device Control (5 Einheiten)
- | Kurze Messzeit durch Gasdosierungsoptimierung (GDO)
- | IoT: Prozessüberwachung über E-Mail-Benachrichtigungssystem
- | Optionale Mikroporenanalyse mittels Molecular Probe Method
- | Konform mit FDA 21 CFR Part 11 (optional)



BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X  
**BESONDERE MERKMALE**

**Messbereich**

Spezifische BET-Oberflächen von  $\sim 0,01 \text{ m}^2/\text{g}$  ( $\text{N}_2$ ) und Porengrößenverteilung von 0,7 ~ 500 nm (optional: 0,35 ~ 500 nm durch Molecular Probe Method).



**Simultane Messung von mehreren Proben**

Es können bis zu 4 Proben gleichzeitig gemessen werden, wodurch die Messzeiten für mehrere Proben erheblich verkürzt werden können.

**Durch und durch flexibel**

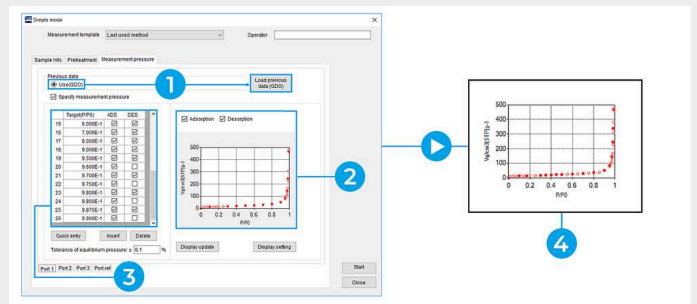
Dieses Instrument vereint hochpräzise Messungen mit mehreren Hochdurchsatzmodi (z. B. Quick BET-Modus, Gasdosierungsoptimierung). Es kann je nach Kundenbedürfnissen flexibel eingesetzt werden, während die integrierte Schritt-für-Schritt-Anleitung die Bedienung auch für unerfahrene Benutzer erleichtert.

## Vollständig benutzerfreundlich

Bei diesem Gerät handelt es sich um ein vollautomatisches Messsystem, das es dem Benutzer ermöglicht, die Messbedingungen mit Hilfe des Simple Mode einfach einzustellen. Dieser Modus ermöglicht Messungen durch Eingabe minimaler Bedingungen (z. B. Probeninformationen, Vorbehandlungsbedingungen und Messbereich), was besonders bei unbekanntem Material bevorzugt wird. Detaillierte Messkonfigurationen können von erfahrenen Anwendern im Professional Mode vorgenommen werden. Dieses System ermöglicht es jedem, auf einfache Weise genaue Messergebnisse zu erhalten.

## Optimierung der Gasdosierung (GDO)

Der Simple Mode umfasst die Option Gasdosierungsoptimierung (GDO), die automatisch die optimale Gasdosierungsmenge aus früheren Messergebnissen berechnet. Mit dieser Funktion können die Dosierraten zuverlässig ermittelt und die Messzeiten erheblich reduziert werden.



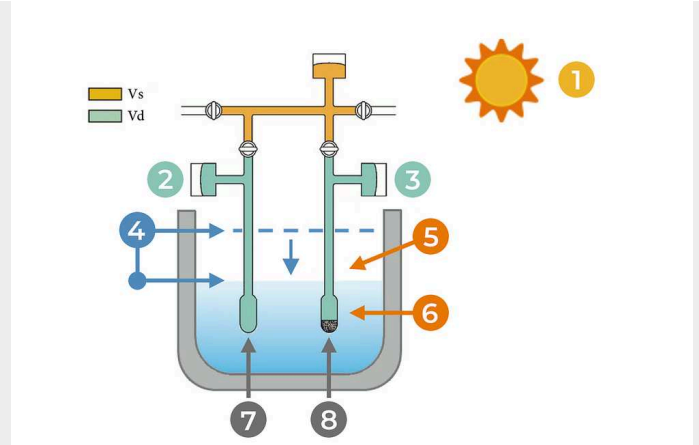
1. Eine bestehende IAE-Isotherme laden | 2. Anzeige der erwarteten experimentellen Isotherme | 3. Eingabe des Messbereichs | 4. Automatische Optimierung von Bedingungen wie dem Gasdosierungsvolumen |

## Innovative Totvolumenmessung für höchste Genauigkeit (AFSM™)

Anstatt den Füllstand des flüssigen Kühlmittels näherungsweise zu kontrollieren, führt unsere bahnbrechende Methode der kontinuierlichen Überwachung von Schwankungen im Totvolumen in einer Referenzzelle – Advanced Free Space Measurement, AFSM™ – nachweislich zu einer überlegenen Messgenauigkeit im Vergleich zu Systemen, die sich auf eine mechanische Kontrolle des Kühlmittelstands verlassen. Diese Methode gleicht Schwankungen im Totvolumen aus, die durch folgende Umweltfaktoren verursacht werden:

- | Änderungen des LN<sub>2</sub>-Füllstands
- | Temperatur- / Druckschwankungen in der Atmosphäre
- | Änderungen der Kühlmitteltemperatur aufgrund der Auflösung von Sauerstoff

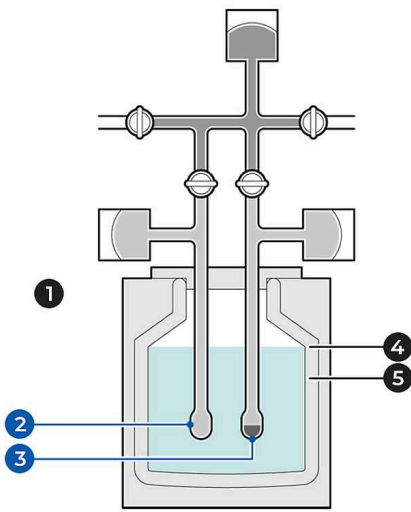
Mit dieser überlegenen Technik können Umweltfaktoren berücksichtigt werden, die zuvor nicht in Betracht gezogen wurden. Für weitere Informationen nutzen Sie bitte unsere Wissensdatenbank.



1. Änderung der Raumtemperatur | 2. P<sub>ref</sub> | 3. P<sub>smp</sub> | 4. Initialdruck | 5. Die Temperatur des Probenröhrchens ändert sich aufgrund der Änderung des LN<sub>2</sub>-Füllstands | 6. Änderungen der Flüssigstickstoff-Temperatur aufgrund von gelöstem Sauerstoff | 7. AFSM | 8. Probe

## Die logische Weiterentwicklung: AFSM™<sub>2</sub>

In einem ersten Schritt wird die Totvolumenmessung für eine leere Probenzelle und eine leere Referenzzelle mit dem Adsorptionsgas bei der entsprechenden Adsorptionstemperatur durchgeführt. Dann kann die Adsorptionsmessung unter Verwendung beider Zellen ohne Heliumgas durchgeführt werden. Da die Totvolumenveränderungen für beide Zellen unter den gleichen Messbedingungen gleich sind, können die Messergebnisse in kürzerer Zeit erzielt werden. Es sind keine komplizierten Vorgänge erforderlich, wie z. B. das Konstanthalten des Flüssigkeitsstands des Kühlmittels zwischen der Leerwertmessung und der Adsorptionsmessung des Totvolumens.



1. Referenzzelle zur kontinuierlichen Messung von Schwankungen im Totvolumen | 2. Referenzzelle | 3. Probenzelle | 4. Flüssigkeitsstand 1 | 5. Flüssigkeitsstand 2

## AFSM (He-basiertes Verfahren)

1. **Probenabsaugleitung**
2. Totvolumenmessung (bei Raumtemperatur) mit Probe
3. Probenabsaugleitung
4. **Referenzrohr,  $p_0$ -Rohr Gaseinleitung**
5. Totvolumenmessung (bei Adsorptionstemperatur) mit Probe
6. Probenabsaugleitung
7. **Adsorptionsmessung, Erfassung der Änderung des Totvolumens**
8. **Probenabsaugleitung**
9. **Spülung**

**AFSM2 (He-freie Methode):** Schritt 1 --> 4 --> 7 --> 8 --> 9

## Kompakt & leicht

Durch die vollständige Optimierung und Rationalisierung der Materialien ist es uns gelungen, die Größe und das Gewicht des Geräts zu reduzieren.

## Vorbehandlung der Proben am Messanschluss (optional)

Für eine genaue Adsorptionsmessung ist eine Vorbehandlung der Proben erforderlich. Der Vorbehandlungsprozess (auch Aktivierungsprozess genannt) wird in der Regel durch Anlegen eines Vakuums unter Hitze durchgeführt und entfernt adsorbierte Gas- und/oder Wassermoleküle von der Oberfläche des Materials, ohne die Probenstruktur zu beeinträchtigen (Vermeidung von Denaturierung). Microtrac bietet zwei Optionen für die Probenvorbehandlung. Erstens kann sie extern mit BELPREP VAC II oder VAC III durchgeführt werden, was in der Regel zur Erhöhung des Probendurchsatzes bevorzugt wird. Alternativ kann der Aktivierungsprozess direkt an der Messöffnung des BELSORP MINI X unter Verwendung einer Heizung (siehe Zubehörliste) durchgeführt werden. Auf diese Weise kann ein Transfer vom externen Vorbehandlungsgerät zum Messort vermieden werden, was bei empfindlichen (z.B. hydrophilen) Proben eine wichtige Option ist.

## Datenanalyse

Die mit diesem Gerät mitgelieferte BELMASTER-Analysesoftware liefert dem Anwender eine Vielzahl von Analyseergebnissen durch Vorgänge wie die Anzeige von Adsorptions- / Desorptionsisothermen, die Auswertung spezifischer Oberflächen nach der BET-Methode, Auswertung von Porenvolumina (von Ultramikro- bis zu Meso- und Makroporen) durch t-plot- oder  $\alpha$ S-Methode und mehr. Darüber hinaus können Mesoporen-Analysen mit der DH- und BJH-Methode, Mikroporen-Analysen mit der HK- oder SF-Methode oder optionale GCMC / NLDFT-Analysen durchgeführt werden. Zudem bietet unsere Analysesoftware BELMASTER noch mehr Analysemöglichkeiten.

BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X

**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



BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X

## ZUBEHÖR UND OPTIONEN

Microtrac bietet verschiedenes Zubehör für seine gesamte Gas- und Dampfsorptionsproduktlinie an.

### STANDARD-VERBRAUCHSMATERIAL



Zu den Standard-Verbrauchsmaterialien gehören Probenahmezellen, Einfüllstäbe, Filter, O-Ringe, Kappen und Wägeplattformen. Verschiedene Größen von Probengefäßen, Schnellverschlüsse und andere optionale Verbrauchsmaterialien sind ebenfalls erhältlich.

### 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

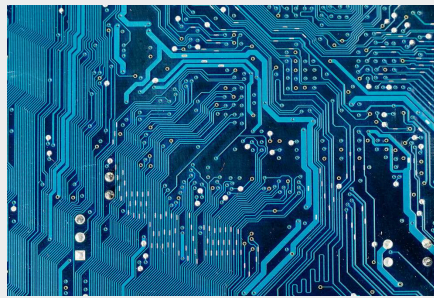


Der Gas-Selektor ermöglicht den Anschluss von bis zu 4 Adsorptiven gleichzeitig (1 x Helium + 4 x Adsorptiv).

BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X

## 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!

Die Grundlagen der volumetrischen Adsorptionsmessung werden in unserer Wissensdatenbank erläutert:

BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X

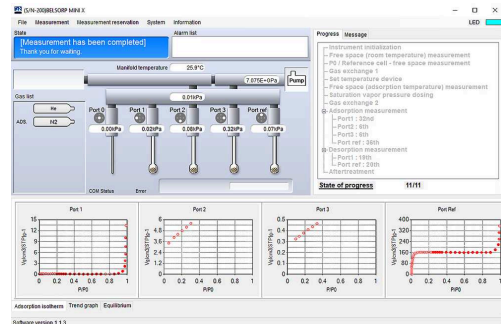
**TECHNISCHE DATEN**

<b>Messprinzip</b>	Volumetrisches Verfahren + AFSM™
<b>Adsorptionsgase</b>	Stickstoff (N <sub>2</sub> ), Argon (Ar), Methan (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ), Ethan (CO <sub>2</sub> ), Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ), Wasserstoff (H <sub>2</sub> ), n-Butan (n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ), iso-Butan (iso-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) und andere nicht-korrosive Gase
<b>Gasanschlüsse</b>	2 Anschlüsse (max. 5)
<b>Anzahl der Messungen (High Accuracy-Modus)</b>	Max. 4 Ports gleichzeitig (3 Ports im High Accuracy-Modus)
<b>Messbereich (spezifische Oberfläche)</b>	0,01 m <sup>2</sup> /g und darüber (N <sub>2</sub> ) (abhängig von der Probedichte)
<b>Porengrößenverteilung (Durchmesser)</b>	0,7 - 500 nm, Option: 0,35 nm möglich durch Molekularsondenmethode
<b>Niederdruck-Isotherme</b>	p/p <sub>0</sub> = 10 <sup>-4</sup> (N <sub>2</sub> @77K, Ar @87K)
<b>Drucksensor</b>	133 kPa (1000 Torr) x 6 Einheiten
<b>Vakuummeter / -pumpe</b>	Rotationspumpe
<b>Probenröhre</b>	Standardschlauch, ca. 1,8 cm <sup>3</sup> (optional: 5 cm <sup>3</sup> )
<b>Dewar-Behälter</b>	Volumen: 2 l Haltedauer: 30 h
<b>Vorbehandlungsheizung</b>	50 - 450 °C (4 Messports)
<b>Wasserbad</b>	-10 - 70°C (4 Anschlüsse)
<b>Analyse-Software BELMaster™ 7</b>	Adsorptionsisotherme, BET-spezifische Oberfläche Typ I (ISO9277), automatisierte BET-Analyse, Langmuir-spezifische Oberfläche, BJH, DH, CI, INNES-Methode
<b>Analyse-Software BELMaster™ 7 fortges.</b>	t-Plot, NLDFT / GCMC (OP BELSim™), MP-Methode, Dubinin-Astakhov-Methode, Molekulare Sonde, As-Plot
<b>Abmessungen (B x H x T)</b>	280 x 650 x 465 mm (ohne Vakuumpumpe und PC)
<b>Gewicht (Hauptelement)</b>	38 kg (ohne Vakuumpumpe und PC)
<b>Gasversorgung</b>	He, N <sub>2</sub> (99,999% oder höhere Reinheit), 0,1 ± 0,02 MPa, gemeinsam: 1/8" Swagelok Auspuff: Auslassanschluss der Rotationspumpe, ø 11 mm
<b>Stromversorgung</b>	Einphasig, AC 100~240 V (50 / 60 Hz) / 10A (inkl. R.P.), 50 / 60 Hz
<b>CE-Zertifizierung</b>	Ja
<b>Empfohlener Bildschirm</b>	Full HD-Bildschirme

## BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X

### BETRIEBSOFTWARE

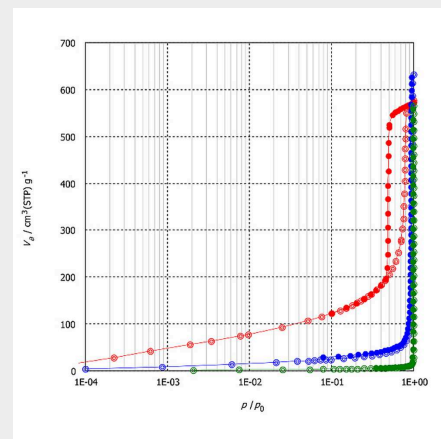
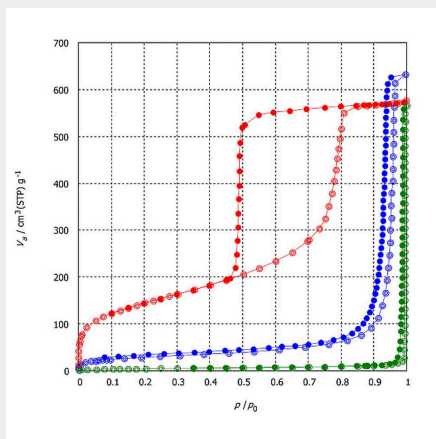
Bei der Entwicklung der Software wurde der Fokus auf die Vereinfachung der Messabläufe gesetzt. Da die BELSORP-Geräte verschiedene Funktionen bieten, ist es wichtig, dass eine hohe Benutzerfreundlichkeit gegeben ist. Unsere Software leitet Sie Schritt für Schritt bei der Durchführung verschiedener Verfahren an, z. B. bei der Durchführung von Messungen, dem Austausch von Gasflaschen und der Spülung des Manifolds. Die Schritt-für-Schritt-Anleitungen ermöglichen es Nutzern aller Erfahrungsstufen das Gerät sicher und effektiv zu nutzen. Je nach Erfahrung des Nutzers werden zwei Modi – Simple Mode und Professional Mode – angeboten. Der Simple Mode ermöglicht eine einfache Bedienung, indem bestimmte Messkriterien automatisch vorgenommen werden. Es werden lediglich Informationen zum Probennamen, die Vorbehandlungsbedingung (überspringbar, wenn extern durchgeführt) und die Messpunkte / der Messbereich vorausgesetzt. Diese wartungsarme Messung ist ideal für die Messung unbekannter Proben. Wenn eine vorherige Messung mit vergleichbarem Adsorptionsverhalten vorliegt, kann die GDO-Funktion verwendet werden, um die Messzeit zu verkürzen. Der Professional Mode hingegen bietet dem Nutzer eine detaillierte Konfigurationsmöglichkeit der Messung an d. h. Dosiereinstellungen, Gleichgewichtskriterien, Leckage-Prüfung und mehr können individuell angepasst werden.



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 BELSORP MINI X besticht durch die Möglichkeit, oberflächenarme Proben mit höchster Genauigkeit ohne Kryptongas zu messen (kein zusätzlicher Druckaufnehmer oder kryogener Temperaturregler erforderlich). Alternativ erlaubt die Messung im so genannten Quick BET-Modus, BET-spezifische Oberflächen (z.B. Drei-Punkt-BET) von vier Proben in ca. 15 Minuten zu erhalten. Außerdem können Porengrößenverteilungen von 0,7 bis 500 nm (optional 0,35 nm) ermittelt werden.

## HÖCHSTE GENAUIGKEIT BEI GERINGSTEN OBERFLÄCHEN

### AFSM™

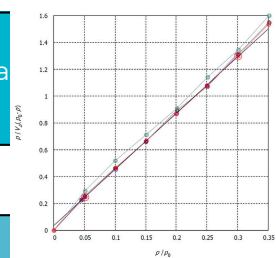
Die folgenden Messungen werden mit unserer patentierten, kontinuierlichen Freiraummessmethode, der Advanced Free Space Measurement (AFSM™), durchgeführt. Mit dieser Methode wurde höchste Wiederholbarkeit erreicht, da eine Referenzzelle verwendet wird, um die zeitlichen Veränderungen des Freiraums von Sekunde zu Sekunde zu verfolgen. Unser Instrument bestimmt einen anfänglichen Freiraum der Proben- und der Referenzzelle. Da die Veränderung des Freiraumes in beiden Zellen gleich ist (gleiche Umgebungsbedingungen), kann die Freiraumveränderung durch die Druckveränderung der Referenzzelle kontinuierlich verfolgt werden.

Hierfür wurde ein zertifiziertes Referenzmaterial CRM-170 (nicht poröses Alpha-Aluminiumoxid; zertifizierter Wert der spezifischen Stickstoff-BET-Oberfläche (SSA):  $1,05 \pm 0,05 \text{ m}^2/\text{g}$ ) verwendet, um die Messgenauigkeit bei Messungen mit geringer Gesamtoberfläche (TSA) zu überprüfen. Obwohl die TSA von ca.  $2 \text{ m}^2$  auf weniger als  $0,4 \text{ m}^2$  reduziert wird, bleiben die ermittelten spezifischen BET-Oberflächen nahezu identisch.

#### VORTEILE DER PATENTIERTEN AFSM-TECHNIK

- | LN<sub>2</sub>-Niveau muss nicht aufrechterhalten werden
- | Verbessert die Reproduzierbarkeit sowohl der Oberfläche als auch des Porenvolumens
- | Ermöglicht die isotherme Adsorption von Materialien mit geringer Oberfläche ohne Verwendung von Kryptongas

Probe	Adsorption	Gesamtoberfläche der Zelle [m <sup>2</sup> ]	Probenmenge [g]	SSA-BET [m <sup>2</sup> /g]*1	C-Konsta
BCR-170_1	N <sub>2</sub>	~2 m <sup>2</sup>	~1.94	1.03	114
BCR-170_2	N <sub>2</sub>	~1 m <sup>2</sup>	~1.12	1.02	143
BCR-170_3	N <sub>2</sub>	~0.7 m <sup>2</sup>	~0.75	1.03	101
BCR-170_4	N <sub>2</sub>	~0.4 m <sup>2</sup>	~0.38	1.02	50

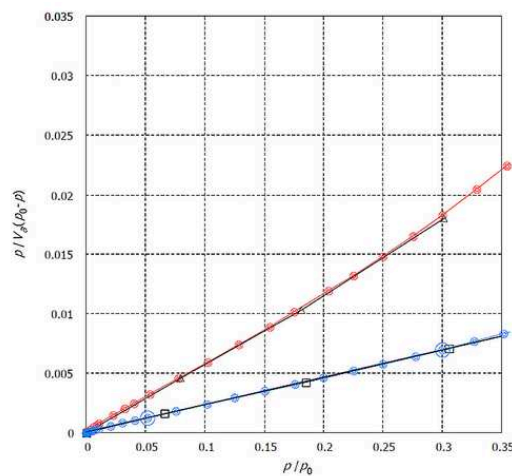
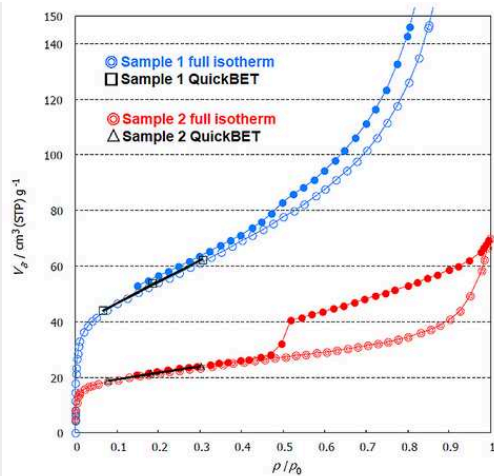


\*Korrelationskoeffizient 0,9995 oder höher

BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X

## **QUICK BET-MODUS**

Der Quick BET-Modus kann dazu verwendet werden, den Probendurchsatz bei Messungen der spezifischen BET-Oberfläche zu maximieren. In diesem Modus ist es möglich, drei BET-Adsorptionspunkte von vier Proben in ca. 15 Minuten zu messen (Probendichte erforderlich). Außerdem bietet der Quick BET-Modus zwei Arten von Totvolumenmessungen: Erstens bietet die Option der Totvolumeneingabe die beste Möglichkeit, um Zeit zu sparen. Sobald das Totvolumen für die Probenzelle bestimmt ist, kann die Totvolumenmessdatei (dvd-Datei) für künftige schnelle BET-Messungen wiederverwendet werden. Zweitens kann das Totvolumen mit der aktuellen Messung bestimmt werden. Ein Vergleich der erhaltenen BET-Oberfläche aus der vollen Isothermenmessung (Standardmodus) und dem Quick BET-Modus ist in den folgenden Diagrammen und Tabellen dargestellt:



Probe	Adsorption	Mehrpunkt-BET SA [m <sup>2</sup> /g]		Einpunkt-BET SA [m <sup>2</sup> /g]	
		Standard-Modus	Quick BET	Standard-Modus	Quick BET
1	N <sub>2</sub>	189.9	190.5	188.1	190.3
2	N <sub>2</sub>	75.7	77.4	74.7	75.7

\*Mehrpunkt-BET im p/p<sub>0</sub>-Bereich von 0,05 - 0,30, Einpunkt-BET bei p/p<sub>0</sub> von 0,20

Die im Standardmodus durch Mehrpunkt-BET erzielten Messergebnisse werden als die präzisesten Ergebnisse angesehen. Sowohl die Mehrpunkt- als auch die Einpunkt-BET-Oberflächenmessungen im Quick BET-Modus liefern im Vergleich zum Standardmodus völlig vergleichbare Ergebnisse, wobei sich die Messzeit auf ca. 15 Minuten für drei Proben (Mehrpunkt-BET) deutlich verkürzt. Diese Funktion empfiehlt sich zur Optimierung des Probendurchsatzes, z.B. in der Qualitätskontrolle.

BET-ANALYSATOR FÜR SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE & PORENGRÖSSE BELSORP MINI X

**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- (käfigförmig) 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 Porengrößen
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	Mikro-
NLDFT, GCMC	Statistisches thermodynamisches Modell		0-1000 nm Gesamt

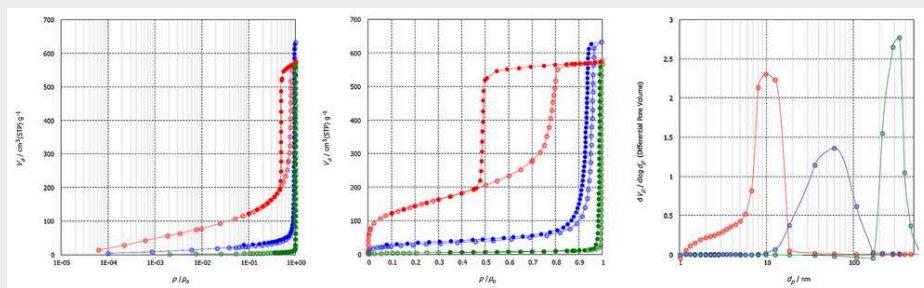
\*1 BELSORP MINI X ist mit 1000 Torr Druckaufnehmern ausgestattet; Isotherme beginnt bei  $\sim p/p_0$  von  $1 \times 10^{-4}$

\*2 Option: 0,35 nm möglich durch Molekularsondenmethode

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 N<sub>2</sub> (77,4 K), Ar (87,3 K) und CO<sub>2</sub> (298 K). Diese Bewertungsmethoden verwenden NLDFT / GCMC-Kerne von Schlitz-, Zylinder- und Käfigporenmodellen mit Kohlenstoff- und Metalloxidoberflächenatomen, 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.

Im folgenden Teil wird ein Beispiel für die Berechnung der Porengrößenverteilung mittels BJH-Methode gegeben:



[www.microtrac.de/belsorp-mini-x](http://www.microtrac.de/belsorp-mini-x)