

BELSORP SERIE

MESSGERÄTE ZUR GAS- & DAMPFSORPTION

CHARAKTERISIERUNG VON PORÖSEN MATERIALIEN





MICROTRAC

INHALT

EINLEITUNG, BELSORP-HISTORIE & GRUNDLAGEN DER GASADSORPTION	4 - 11
BELSORP MINI X	12 - 13
BELSORP MAX G	14 - 15
BELSORP MAX X	16 - 19
WEITERE OPTIONEN & ZUBEHÖR	20 - 21
MESSSOFTWARE	22 - 23
BELMASTER-SOFTWARE (VER. 7)	24 - 25
MESSERGEBNISSE	26 - 27
BELPREP-SERIE: ENTGASER FÜR PROBENVORBEREITUNG	28
BELCRYO: KRYOGENE TEMPERATUR-KONTROLLEINHEIT	29
DYNAMISCHE GASFLUSS-METHODE	30
BELSORP MRI	31
ANWENDUNGEN	32
VERGLEICH DER MESSMETHODEN	33
TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN	34 - 35



1974

MICROTRAC bringt den ersten kommerziellen Laserbeuger auf den Markt, MICROTRAC Modell 7991.

1987

Entwicklung des Hochpräzisions-Gasadsorptions-systems **BELSORP 28** von MicrotracBEL.

1998

Retsch Technology entwickelt den **CAMSIZER** mit patentiertem Zwei-Kamera-System.

2003

Start des **BELCAT**-Systems für Katalysator-Evaluierung von MicrotracBEL.

2007

Debüt des MICROTRAC **Bluewave**-Laserbeugers mit echten blauen Lasern für höchste Auflösung und Empfindlichkeit.

2011

Retsch Technology führt den **CAMSIZER XT** mit optionalen Modulen für die Trocken- und Nassmessung ein.

2013

MicrotracBEL stellt das Multiproben-BET-Oberflächen-messsystem **BELSORP MR6** vor.

2018

Markteinführung des MICROTRAC **SYNC**: Laserbeugung & dynamische Bildanalyse gleichzeitig in einem kompakten Gerät.

2020

Retsch Technology, MICROTRAC & MicrotracBEL verschmelzen unter dem Dach von Verder Scientific zu MICROTRAC.

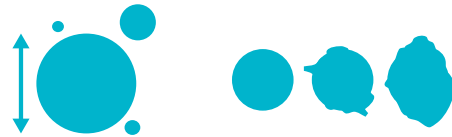
2023

Formulation, ein anerkannter Innovator für Stabilitäts- und Dispersitätsanalyse, wird in Microtrac integriert.

Drei Kompetenzzentren

MICROTRAC: LÖSUNGEN FÜR DIE PARTIKELCHARAKTERISIERUNG AUS EINER HAND

GRÖSSE UND -FORM FÜR DIE PARTIKELANALYSE



Verteilung von Partikelgröße

Form

Unser Fachwissen auf dem Gebiet der Partikelgrößenverteilung und Formanalyse gewährleistet eine optimale Kontrolle der Produktqualität und unterstützt fortschrittliche Forschungsvorhaben. Das Herzstück unserer Technologie ist **die dynamische Bildanalyse (DIA) der Camsizer-Geräte**, und eine Kombination aus **Laserbeugung (LD) und dynamischer Bildanalyse, die auf den SYNC-Systemen** verwendet wird. Diese beiden Technologien decken alle Ihre Anforderungen an die Partikelgrößenanalyse im Bereich von 10 nm bis 135 mm ab, sowohl für trockene als auch für nasse Proben. Unsere einzigartige Größen- und Formanalyse nutzt fortschrittliche Lichtstreuung, modernste Kameras und hochentwickelte Berechnungssoftware, um eine hervorragende Genauigkeit und Wiederholbarkeit zu gewährleisten.

CHARAKTERISIERUNG VON KOLLOIDEN UND FORMULIERUNGEN



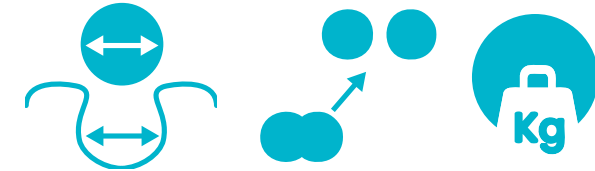
Partikelgröße

Zetapotenzial

Stabilität & Haltbarkeit

Bei der Arbeit mit Kolloiden oder Formulierungen sind die wichtigsten zu berücksichtigenden Parameter **Partikelgröße, Zeta Potenzial, Stabilität und Haltbarkeit**. Bei MICROTRAC erfüllen wir all diese Anforderungen mit unseren umfassenden Technologieplattformen: **NANOTRAC, STABINO und TURBISCAN**. Unsere Lösungen analysieren diese kritischen Faktoren, um eine schnelle F&E und Qualitätskontrolle für höchste Produktqualität zu gewährleisten. Durch die Verwendung von **dynamischer Lichtstreuung (DLS), statischer Mehrfachlichtstreuung (SMLS) und Zeta Potenzial (ZP)** bieten unsere Systeme einzigartige Funktionen wie Analyse in Originalkonzentration, hohe Genauigkeit und schnelle Messung, sodass Sie schnelle Entscheidungen auf der Grundlage zuverlässiger Daten treffen können.

GAS ADSORPTION FÜR DIE MATERIALCHARAKTERISIERUNG



Oberfläche & Porengröße

Katalyse

Dichte

Wir bieten fortschrittliche Lösungen für die Messung der spezifischen Oberfläche, der Porosität und der katalytischen Eigenschaften von Materialien. Die MICROTRAC-Analysatoren, die für ihre Präzision bei **Gas- und Dampfadsorptionsmessungen**, bekannt sind, bestimmen die BET-Oberfläche und die Porengrößenverteilung sowohl für poröse als auch für nicht poröse Materialien. Diese Analysatoren verwenden modernste Gasadsorptionstechnologie und werden in verschiedenen Bereichen eingesetzt, darunter Forschung und Entwicklung, Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung. Diese Geräte genießen weltweites Vertrauen und spiegeln die renommierte Qualität japanischer Ingenieurskunst wider, die von unseren Kompetenzzentren in Japan (Osaka), Deutschland (Haan), USA (Newtown, PA) und Frankreich (TOULOUSE) umfassend unterstützt wird. Die **BELSORP** und **BELPORE**-Analysatoren sind unerlässlich für eine genaue Gas- und Dampfadsorptionsanalyse.

MEHR ALS 30 JAHRE

DIE GESCHICHTE DER BELSORP-SERIE

1991



| BELSORP 28 SA

Japans 2. Generation
automatischer
Gasadsorptionssysteme

2001



| BELSORP MINI & MINI II

3. Generation: 1. Modell
mit Advanced Free Space
Measurement (AFSM™)

2006



| BELSORP MAX

Weltweit 1. Modell mit 0,1
Torr Drucksensoren zur
Mikroporen-Untersuchung

2016



| BELSORP MAX II

4. Generation: 1. Modell mit
der Funktion Gas Dosing
Optimization (GDO)

VERDER
scientific

2019

| AKQUISITION

MicrotracBEL, MICROTRAC
Inc. und Retsch Technology
werden Teil von Verder
Scientific

2023



| BELSORP MAX X

Veröffentlichung eines High-End
Gas-/Dampfsorptionsanalysators
mit kleinstem Platzbedarf

1987



| BELSORP 28

Japans 1. Generation autom.
Gasadsorptionssysteme für
BET, PSD, etc.

1995



| BELSORP 18

Weltweit 1. Dampf-
adsorptionssystem mit
volumetrischen Messprinzip

2003



| BELSORP AQUA 3

Hochpräzise
Dampfsorptionsmessung
von drei Proben gleichzeitig

2013



| BELSORP MR SERIES

Gasadsorptionsmessung
basierend auf dynamischer
Gasfluss-Methode

2018



| BELSORP MINI X

Weltweit kleinstes
und leichtestes
Gasadsorptionsgerät

2020

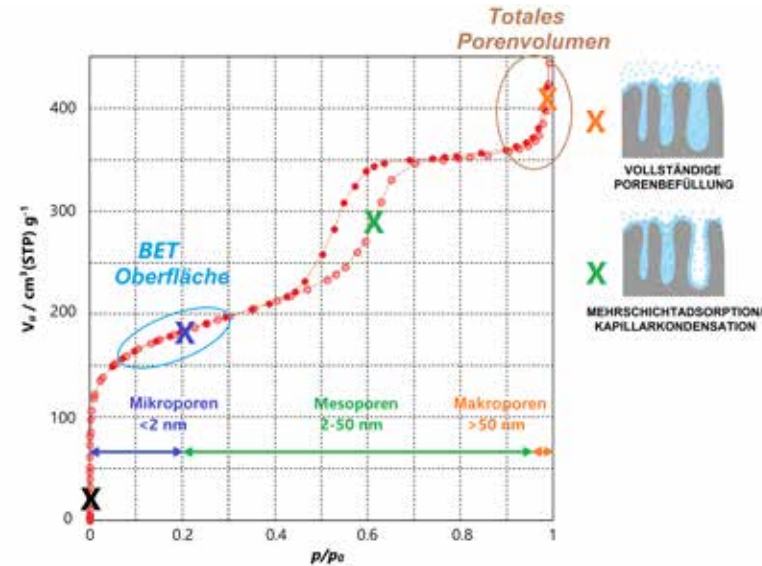


| BELSORP MAX G

Kompaktes Gas-
adsorptionsgerät geeignet
zur Mikroporenanalyse

PRINZIPIEN DER ADSORPTION

DIE ADSORPTIONS- ISTOHERME – GRUNDLAGEN



Die Adsorptionsisotherme ist definiert als das Verhältnis zwischen der adsorbierten Menge (Adsorbat) und dem Gleichgewichtsdruck eines Gases oder Dampfes bei einer konstanten Temperatur. Die adsorbierte Menge wird auf der vertikalen Achse dargestellt und auf die Masse des Adsorbens bezogen, während der Druck auf der horizontalen Achse üblicherweise als Relativdruck p/p_0 (Gleichgewichtsdruck bezogen auf den Sättigungsdampfdruck) angegeben wird. Der Druck reicht somit von "0 bis 1", wobei "0" den Zustand vor der Adsorption (d.h. nach der Vorbehandlung)

und "1" nach dem Füllen aller Poren beschreibt. Durch die Messung von Adsorptionsisothermen, wie z. B. N_2 bei 77 K und Ar bei 87 K, wird die spezifische Oberfläche nach der BET-Theorie im Bereich von p/p_0 0,05 bis 0,30 berechnet. Dies kann für mikroporöse Materialien auf Werte unter $p/p_0 = 0,05$ erweitert werden. Auch Porengrößenverteilungen können aus der Sorptionsisotherme berechnet werden, wobei abhängig von Auswerteverfahren und Relativdruckbereichen unterschiedliche Porengrößen bestimmt werden können. Mikroporen (≤ 2 nm) werden im Rel-

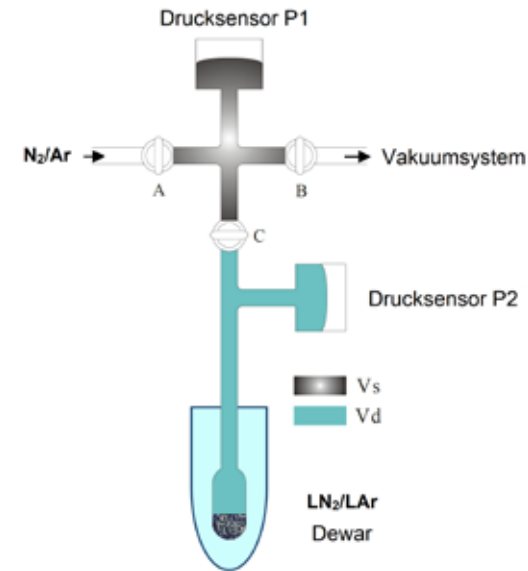
ativdruckbereich bis 0,20 und Mesoporen (2-50 nm) im p/p_0 von 0,20 - 0,97 charakterisiert. Makroporen (≥ 50 nm) wertet man ab p/p_0 von 0,97 aus. Neue Methoden wie NLDFT & GCMC – basierend auf statistischen, thermodynamischen Modellen – ermöglichen es den gesamten Porengrößenbereich mit einer einzigen Theorie zu analysieren. Die obige Abbildung zeigt die N_2 -Sorptionsisotherme (77 K) eines mesoporösen Silica (SBA-15). Die signifikante Steigerungen der Adsorptionsmenge bei p/p_0 von 0 - 0,05 und 0,40 - 0,70 weisen auf das Vorhandensein von Mikro- und Mesoporen hin.

PRINZIPIEN DER ADSORPTION

VOLUMETRISCHE (MANOMETRISCHE) METHODE

Die genaue Messung einer Adsorptionsisotherme ist essentiell für die Bestimmung der spezifischen Oberfläche, Porengrößenverteilung, Porenvolumens, der Adsorptionsrate und der Oberflächeneigenschaften von verschiedenen nicht-porösen und porösen Materialien. Gasadsorptionsmethoden werden unterteilt in volumetrische, gravimetrische, dynamische und Pulsadsorptions-Methoden. Geräte basierend auf der volumetrischen Methode, welches die gängigste Methode zur Adsorptionsanalyse ist, müssen mit einer Adsorbatgas-Dosage-Einheit, Drucksensoren (P1,

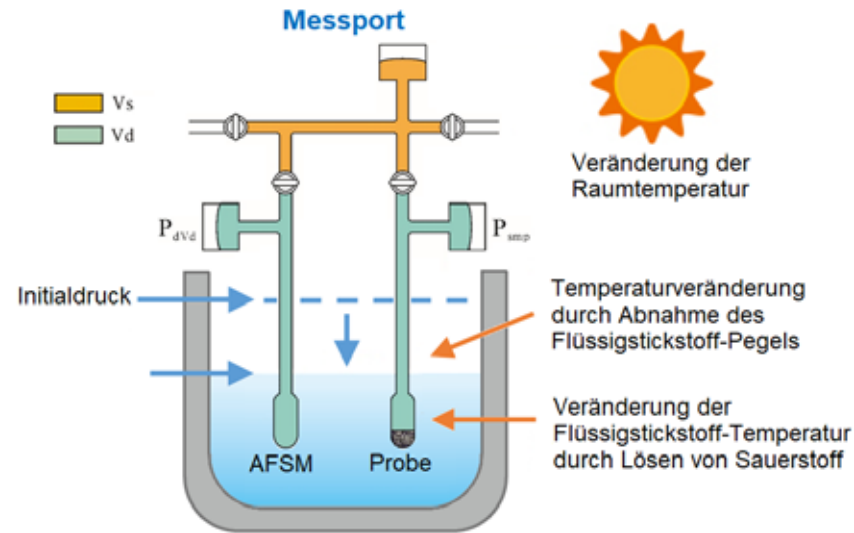
P2), Ventilen und einer Vakuumpumpe ausgestattet sein. Zunächst wird die Probe in die Probenzelle gefüllt und bei geeigneter Temperatur (Wärme und Vakuum) vorbehandelt. Falls extern vorbehandelt, wird die Probenzelle an den Messport überführt und das System evakuiert. Um eine konstante, kryogene Temperatur zu gewährleisten, wird z. B. flüssiger Stickstoff oder flüssiges Argon in einem Dewar-Gefäß verwendet. Im volumetrischen System wird die adsorbierte Menge aus der Druckänderung vor und nach der Adsorption auf Basis des nicht-idealen Gasgesetzes



berechnet. Eine bestimmte Gasmenge mit Druck (p_i) wird in das Manifold mit bekanntem Volumen (V_g) dosiert. Das Ventil C zum Probenanschluss wird geöffnet und der Druck (p_e) nach Erreichen des Gleichgewichts gemessen. Aus der Druckdifferenz zwischen p_i und p_e und dem Totvolumen (V_d) kann das adsorbierte Volumen berechnet werden. Dieser Vorgang wird bei verschiedenen Drücken wiederholt, so dass man eine Adsorptionsisotherme erhält. Für jeden Messpunkt muss das Totvolumen berücksichtigt werden, bestimmbar durch unsere patentierte AFSM™-Technologie.

PRINZIPIEN DER ADSORPTION

ADVANCED FREE SPACE MEASUREMENT METHOD: AFSM™



Bei der Messung der Adsorptionsisotherme ist es nicht nur notwendig, die genaue Adsorptionsmenge zu bestimmen, sondern auch eine schnelle und hohe Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Die Messung der kleinsten Änderungen im Totvolumen (V_d) durch Kältemittelverdampfung ist besonders bei kleinen spezifischen Oberflächen wichtig. Die patentierte AFSM™-Methode (Advanced Free Space Measurement) von MICROTRAC ermöglicht genaue und schnelle Messungen mit der höchsten Reproduzierbarkeit. Das Totvolumen in der Messzelle ändert sich

sukzessive mit dem Füllstand des Kältemittels. Bei konventionellen Methoden wird das Totvolumen bei Messbeginn bestimmt und die Füllstandsänderungen z. B. mit einem Aufzug kompensiert. Schwankungen des Kältemittelstands (durch schrittweise Bewegung des Aufzuges), Lösen von Sauerstoff im Kältemittel und Änderungen der Raumtemperatur und des Umgebungsdrucks während der Messung können so nicht berücksichtigt werden. Somit kann die adsorbierte Menge nicht genau bestimmt werden. Unsere patentierte AFSM™-Methode misst hingegen kontinuier-

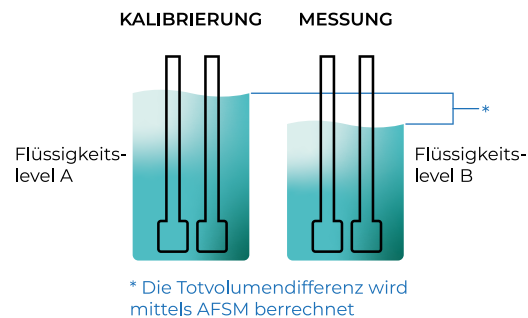
lich das Totvolumen über die gesamte Messdauer. Dabei wird V_d zu Messbeginn sowohl in der Probenzelle als auch in einer Referenzzelle gleichzeitig bestimmt. Da die Änderung des Totvolumens in der Proben- und der Referenzzelle gleich ist, wird die Veränderung stetig durch die Referenzzelle verfolgt. Daher ermöglicht unsere AFSM™ die Berechnung des adsorbierten Volumens an jedem beliebigen Punkt, ohne dass der Flüssigkeitsstand des Kältemittels konstant gehalten werden muss. Zudem werden sämtliche Änderungen der Umgebungsbedingungen berücksichtigt.

PRINZIPIEN DER ADSORPTION

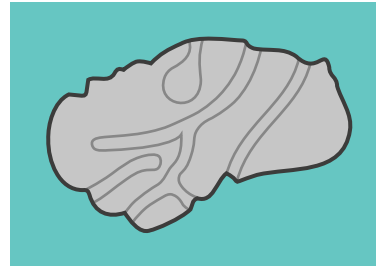
AFSM™ VERSION 2: NEU & EFFIZIENT

Heliumfreie Kurzzeitmessung
Messverfahren zur Bestimmung des Totvolumens verwenden häufig berechnete Werte des Totvolumens sowohl bei Raumtemperatur als auch bei Messtemperatur jedes Probenröhrchens und der wahren Dichte der Probe. Bei der neuen Technik AFSM™2 ist zwar der Flüssigkeitsstand bei Kalibrierung und Messung nicht immer gleich (Flüssigkeitsstände A und B in der Abbildung), jedoch ist die Änderung für beide Bedingungen identisch. Diese neue Methode nutzt die Vorteile einer hochreproduzierbaren AFSM™- und Totvolumenbestimmung,

die ohne He-Gas durchgeführt wird. Dadurch ist es möglich, die höchste Wiederholbarkeit ohne die Notwendigkeit von He-Gas zu erreichen.



Adsorption Definitions



Absolute



Excess



Net

Features von AFSM™2

- ▶ Herausragende Analyse der adsorbierten Menge mit gleicher Genauigkeit wie mit AFSM™
- ▶ Kein He-Gas erforderlich
- ▶ Eliminierung von He-Adsorption und Ausgasung bei Messungen mikroporöser Materialien
- ▶ Temperaturschwankungen keine Auswirkung auf Messgenauigkeit
- ▶ Direkte Messung der Nettoadsorption
- ▶ Genaue Auswertung der Speichervolumina

PRINZIPIEN DER ADSORPTION

GAS DOSING OPTIMIZATION (GDO)

Gas Dosing Optimization

Gas Dosing Optimization (Gasdosierungsoptimierung, GDO) ist eine effektive Funktion um mit optimalen Bedingungen zu messen. Hierbei werden zuvor gemessene Adsorptionsisothermen als Vorlage für die Dosageeinstellung verwendet. Bei Verwendung von GDO kann die zu messende Isotherme durch Hinzufügen und Löschen von Messpunkten angepasst werden. Dies optimiert die automatische Bestimmung der einzuleitenden Gasmenge und sorgt für die signifikante Kürzung der Messzeit.

Load an existing Isotherm

Display of expected Isotherm

Input of measurement range

Rückführventilsteuerung für Gasdosierung

Durch die Erkennung der Gasdosierungsrate und der Installationsumgebung (Sekundärdruck der Gasflaschen; He, N₂, etc.) ist es nun möglich die Messzeiten durch eine gerätespezifische, optimale Ventilsteuerung signifikant zu reduzieren.

Verkürzung der Messzeit durch GDO

	Einfach	GDO	Verkürzung
Mesoporös	34 Std.	19 Std.	44%
Mikroporös	46 Std.	20 Std.	57%

Zusammenfassung der BELSORP-Features

- ▶ Präzise Messung der Adsorptionsisotherme durch die volumetrische Messmethode
- ▶ Hohe Reproduzierbarkeit & Wiederholbarkeit mit Advanced Free Space Measurement method (AFSM™)
- ▶ Heliumfreie Kurzzeitmessung mit AFSM™2
- ▶ Schnellere Messung durch Adsorbat-Gasdosierungsoptimierung (GDO-Funktion)

BELSORP MINI X

DAS KLEINSTE & LEICHTESTE DER WELT

- | 4 unabhängige Messports und ein spezieller Zugang zur Messung des Sättigungsdampfdrucks
- | Spezifische Drucksensoren für jeden Messport
- | Hochpräzise Messung mit AFSM™
- | Quick BET-Modus für hohen Durchsatz
- | Gleichzeitige Steuerung von bis zu 20 Messports über Multi-Device-Steuerung (5 Messgeräte)
- | IoT: Prozessüberwachung über E-Mail-Benachrichtigungssystem
- | Gasadsorptionsisotherme & NET-Adsorptionsmessung durch AFSM™2 ohne die Verwendung von He-Gas
- | Optionale Mikroporenanalyse via Molecular Probe-Methode
- | Optionale FDA 21 CFR Part 11-Konformität



Features des BELSORP MINI X

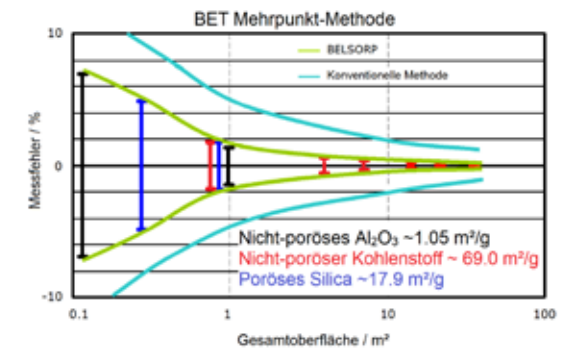
- ▶ Das **BELSORP MINI X** ist erhältlich als Modell mit 3 oder 4 Ports
- ▶ Bereich der spezifischen Oberfläche:
| 0,01 m²/g oder mehr (N₂)
- ▶ Bereich der Porengrößenverteilung:
| 0,7 bis 500 nm (opt. ~0.35 nm)
- ▶ Verfügbarkeit von 3 Messmodi:
 - | Hochpräzisionsmodus für F&E
 - | Quick BET-Modus für Qualitätskontrolle
 - | Mehrprobenmodus und GDO für hohen Probendurchsatz



BELSORP MINI X von MICROTRAC weist herausragende Eigenschaften auf, die zur höchsten Wiederholbarkeit bei deutlich reduzierter Messzeit führen. Das Gerät ist mit bis zu 4 Messports und neuen Funktionen für hohen Durchsatz, einschließlich Multi-Device-Steuerung, ausgestattet. Ausgerüstet mit Drucksensoren an jedem Messport und einem Anschluss für den Sättigungsdampfdruck, ermöglicht es völlig unabhängige, simultane Messungen. Darüber hinaus verbessert die neue Messsoftware die Produktivität durch die Anzeige des Messfortschritts, das Erfassen

des Wartungszeitpunkts und das Versenden der Messergebnisse per E-Mail. Außerdem ermöglicht die neue Analysesoftware (**BELMASTER 7**) die Charakterisierung einer breiteren Palette von Materialien. Das **BELSORP MINI X** erlaubt die Messung der spezifischen Oberfläche, Porengrößenverteilung und des Gesamtporenvolumens. Darüber hinaus sind alle MICROTRAC Sorptionsgeräte mit einem Diagnosetool für Servicezwecke ausgestattet. Der System Check prüft die Funktionsfähigkeit der Hauptbestandteile und den Gerätestatus. Das Ergebnis wird als Bericht gespeichert, welch-

es Leckgeräten, die Funktionalität einzelner Teile und mehr zusammenfasst.



Hochpräzise Bestimmung von BET-Oberflächen mit BELSORP-Instrumenten

BELSORP MAX G

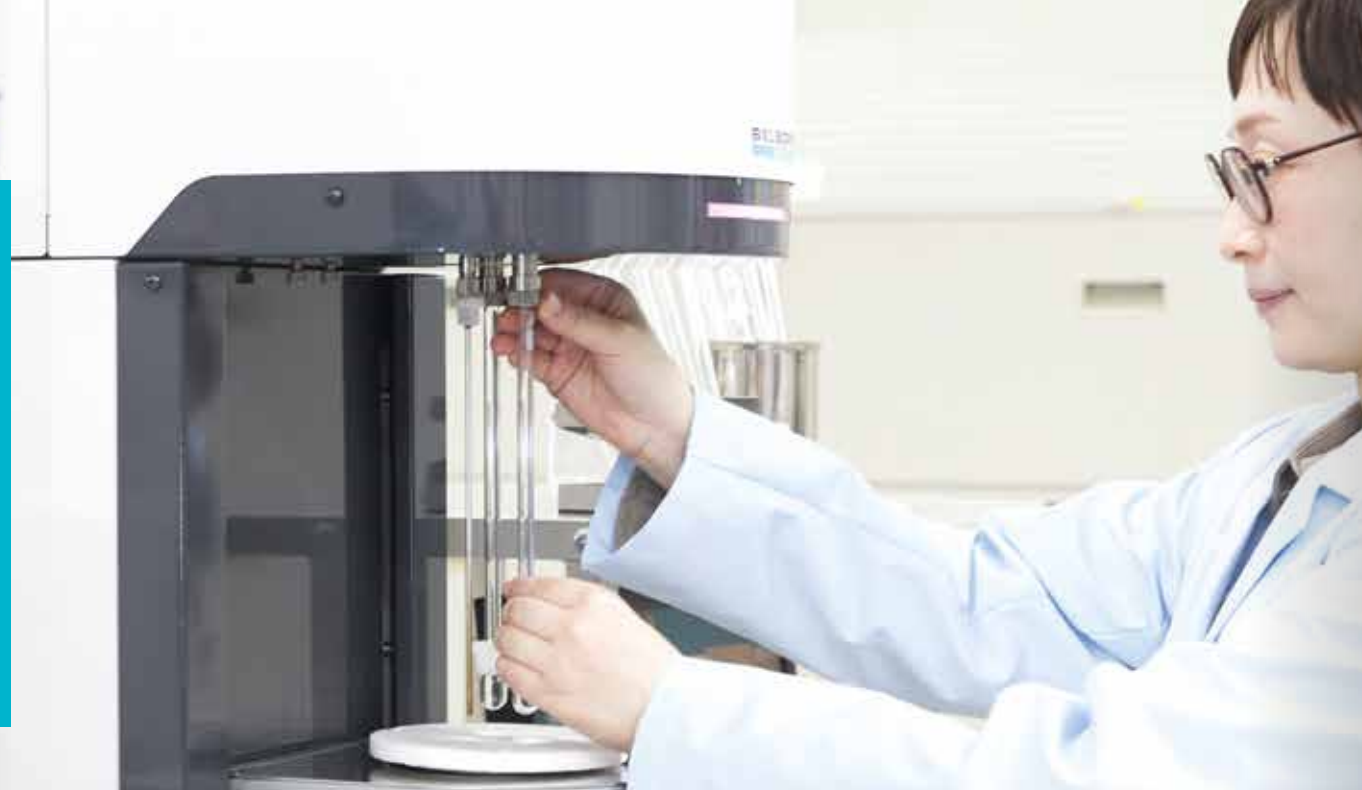
HOCHPRÄZISE GASADSORPTIONS- ISOTHERMEN

- | Hochgradig reproduzierbare Bestimmung der spezifischen BET-Oberfläche & Porengrößenverteilung beginnend bei extrem niedrigem Druck
- | Niedrige spezifische BET-Oberfläche durch Kr-Gas-Messung bei 77,4K
- | Porosität von Mikro- bis Meso- und Makroporen durch Gasadsorptionsmessung von N₂, Ar, CO₂ und mehr
- | Leistungsstarke Analyse der Porengrößenverteilung durch GCMC & NLDFT mit der **BELMASTER**-Software (Ver. 7)
- | Verkürzte Messzeiten für Adsorptionsmesspunkte durch Gas-Dosing-Optimization (GDO)
- | Gas- und NET-Adsorptionsmessung über AFSM™2, ohne Nutzung von He-Gas
- | Optionaler Pirani-Vakuumdrucksensor zur Überwachung des Eingangsdrucks
- | IoT: Prozessüberwachung über E-Mail-Benachrichtigungen



Features des BELSORP MAX G

- ▶ Spezifische Oberfläche & Porengrößenverteilung: Messung von Gasadsorptionsisothermen (N_2 , Ar, und mehr) vom extrem niedrigen Drücken bis zum atmosphärischen Druck
- ▶ Möglichkeit der Ultra-Mikroporen-Auswertung durch CO_2 -Adsorption
- ▶ Bestimmung von niedrigen spezifischen Oberflächen über Kr-Adsorption
- ▶ Analyse von H_2 , CO_2 , O_2 , CH_4 sowie nicht-korrosiven Gasen
- ▶ Messung von Adsorptionsraten





Das **BELSORP MAX G** umfasst eine neue Reihe leistungsstarker, kompakter und ökonomisch vorteilhafter Modelle der **BELSORP MAX-Serie** von MICROTRAC. Seine Besonderheit ist die Messung von Gasadsorptionsisothermen ab extrem niedrigen Drücken zur Auswertung von mikro-, meso- und makroporösen Materialien sowie nicht porösen Materialien. Das Gerät ist mit einem Messport, einem Anschluss für die Sättigungsdampfdruckmessung und einem Anschluss für das Totvolumen ausgestattet. Jeder Anschluss ist verfügt über einen eigenen Drucksensor für hochpräzise Messun-

gen ausgestattet. Die **BELSORP MAX G** Instrumente sind in der Lage, verschiedene Materialien wie Pulvere, Pellets, Formkörper, Substrate und fein dispergierte Proben mit speziellen Probenröhrchen zu messen. Darüber hinaus ist es möglich, ein Probenröhrchen mit einem Außendurchmesser von 9 mm oder mehr an den Messport zu montieren. Das **BELSORP MAX G** unterstützt eine breite Palette von Adsorbaten und Messbedingungen. Entsprechend den Bedürfnissen unserer Kunden werden zwei Modelle mit unterschiedlichen Drucksensoren angeboten:

| BELSORP MAX G LP (Low Pressure)

| BELSORP MAX G MP (Medium Pressure)

	BELSORP MAX G LP	BELSORP MAX G MP
Port 1	133 kPa 1,33 kPa 13,3 kPa	133 kPa 1,33 kPa 13,3 kPa
Port 2	133 kPa	
Port für Sättigungsdampfdruck	133 kPa	
Turbomolekularpumpe		

Ausstattung der **BELSORP MAX G**-Modelle

BELSORP MAX X

HOCHPRÄZISE GAS-& DAMPF- ADSORPTION

- | Kleinste Grundfläche: kompakteres Design, geringeres Gewicht
- | Hohe Reproduzierbarkeit der spezifischen BET-Oberfläche und Porengrößenverteilung
- | Höchster Durchsatz mit simultaner Messung von bis zu 4 Proben
- | Fortschrittliche Totvolumenmessung: AFSM™ und AFSM2™ (heliumfrei)
- | Bewertung der geringen spezifischen Oberfläche durch Kr-Adsorption bei 77,4 K
- | Bewertung von hydrophilem und hydrophobem Material
- | Messung der Adsorptionsrate für verschiedene Gase und Dämpfe
- | Unterstützt eine breite Palette von Gas- / DampfadSORBATEN und Messbedingungen
- | Optionale Chemisorption
- | Misst verschiedene Materialien wie z. B. Formkörper, Pellets und feine Pulver



Der **BELSORP MAX X** ist ein vielseitiges Gerät zur Messung der spezifischen Oberfläche (BET), Porengrößenverteilung, Dampfsorption und Chemisorption. Er ermöglicht eine umfassende Oberflächencharakterisierung, darunter die Bewertung der Hydrophilie / Hydrophobie und Mikroporenanalyse durch Messung der Adsorptionsisothermen bei extrem niedrigen Drücken.

Features sind der beheizte Manifoldblock und Luftbad (50°C, optional 80 °C) für eine konstante Umgebungstemperatur und elektropolierte Gas- / Dampfleitungen zur Vermeidung von Oberflächenbenetzung und Korrosion. Dampfsorptionen können so auf bestmögliche Art durchgeführt werden. Der **BELSORP MAX X** verfügt über pneumatische Ventile zur Minimierung von Leckagen, welche vor allem im Hochvakuum eine besondere Rolle spielen.

Das Instrument ermöglicht die Messung sämtlicher Gas- und Dampfsorbate unter verschiedensten Messbedingungen. Zudem ermöglicht unsere Messsoftware mit der GDO-Funktion (Gas & Vapor Dosing Optimization) die Optimierung der Messbedingungen auf Grundlage zuvor gemessener Adsorptionsisothermen mit deutlich reduzierter Messzeit.



Features des **BELSORP MAX X**

- ▶ Bereich der spezifischen Oberfläche:
 - | 0,01 m²/g oder mehr (N₂)
 - | 0,0005 m²/g oder mehr (Kr)
- ▶ Bereich der Porengrößenverteilung:
 - | 0,35 bis 500 nm
- ▶ Hochgenaue Dampfsorptionsmessung unter strenger Temperaturkontrolle
- ▶ Neueste GCMC- / NLDFT-Methoden bieten höhere Auflösung & präzisere Analyse der Porengrößenverteilung
- ▶ IoT: Messstatus und Ergebnisse können per E-Mail abgerufen werden

BELSORP MAX X

SONDERMODELLE DER BELSORP MAX X-SERIE



BELSORP
MAX X

BELSORP MAX X HT

Der **BELSORP MAX X HT** ist ein Sondermodell, das verschiedene Arten der Dampfadsorption (Wasserdampf, VOCs, etc.) bei höheren Temperaturen ermöglicht. Der Manifoldblock kann auf bis zu 80°C beheizt werden, was einen größeren Anwendungsbereich bei realistischeren Bedingungen ermöglicht, wie z. B.:

- | Zement, Beton und Baumaterialien
- | Wärmetransformation / Kältemaschinen
- | Batterie-Elektroden (LiB)
- | GDL-Brennstoffzellen

BELSORP MAX X HP

Der **BELSORP MAX X HP** ist eine kundenspezifische Lösung, welche die Gasadsorption, BET-Oberfläche, Porengrößenverteilung, Dampfadsorption sowie die Auswertung von Adsorptionsraten bei hohem Druck bis 900 kPa ermöglicht. Zu den potentiellen Anwendungsbereichen zählen unter anderem:

- | Effiziente Nutzung von CO₂
- | Energiespeicher (CH₄ / CH₃C₆H₁₁ / H₂)
- | Wärmepumpen
- | Materialien zur Gasaufbereitung in PSA / TSA

Features der BELSORP MAX X-Sondermodelle

▶ BELSORP MAX X HT

- I Verteilerblock beheizt bis zu 80°C
- I Messung von Dampfadsorptionsisothermen bis 70°C und einem Relativdruck von bis zu 0,95
- I Hochauflösende Isothermen von polaren oder unpolaren organischen Dämpfen

▶ BELSORP MAX X HP

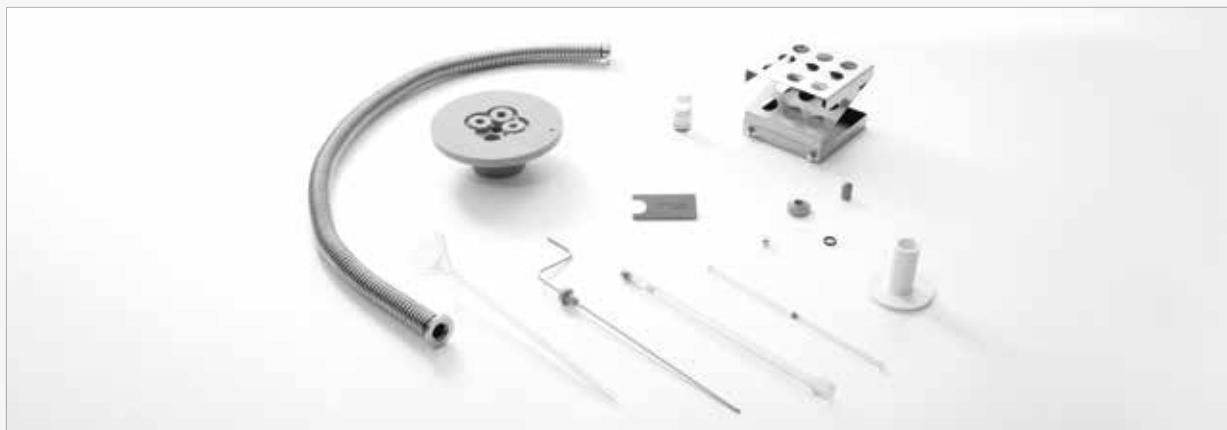
- I Messung von Adsorptionsisothermen verschiedener Gase im Hochdruckbereich (bis zu 900 kPa)
- I Auswertung der Adsorptionsmenge in Bezug auf Nicht-Idealität durch Kompressionsfaktoren
- I Porengrößenverteilungen Ultra-Mikroporen bis Mesoporen durch CO₂ (900 kPa bei 298 K, GCMC)



System	BELSORP MAX X	BELSORP MAX X HT	BELSORP MAX X HP
Messport	Max. 4 Ports	Max. 4 Ports	Maximal 3 Ports; 1 Port für Hochdruck
Messbereich (Dampf-Adsorption)	$P/P_0 = \sim 0,95 @ 40^\circ\text{C}$	$P/P_0 = \sim 0,95 @ 70^\circ\text{C}$	$P/P_0 = \sim 0,95 @ 40^\circ\text{C}$
Messbereich (Hochdruck-Adsorption)	-	-	10 Pa ~ 900 kPa
Drucksensoren 1 Mpa	-	-	1
Drucksensoren 133 kPa	6	6	5
Drucksensoren 1,33 kPa	bis zu 4	4	3
Drucksensoren 13,3 Pa	bis zu 3	-	2
Thermostatische Kammer	50°C	80°C	50°C

BELSORP-SERIE

WEITERE OPTIONEN & ZUBEHÖR



STANDARD-VERBRAUCHSMATERIAL

Unsere Standard-Verbrauchsmaterialien bestehen aus Probenzellen, Füllstäben, Filtern, O-Ringen, Kappen und Einwaagehalterung, die für die Messung von Adsorptionsisothermen benötigt werden. Des Weiteren gehören NSD-Kapseln, Flüssigkeitsreservoir, verschiedene Größen von Probenzellen, Schnellverschlüsse und vieles mehr zu den Verbrauchsgütern.



HEIZGERÄT & KONTROLLEINHEIT

Vorbehandlung der Probe von 50°C bis zu 550°C.



WASSERBAD

Wasserbad zur Messung von Temperaturen im Bereich von -10°C bis 70°C. Zur Verwendung ist ein gekühlter / beheizter Umwälzthermostat erforderlich.



ZUBEHÖR FÜR DIE DAMPSORPTION

Dies umfasst ein abnehmbares Luftbad, ein Glasgefäß für Flüssigkeiten, eine Referenzprobe für Dampfsorption und ein Dewar für die Entgasung von Flüssigkeiten.



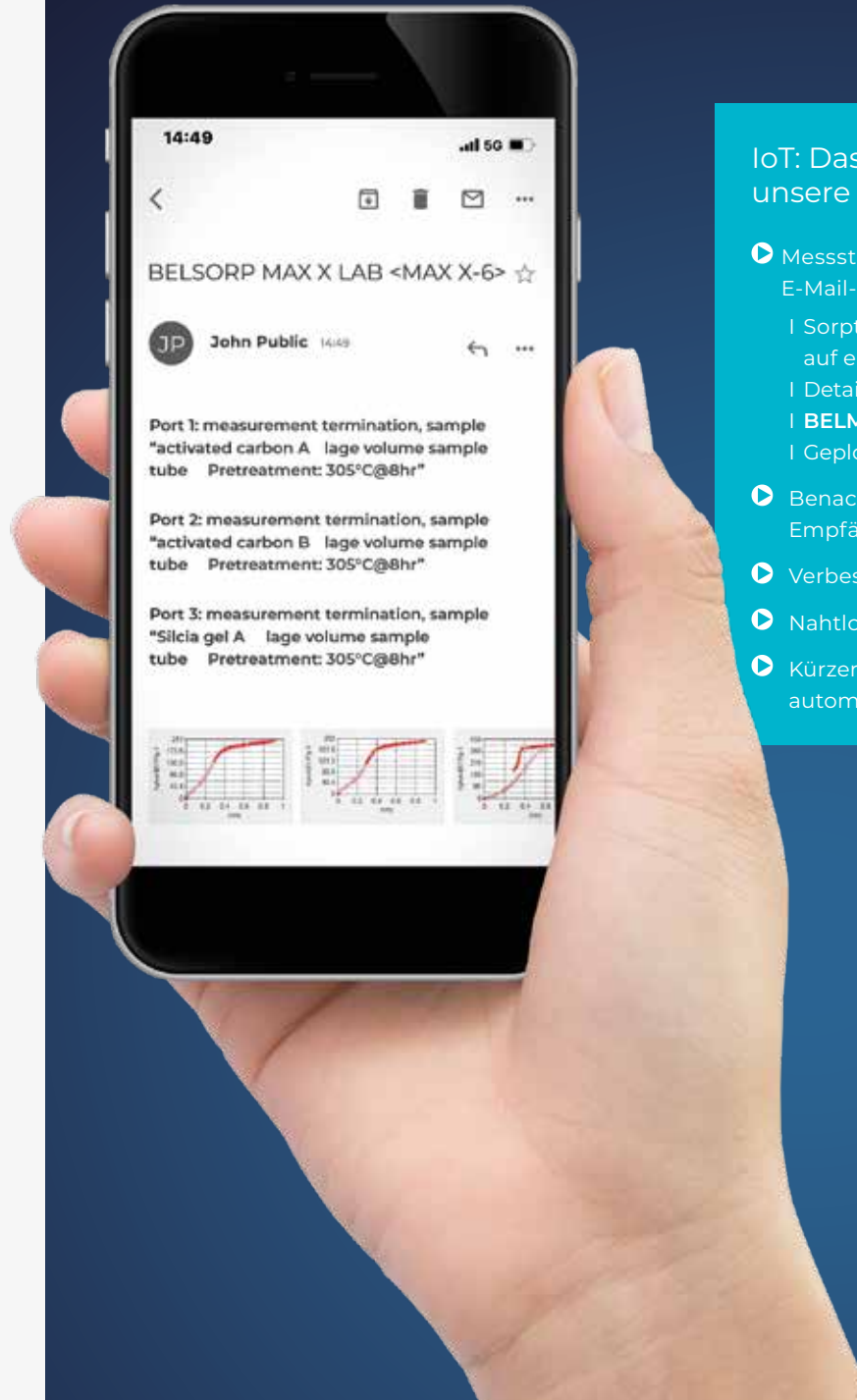
GAS-SELEKTOREN

| Bis zu 12 Gase (abhängig vom Modell) können mit externen Gaswählern montiert werden, um verschiedene Arten von Adsorbaten unterzubringen.



SCHUTZABDECKUNG

| Die Schutzabdeckung für die BELSORP-Serie erhöht die ohnehin schon hohe Sicherheit bei Messungen.



IoT: Das Internet der Dinge für unsere **BELSORP**-Produktlinie

- ▶ Messstatus und -ergebnisse bequem als E-Mail-Benachrichtigung erhalten
 - | Sorptionsisothermen aller Anschlüsse auf einen Blick
 - | Detaillierte Probeninformationen
 - | **BELMASTER** (Ver. 7)-Messdateien
 - | Geplottete Graphen
- ▶ Benachrichtigungen für mehrere Empfänger gleichzeitig
- ▶ Verbesserung der Arbeitsproduktivität
- ▶ Nahtloser Messablauf
- ▶ Kürzere Fehlersuche durch automatische Benachrichtigungen

BELSORP-SERIE

BELCONTROL- MESSSOFTWARE

Bei der Messsoftware wurde der Benutzerfreundlichkeit höchste Priorität eingeräumt, mit zahlreichen Funktionen zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität. Sie führt den Nutzer Schritt für Schritt durch verschiedene Vorgänge, wie z. B. bei Messdurchführung, Austausch von Gaszylindern, Spülen des Verteilers und Entgasen von flüssigen Adsorptionsmitteln. Diese einfache Handhabung macht das Gerät auch für unerfahrene Anwender zugänglich. Für die Messbedingungen werden zwei auf Nutzererfahrung optimierte Möglichkeiten angeboten. Zum einen ermöglicht die "automatische

Einstellung" eine einfache Bedienung durch Eingabe der Probeninformationen, Auswahl der Vorbehandlungsbedingungen (überspringbar, wenn extern durchgeführt) und der Messpunkte / des Messbereichs. Dies ist ideal für die Messung unbekannter Proben oder Umsetzung durch unerfahrene Nutzer. Liegt eine frühere Messung mit vergleichbarem Sorptionsverhalten vor, kann die Messzeit mittels GDO-Funktion verkürzt werden. Zum anderen bietet die "Erweiterte Einstellung" detaillierte Konfigurationsmöglichkeiten zur Steuerung von Dosiermengen und Gleichgewichtskrit-

erien, um die Messbedingungen manuell zu optimieren. Die neue Benachrichtigungsfunktion sendet automatisch Messstatus sowie Ergebnisse per E-Mail. Mit diesem Feature ist eine einfache und zuverlässige Überwachung gewährleistet. Unsere Geräte sind mit dem System Check, einem diagnostischen Service-tool, ausgestattet. Dieser ermöglicht den Funktionsnachweis der wichtigsten Bauteile sowie des Gerätestatus. Das Ergebnis wird in einem Bericht gespeichert, der die Leckage und die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Teile zusammenfasst.





| Steuerung von bis zu 5 Geräten / 20 Messports mit einem einzigen PC

High Precision-Modus

Für hochpräzise Messungen wird am Referenzanschluss mit AFSM™ die Totvolumenänderung in der Probe gemessen. Die verbleibenden Ports dienen der Messung der Adsorptions- und Desorptionsisothermen, während ein spezieller Port den gesättigten Dampfdruck ständig überwacht.

| Auflösung: 0,01 m²

| Reproduzierbarkeit:

Gesamtoberfläche 1,0 m² → ± 1,2%*

Gesamtoberfläche 10 m² → ± 0,4%

Multi-Sample-Modus

Dieser Modus ermöglicht die Messung von Adsorptions- und Desorptionsisothermen mit bis zu vier Proben, während der gesättigte Dampfdruck konstant an dem dafür vorgesehenen Anschluss gemessen wird. Die Totvolumenänderung wird automatisch aus der zuvor gespeicherten Datei zum Totvolumen (*dvd*) berechnet.

| Auflösung: 0,01 m²

| Reproduzierbarkeit:

Gesamtoberfläche 10 m² → ± 0,5%

Features der Messsoftware

- ▶ Die **BELCONTROL**-Software wird mit den Geräten **BELSORP MINI X**, **MAX G**, und **MAX X** verwendet
- ▶ Automatisierte und manuelle Einstellungsmöglichkeiten zur Optimierung nach Benutzererfahrung
- ▶ Es stehen 3 Messmodi zur Verfügung:
 - | High Precision-Modus für F&E
 - | Multi Sample-Modus für hohen Durchsatz
 - | Quick BET-Modus für die Qualitätskontrolle

Quick BET-Modus

Zur Maximierung des Probendurchsatzes kann der Quick BET Mode verwendet werden. In diesem Modus ist es möglich, drei BET-Adsorptionspunkte für vier Proben in ca. 15 Minuten zu messen.

* Die Gesamtoberfläche (m²) ist das Produkt aus der spezifischen Oberfläche (m²/g) sowie der Probenmasse.

BELMASTER (VER. 7)

LEISTUNGSSTARKE & EFFIZIENTE SOFTWARE

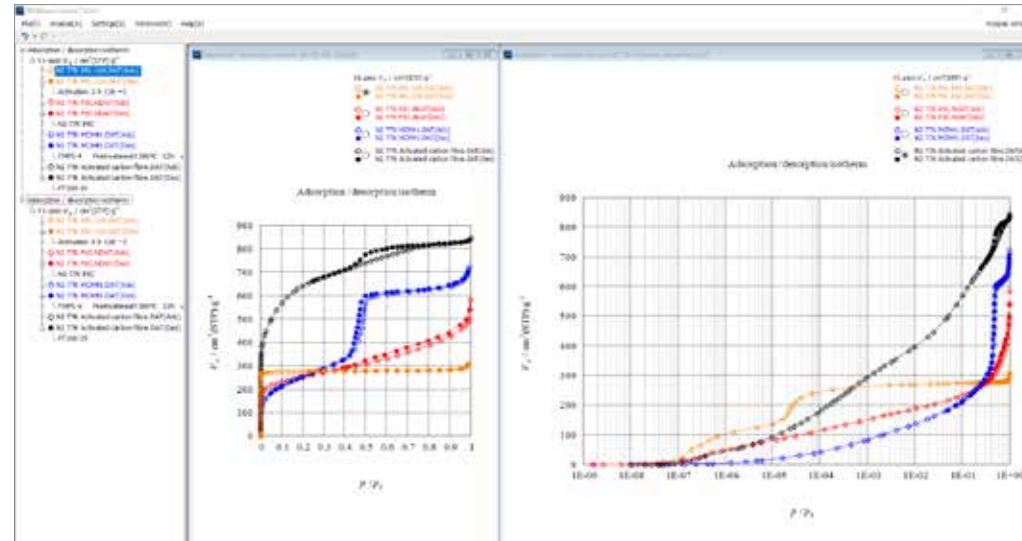
- | Analysedaten und -ergebnisse können per Drag & Drop gespeichert werden (Excel-Format)
- | Einfache Änderung von Diagrammüberschreibung, X-Y-Achsenkalierung, Einheitenumrechnung, Punktmarkierungen und Farbe
- | Das Ergebnisfenster kann für weitere Analysen nach einem Computerneustart gespeichert werden
- | Nützliche Einstellungen für gleichartige Routineanalysen
- | Registrierung benutzerdefinierter Daten als Standard-Referenzisothermen in Porenprofilanalysen, t-Plot und $\alpha\text{-s}$
- | Verbesserte Sichtbarkeit für verschiedene Analysen durch individuelle Farbcodierung



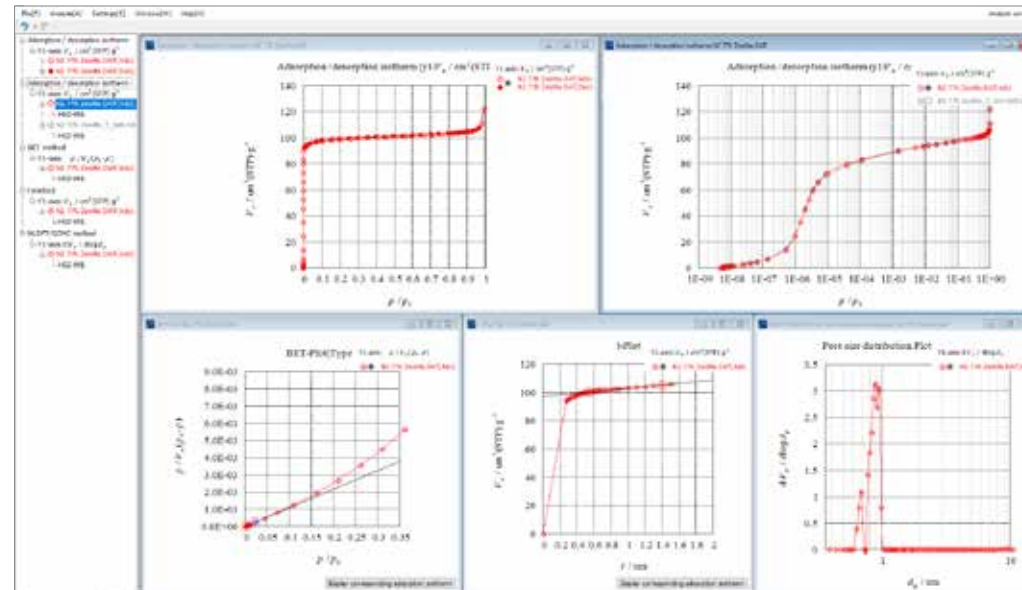
Die Auswertungssoftware **BELMASTER** (Ver. 7) bietet sowohl grundlegende als auch fortgeschrittene analytische Theorien und somit die umfassendste Probencharakterisierung.

- | Adsorptions-Desorptions-Isotherme / PCT-Kurve
- | BET-spezifische Oberfläche, inkl. ISO9277 / Rouquerol-Plot für Typ-I-Isothermen
- | Spezifische Oberfläche nach Langmuir und Freundlich
- | INNES, BJH, DH & CI-Methode (Mesoporen)
- | HK-, SF- & CY-Methode (Mikroporenverteilung, nur für **BELSORP MAX-Serie**)
- | t-Plot-Methode (Mikro-/Mesoporenanalyse)
- | α s-Plot-Methode (Mikro-/Mesoporenanalyse)
- | MP-Methode (Mikroporenverteilung)
- | Dubinin-Astakhov & Dubinin-Radushkevich-Methode (Mikroporenvolumen)
- | Isosterische Adsorptionswärme (MAX-Serie)
- | Differentialadsorptionsisotherme
- | Fraktale Dimension
- | Molekulare Sondenmethode (Ultra-Mikroporenanalyse)
- | Optional: Adsorptionsraten (MAX-Serie)
- | Metalldispersion
- | BELSim™: NLDFT / GCMC (ISO15901-2, -3) für Mikro-zu-Makroporen-Verteilung

| Isothermen ab einem relativen Druck von weniger als 10^{-9}

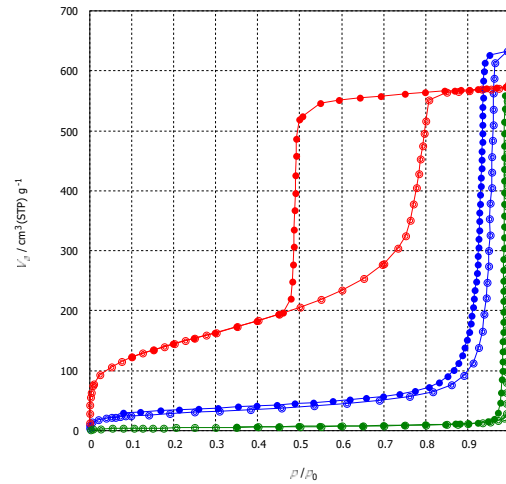


| Analyseergebnisse: Isotherme, BET (nach ISO 9277), t-Plot und Porengrößenverteilung mittels GCMC

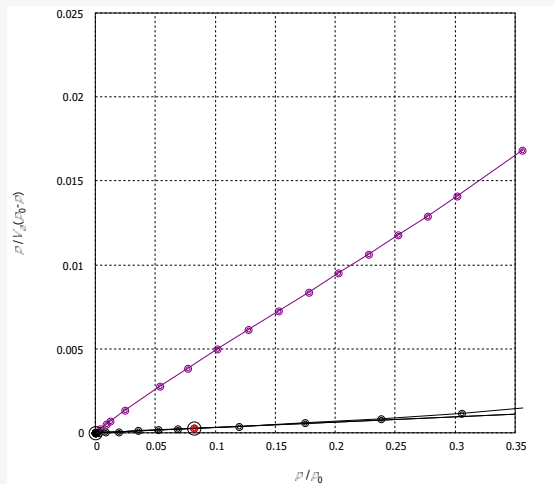


MESSERGEBNISSE

BELSORP MINI X



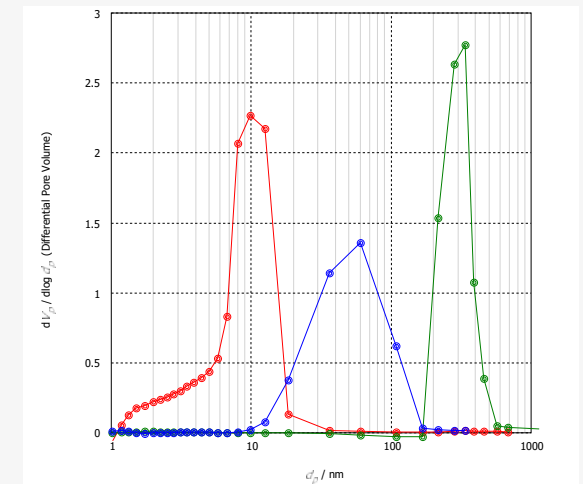
Stickstoff-Sorptionsisothermen von Silika-Materialien bei 77,4 K



BET-Plot: Die spezifische Oberfläche wird üblicherweise mit der BET-Methode (benannt nach Brunauer-Emmett-Teller) für physisorbierte Gase bestimmt. Die Berechnung erfolgt nach ISO 9277

Die klassischen Porengrößenverteilungen (PSD) sind die INNES-Methode (Schlitzform) sowie die Methoden BJH, DH und CI (Zylinderform), welche die Mesoporen basierend auf der Kapillarkondensationstheorie auswerten. Die Methoden HK (Schlitz), SF (Zylinder) und CY (Käfig) dienen der Auswertung von Mikroporen auf Basis der Adsorptionstheorie. Die DA- und DR-Methode werden ebenso zur Berechnung von Porenvolumen und -verteilung verwendet. Neue PSD-Methoden wie NLDFT und GCMC werden nachfolgend ausführlich beschrieben (ISO 15901-2).

Die Adsorptionsisotherme beschreibt die adsorbierte Menge auf dem Adsorptionsmittel als Funktion vom Gleichgewichtsdruck eines Gases / Dampfes bei konstanter Temperatur. Die adsorbierte Menge wird auf der vertikalen Achse dargestellt und ist i. d. R. auf die Masse des Adsorptionsmittels bezogen, während die horizontale Achse den relativen Druck (p/p_0 ; p = Gleichgewichtsdruck und p_0 = Sättigungsdampfdruck) darstellt. Im Allgemeinen liefert die Sorptionsisotherme Informationen über die spezifische Oberfläche, die Porengrößenverteilung und das Porenvolumen.

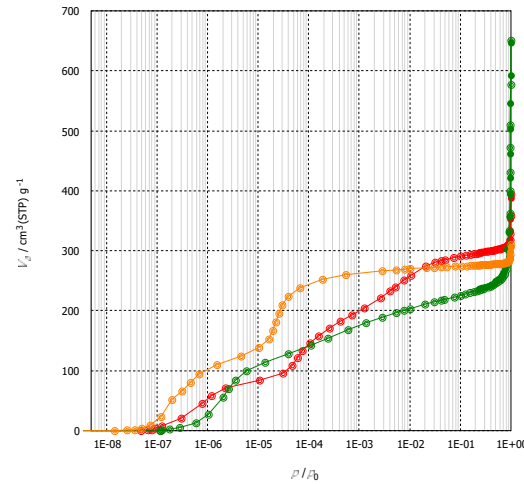


Klassische BJH-Porengrößenverteilungen von Silika-Materialien basierend auf Stickstoff-Adsorptionsisothermen bei 77,4 K

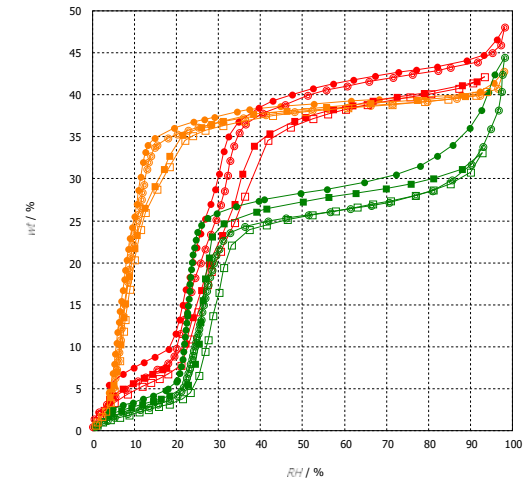
MESSERGEBNISSE

BELSORP MAX G

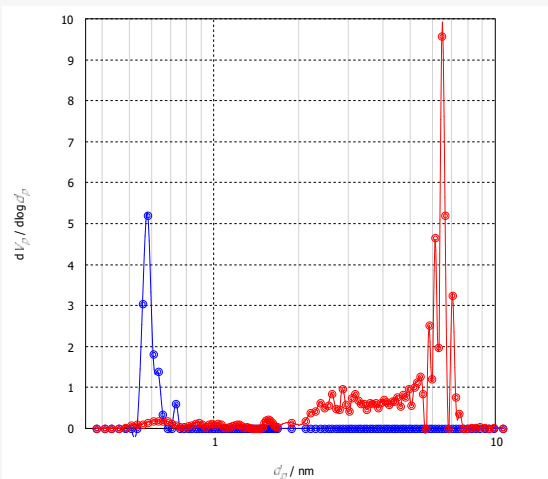
BELSORP MAX X



Stickstoff-Sorptionsmessungen der drei metall-organischen Frameworks (MOFs): Aluminium-Fumarat (grün), UiO-66 (rot) und MIL-160 (orange) bei 77,4 K



Wasserdampfsorptionsmessungen der drei metallorganischen Frameworks (MOFs) bei verschiedenen Temperaturen: Aluminium-Fumarat (grün), UiO-66 (rot) und MIL-160 (orange)



GCMC-Porengrößenverteilungen von SBA-16 (rot) und MS-5A (blau) basierend auf Argon-Adsorptionsisothermen bei 87,3 K

Computersimulationen zur Auswertung der Porenstruktur, wie die neuartigen NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) und GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), beschreiben Mikro- / Meso- und Makroporen mithilfe einer einheitlichen Theorie. Porengrößenverteilungen, die aus der gleichen Adsorptionsisotherme gewonnen werden, unterscheiden sich zwischen klassischen und neuartigen PSD-Analysen und sogar innerhalb dieser Methoden.

MICROTRAC bietet Auswertemethoden, die einen großen Bereich von Porengrößen und







verschiedenen Adsorbaten abdecken, wie z. B. N_2 (77,4 K), Ar (87,3 K) und CO_2 (298 K). Es verwendet NLDFT / GCMC-Kernel von Schlitz-, Zylinder- und Käfigporenmodellen mit Kohlenstoff- und Metalloxid-Oberflächenatomen, was zu der geeignetsten Beschreibung poröser Materialien führt. Unsere Software **BELMASTER** (Ver. 7) ermöglicht einfache Vergleiche zwischen experimentellen und simulierten Isothermen, wobei die simulierte Isotherme als Basis für die PSD-Berechnung dient. Die Ähnlichkeit zwischen ihnen ist ein Indikator für die korrekte PSD-Berechnung.

BELPREP VAC II & VAC III

PROBEN- VORBEREITUNG



Präzise Adsorptionsmessungen erfordern eine Vorbehandlung des Materials. Diese kann mit der speziellen Heizung eines Adsorptionsgeräts oder extern mit den **BELPREP**-Stationen von MICROTRAC durchgeführt werden. Diese unabhängigen Heiz-Vorbehandlungsgeräte bereiten die Probe für die Analyse in einem Vakuum- oder Inertgasstrom vor. Die Verwendung externer Vorbehandlungsgeräte ermöglichen einen höheren Probendurchsatz, da Vorbehandlung und Messung gleichzeitig durchgeführt werden können. Hierfür bieten wir zwei Modelle an: **BELPREP VAC II & VAC III**.

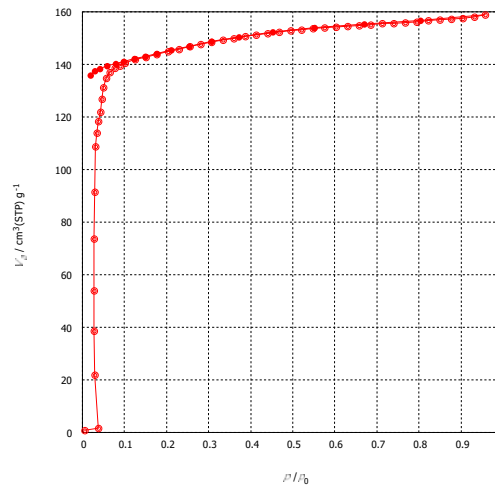
Technische Daten	BELPREP VAC II	BELPREP VAC III
Durchfluss- / Wärmeentgasung	optional	optional
Vakuum- / Wärmeentgasung		
Vorbehandlungsanschlüsse	3	6
Temperaturbereich (Maximum)	430°C	450°C
Temperaturgenauigkeit	±5°C	±5°C
Programmierbare Temperaturkontrolle	 1 Programm aus bis zu 8 Ramp-Soak-Paaren	 8 Programme, jeweils bis zu 32 Segmente (Rampen, Stufen)
Automatische Spülgasstopp-Funktion		-
Automatisches Vakuum-Pumpstand zur Vermeidung von Dispersionen		-
Abmessungen (B x H x T) und Gewicht	321 x 158 x 363 mm, 15 kg	400 x 317 x 383 mm, 15 kg
Spannungsversorgung	AC 100-120 / 200-240 V (50 / 60 Hz) / 10 A	AC 100-120 / 200-240 V (50 / 60 Hz) / 12 A

BELCRYO

KRYOGENE TEMPERATURKONTROLLEINHEIT



Die Temperaturkontrolleinheit **BELCRYO** von MICROTRAC ermöglicht die Auswertung von Materialoberflächeneigenschaften bei kryogenen Leveln ab einer Temperatur von 50 K. Spezielle Applikationen sind Adsorptionmessungen in Kombination mit optischen Methoden, wie etwa XRPD und SAXS. Tatsächlich ist es mit dem **BELCRYO** möglich, die Menge des adsorbierten Gases bei der Temperatur von flüssigem Sauerstoff (90,2 K) zu messen, was bisher als Sicherheitsproblem galt. Das **BELCRYO** ist auch für die Evaluierung von Gasspeichermaterialien verfügbar.



Exemplarische Sauerstoffsorptionsmessung von porösem Koordinationspolymer bei 90,2 K

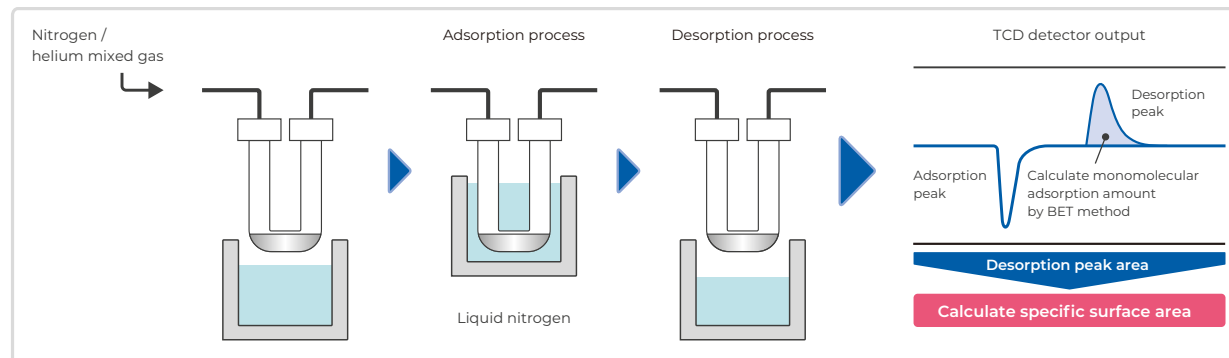
Features des BELCRYO

- ▶ Einstellbare Temperatur von 50 K (kryogen) bis 473 K innerhalb 0,01 K
- ▶ Standard-Zellenvolumen (2 cm³) und kleines Zellenvolumen (0,5 cm³)
- ▶ Ermöglicht automatische Messung in Kombination mit **BELSORP MAX**-Serie
- ▶ Mehrere Probeneinheiten (bis zu 3)
- ▶ Unterstützung von Hochdruckanalysen (0,9 MPa) mit **BELSORP MAX X HP**
- ▶ N₂, CO₂, O₂, H₂, HCs, COs und andere inaktive Gase

PRINZIPIEN DER ADSORPTION

DYNAMISCHE GASFLUSS-METHODE

Bei der dynamischen Gasfluss-Methode wird eine bekannte Konzentration von Adsorbatgas mit Helium als Trägergas bei konstanter Geschwindigkeit über eine Probe geleitet. Diese Konzentration wird als p/p_0 ausgedrückt. Typischerweise werden 30% mit Helium verdünntes Stickstoffgas verwendet ($p/p_0 = 0,30$). Für die Adsorption wird ein Dewar mit flüssigem Stickstoff herangeführt, um das Probengefäß zu kühlen. Stickstoffgas wird von der Probe adsorbiert, die Stickstoffkonzentration im Gasmisch nimmt ab; dies führt zu einem negativen Peak im Detektorsignal (TCD). Ist die Probe gesättigt, kehrt



das Signal zur Grundlinie zurück und der Adsorptionsschritt ist beendet. Anschließend wird der Flüssigstickstoff-Dewar abgesenkt und die Stickstoffmoleküle beginnen zu desorbieren. Damit steigt die Stickstoffkonzentration in der Gasmischung, was zu einem positiven Peak im Detektorsignal führt. Ist die Desorption beendet, kehrt das Signal zur Grundlinie zurück. Durch Integration des positiven Peak-Signals wird die adsorbierte Menge präzise und mit hoher Reproduzierbarkeit bestimmt. Basierend auf der BET-Theorie kann die spezifische Oberfläche aus dem adsorbierten Volumen (bei Monolage) und

der Querschnittsfläche des adsorptiven Gases berechnet werden. Für die Berechnung der Ein-Punkt-BET-Oberfläche wird ein Messpunkt gemessen und in die linearisierte BET-Formel umgewandelt, wobei die Steigung zur Berechnung des Monolage-Volumens genutzt wird ($V_m = 1/s$; Annahme: BET Kurve verläuft durch den Ursprung). Die BET-Oberfläche berechnet sich mithilfe der Monolage V_m wie folgt:

$$S_{BET} = \frac{V_m \times N_A \times A_{CS}}{22414 \text{ ml mol}^{-1} \times W_s}$$

$$\begin{aligned} N_A &= 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ A_{CS} (N_2) &= 0.162 \text{ nm}^2 \\ W_s &= \text{sample mass (g)} \end{aligned}$$

BET-OBERFLÄCHEN-ANALYSATOR

BELSORP MRI

Das **BELSORP MRI** ist ein hocheffizientes, eigenständiges Gerät, das die gleichzeitige Vorbehandlung und Messung von Proben ermöglicht. Die spezifische Oberfläche von Materialien wird nach der BET-Einpunktmethode bestimmt. Durch die hochempfindlichen Messungen mit Wärmeleitfähigkeitsdetektor (TCD), Thermometern & Manometern wird das Messergebnis in ca. 15 Minuten erreicht. Die automatische Dewar-Bewegung, die Kalibrierfunktion und die Bedienung über das Touchpanel machen das **BELSORP MRI** besonders für ungeübte Anwender äußerst benutzerfre-

undlich. Die Ausgabe der Messergebnisse erfolgt als Textdatei, Excel-Tabelle oder gedruckter Bericht (Rich Text).

Hocheffiziente Messung

- | Gleichzeitiges Vorbehandeln und Messen
- | BET-Einzelpunktmessung in ca. 15 Minuten (inklusive Kalibrierung)

Hochgenaue Messung

- | Messbereich ($\sim 0,01 \text{ m}^2/\text{g}$)
- | Hohe Genauigkeit, Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit



- | Benutzerfreundliches Touchpanel
- | Auto Zero-Funktion mit hochempfindlichem Wärmeleitfähigkeitsdetektor
- | Dediziertes Ventil ermöglicht einfache und stabile Kalibrierungen
- | Automatische Messung von Temperatur und Druck für eine präzise Kalibrierung
- | Einfache Handhabung dank automatischem Dewar-Aufzug und Kühlblüfter
- | Messergebnisse und Trenddaten können auf einem USB-Stick gespeichert werden
- | Kompakte Bauweise ohne externen PC

BELSORP-SERIE

ANWENDUNGEN

Das **BELSORP MINI X** wird in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt, z. B. Katalysatoren, All-Solid-State-Batterien und anderen Batterien, Fasern, Polymermaterialien, Chemikalien, Pigmenten, Kosmetika, magnetischen Pulvern, Trennmembranen, Filtern, Tonern, Zement, Keramiken und Halbleitern.

Auch die **BELSORP MAX II** und MAX-Serie wird in einer Vielzahl von Bereichen eingesetzt. Dazu gehören Katalysatoren, Kohlenstoff, Zeolith, MOF / PCP, Batterien, Festkörperbatterien, Fasern, Polymermaterialien, Chemikalien, Pigmente, Kosmetika, Magnetpulver, Trennmembranen, Filter, Toner, Zement, Keramik und Halbleiter.

Die **BELSORP MR-Serie** kommt in Anwendungen wie Katalysatoren, Brennstoffzellen, Batterien, Fasern, Polymermaterialien, Chemikalien, Pigmenten, Kosmetika, Magnetpulvern, Trennmembranen, Filtern, Tonern, Zement, Keramik und Halbleitermaterialien zum Einsatz.

TYPISCHE APPLIKATIONEN



Batterien



Katalysatoren



Zeolith



Keramik



Kohlenstoff



Elektronik



Brennstoffzellen



Toner



Zement



Pharmazeutika



Silikate



MOFs / PCPs



Pigmente



Kosmetik

BELSORP-SERIE

VERGLEICH DER ANALYSE- MÖGLICHKEITEN

	BELSORP MINI X	BELSORP MAX G	BELSORP MAX X	BELSORP MRI
Porengrößenverteilung	+	+	+	-
Mikroporen	+	+	+	-
Mesoporen	+	+	+	-
Makroporen	+	+	+	-
Isotherme	+	+	+	-
Einpunkt-BET	+	+	+	+
Mehrpunkt-BET	+	+	+	-
Dampfadsorption	-	-	+	-
Chemisorption	-	-	+	-
Reindichte	+	+	+	-

+ geeignet
 + in begrenztem Umfang geeignet
 - nicht geeignet

BELSORP-SERIE

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN

BELSORP MR1






System
Messprinzip
Detektor
Adsorptionsgas
Trägergas
Anzahl messbarer Proben
Vorbehandlungstemperatur
Messbereich
Reproduzierbarkeit
Messdauer
Maße (B x H x T) und Gewicht
CE-zertifiziert

BELSORP MR1

Dynamische Gassfluss-Methode (Einpunkt-BET-Methode)
TCD
N ₂ / Kr
He
1
Bis zu 400°C
~0,01 m ² /g oder höher
innerhalb ±1,0%
Ca. 15 Minuten (inkl. Kalibrierung, exkl. Vorbehandlungsdauer)
350 x 553 x 368 mm, 30 kg



System	BELSORP MINI X	BELSORP MAX G	BELSORP MAX X
Messprinzip	Volumetrische Methode + AFSM™ (Advanced Free Space Measurement)		
Adsorptionsgas	N ₂ , Ar, Kr (nur MAX G only), CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , Butan, und weitere nicht-korrosive Gase		N ₂ , Ar, Kr, CO ₂ , H ₂ , O ₂ , CH ₄ , NH ₃ , NO, CO, Butan, und weitere (nicht-)korrosive Gase
Adsorptionsdampf	-		H ₂ O, MeOH, EtOH, C ₆ H ₆ , CCl ₄ , Hexan, und weitere (nicht-)korrosive Gase
Anzahl messbarer Proben (Hochpräzisionsmodus)	Max. 4 Proben simultan (3)	1 Probe	Max. 4 Proben simultan (3)
Spezifische Oberfläche	0,01 m ² /g~ (N ₂), 0,0005m ² /g~ (Kr) (Abhängig von der Probendichte)		
Porengrößenverteilung (ø)	0,7-500 nm ¹	0,35-500 nm	
Niedrigdruckisotherme	P/P ₀ = 10 ⁻⁴ ~ (N ₂ @ 77K, Ar @ 87 K)	P/P ₀ = 10 ⁻⁸ ~ (N ₂ @ 77K, Ar @ 87K)	P/P ₀ ≈ 10 ⁻⁹ ~ (N ₂ @ 77K, Ar @ 87K)
Dampfadsorption	-	-	P/P ₀ = ~ 0.95 @ 40°C
133 kPa (1000 Torr)	6	3	6
Drucksensoren	1,33 kPa (10 Torr)	1	4 (max.)
0,0133 kPa (0,1 Torr)	-	1 ²	3 (max.)
Thermostatischer Luftofen	-	-	50°C
Gas-Ports	2 Ports (max. 5 Ports)	2 Ports (max. 5 Ports)	3 Ports * (optional: max. 6, 9 oder 12 Ports)
CE-Zertifikat			

¹ 0,35 - 500 nm möglich mit der sogenannten Molecular Probe-Methode ² 0,0133 kPa (0,1 Torr) für LP-Modell oder 0,133 kPa (1 Torr) für MP-Modell verfügbar ³ Korrosionsbeständig

MICROTRAC

a **VERDER** company

Microtrac Inc.

3230 N. Susquehanna Trail
York, PA 17406 · USA

Phone: +1 888 643 5880
marketing@microtrac.com

MicrotracBEL Corp.

8-2-52 Nanko Higashi, Suminoe-ku
Osaka 559-0031 · Japan

Phone: +81 6 6655 0360
info@microtrac-bel.com

Microtrac Retsch GmbH

Retsch-Allee 1-5
42781 Haan · Germany

Phone: +49 2104 2333 300
info@microtrac.com

Microtrac Formulaction SAS

5 rue Paule Raymond
31200 Toulouse · France

Phone: +33 (0)5 62 89 29 29
contact.fr@mtf.verder.com

www.microtrac.com

VERDER

Verder setzt sich aus führenden Laborausrüstungsunternehmen zusammen, die in der Probenvorbereitung und -analyse für die Qualitätskontrolle sowie für Forschungs- und Entwicklungszwecke tätig sind.

Als zuverlässiger Lösungsanbieter ermöglicht Verder Scientific Tausenden von Unternehmen, durch die Optimierung ihrer wissenschaftlichen Anwendungen den wirtschaftlichen, technologischen und ökologischen Fortschritt zu sichern. Gemeinsam machen wir die Welt zu einem gesünderen, sichereren und nachhaltigeren Ort.



**ENABLING
PROGRESS**