

SONOPULS

Ultraschallhomogenisatoren

Einsatz und Anwendung

Labor und Verfahrenstechnik



BANDELIN – Ultraschallspezialist im Labor

SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren sind weltweit gefragt und ein Muss für viele Labore.

Der erste SONOPULS Ultraschallhomogenisator aus unserem Hause wurde 1964 verkauft. Fast 60 Jahre Erfahrung – dafür steht BANDELIN.

Schulungen unserer Vertriebspartner und praxisorientierte Seminare mit unseren Anwendern sorgen für einen ständigen Erfahrungsaustausch. Dabei erschließen sich immer neue Anwendungen. Die stetig wachsende Applikationsdatenbank – ein Resultat dieser Zusammenarbeit – bietet dem Neuanwender eine große Unterstützung bei der Geräteauswahl. Wir orientieren uns bei der Weiterentwicklung unserer Homogenisatoren nicht nur an Kundenbedürfnissen von heute, sondern haben auch zukünftige Anforderungen im Blick. Die Funktionalität der Geräte steht hier stets im Vordergrund.

Auf spezielle Kundenwünsche können wir schnell reagieren: Entwicklung und Fertigung unter einem Dach, kurze Entscheidungswege und die Nähe zum Kunden machen dies möglich.

SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren liefern mit gleicher elektrischer Leistung durch optimale Anpassung aller Komponenten höhere Amplituden. Unabhängig von wechselnden Bedingungen in der zu beschallenden Probe, z. B. Viskosität, bleibt die Amplitude konstant. Damit sind reproduzierbare Ergebnisse garantiert.

BANDELIN ist der einzige Anbieter, bei dem ein Ultraschallgenerator mit Ultraschallwandlern verschiedener Leistungen kombiniert werden kann. So ist bei einem Upgrade vom Labormaßstab zum Technikum hin nicht die Anschaffung eines kompletten Neugeräts erforderlich.

Alle Sonotroden und Boosterhörner sind mit festen Gewindezapfen ausgestattet. Der Vorteil liegt auf der Hand: schnelle und einfache Montage mit dem vorgegebenen Werkzeug – es sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich!

Wollen Sie sich von den Vorteilen eines SONOPULS Ultraschallhomogenisators überzeugen? Gern bieten wir ein Gerät mit passendem Zubehör für eine Teststellung an.



BANDELIN – Ultraschall seit 1955

Unternehmensporträt

Wir – ein Berliner Familienunternehmen in dritter Generation – sind spezialisiert auf die Entwicklung, Herstellung und den Vertrieb von Ultraschallgeräten, entsprechendem Zubehör sowie anwendungsspezifischen Reinigungs- und Desinfektionspräparaten.

Die hohe Fertigungstiefe, eine moderne Produktionsstätte und motivierte Mitarbeiter zeichnen uns aus und sind Garanten für ständig neue Qualitätsprodukte. Unsere Geräte tragen zum Erfolg unserer Kunden in den Bereichen Labor, Medizin, Dental, Pharmazie, Industrie, Handwerk und Service bei.

Bereits im Jahr 1955 wurde in unserem Unternehmen mit der Entwicklung und Fertigung von Hochleistungs-Ultraschallgeräten begonnen. Die ständige Erweiterung der Produktpalette und stark gestiegene Verkaufszahlen führten 1985 zu einer Erweiterung der Fertigungsfläche. Im Jahr 1992 erfolgte die Markteinführung von Ultraschallhomogenisatoren und regelbaren, leistungskonstanten Ultraschallgeneratoren.

Der Zeitraum von 1996 bis 2004 war geprägt durch die Entwicklung und Produktion innovativer Ultraschall-Reinigungsbäder und -Tauschwinger sowie Rohrreaktoren für Anwendungen im Industriebereich.

In den darauf folgenden Jahren wurde die Produktvielfalt von BANDELIN durch neue labortechnische Ultraschallgeräte erweitert. Nach der Einführung des Ultraschallbads zur gleichzeitigen Reinigung und Spülung von MIC-Instrumenten erfolgte 2016 dessen Weiterentwicklung für Robotikinstrumente.

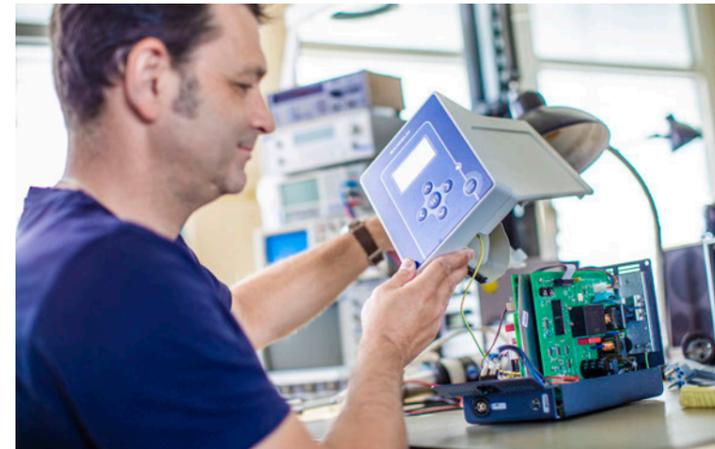
Heute steht die Bekanntheit unserer Marken SONOREX, SONOPULS, SONOMIC und TRISON für das hohe Qualitätsbewusstsein unserer Mitarbeiter und wird in Fachkreisen mit Ultraschall gleichgesetzt.

Zu den wichtigsten Produktgruppen gehören:

- SONOREX – Ultraschallbäder und -reaktoren
- SONOPULS – Ultraschallhomogenisatoren
- SONOMIC – Ultraschallbad für spülbare MIC- und Standardinstrumente
- TRISON – Ultraschallbad für Robotik-, spülbare MIC- und Standardinstrumente
- TICKOPUR – Reinigungspräparate
- STAMMOPUR – Reinigungs- und Desinfektionspräparate

Wir sind Innovationsträger bei der Entwicklung neuer Ultraschallgeräte und der Erschließung neuer Anwendungsbereiche und haben in der Vergangenheit 79 Patente / Gebrauchsmuster sowie 68 Marken angemeldet. Unsere Mitarbeit in verschiedenen Gremien bei der Erarbeitung neuer Normen und Richtlinien dient der Sicherung höchster Standards für Ultraschallanwendungen.

Als einziger Komplettanbieter von Ultraschallgeräten, Zubehör sowie Desinfektions- und Reinigungspräparaten mit Zulassungen und Zertifizierungen nach ISO 9001 und ISO 13485 ist BANDELIN der Marktführer. Über eine Million Geräte wurden bereits an unsere Kunden geliefert.



Schauen Sie sich unser Firmenporträt Labor an!



1964



SONOREX HE 1
Fertigung der ersten Ultraschallhomogenisatoren mit Röhrentechnik

1986



SONOPULS SD 9

1991



SONOPULS Serie HD 70/200/400

1999



SONOPULS Serie HD 2000

2004



SONOPULS Serie HD 3000

2016



SONOPULS Serie HD 4000

2022



SONOPULS Serie HD 5000



Inhalt

- BANDELIN – Ultraschallspezialist im Labor 3
- Ultraschall seit 1955 4
- 01 • Ultraschall im Labor und in der Verfahrenstechnik 8**
 - Was ist Ultraschall? Wie wirkt er? 10
 - Ultraschallhomogenisator vs. Ultraschallbad 11
 - Quick Start – für die Gerätenutzung im Laborbereich 12
 - Aufbau eines Ultraschallhomogenisators 14
 - Faktoren für die Reproduzierbarkeit der Beschallungsergebnisse 16
- 02 • Der SONOPULS Ultraschallhomogenisator 20**
 - SONOPULS Produktübersicht 22
 - SONOPULS HD 5020 Ultraschallhomogenisator 30 kHz und 20 W 24
 - SONOPULS HD 5050 Ultraschallhomogenisator 20 kHz und 50 W 25
 - SONOPULS HD 5100 Ultraschallhomogenisator 20 kHz und 100 W 26
 - SONOPULS HD 5200 Ultraschallhomogenisator 20 kHz und 200 W 27
 - SONOPULS Serie HD 5000 28
 - Ultraschallwandler 28
 - Ultraschallgenerator 30
 - SONOPULS Serie HD 4000 34
 - Ultraschallhomogenisatoren 34
 - Ultraschallwandler 35
 - Ultraschallgenerator 36
 - Stufen- und Boosterhörner für die Serien HD 5000 und HD 4000 38
 - Auswahl und Einsatz der Sonotroden 42
 - Sonotroden für die Serien HD 5000 und HD 4000 46
 - Beschallungsgefäße für die direkte Beschallung 48
 - Beschallungsgefäße für die direkte Beschallung mit Kühlung 49
 - Durchfluss-Beschallungsgefäß für die direkte Beschallung 50
 - Durchfluss-Beschallungsgefäße für die direkte Beschallung mit Kühlung 52
 - Beschallungsgefäße für die indirekte Beschallung 54
 - SONOPULS HD 5000 / 4000 – Grafiken Geräte und Zubehör 58
 - Haltegestell, Lärmschutzbox, Temperaturfühler und Fußschalter 62
 - Laborkühler LABOCOOL LC 200 70
- 03 • Anwendung des SONOPULS Ultraschallhomogenisators 72**
 - Grundsätzliche Hinweise für die Anwendung 74
 - Einstellen der Beschallungsparameter 78
 - Applikationsübersicht 80
- 04 • Detaillierte Applikationen – Beispiele aus der Praxis 90**
 - Detaillierte Applikationen 92
 - Applikationsübersicht 94
 - Publikationen 103
- 05 • Service – Wir sind die Spezialisten für Ultraschall im Labor 104**
 - SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren und Zubehör zur Miete 106
 - FAQ 108
 - Ihre Ansprechpartnerin im Laborbereich / Kontakt 110



Was ist Ultraschall? Wie wirkt er?

Kurze Einführung in die Grundlagen
und Wirkungsweise von Ultraschall.

Seite 10



Ultraschallhomogenisator vs. Ultraschallbad

Die speziellen Vorteile von
Homogenisatoren gegenüber
Ultraschallbädern.

Seite 11



Quick Start – für die Gerätenutzung im Labor

Die wichtigsten Schritte für den
schnellen Start mit dem SONOPULS
Ultraschallhomogenisator.

ab Seite 12



Aufbau eines Ultraschallhomogenisators

Prinzipieller Aufbau inklusive
Erklärung einzelner Komponenten.

ab Seite 14

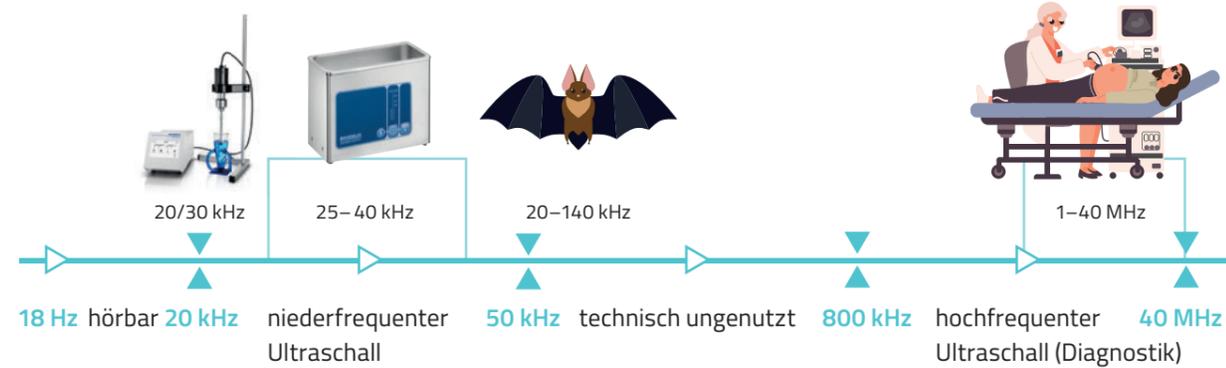


Faktoren für die Reproduzierbarkeit der Beschallungsergebnisse

Detaillierte Erläuterungen zu den
verschiedenen Einflussfaktoren.

ab Seite 16

Was ist Ultraschall? Wie wirkt er?



Was ist Ultraschall und wie wirkt er?

Schwingungen mit Frequenzen oberhalb 18 kHz (18 000 Schwingungen pro Sekunde) werden als Ultraschall bezeichnet.

Der Bereich des niederfrequenten Ultraschalls wird im Laborbereich angewendet, während in der medizinischen Diagnostik ein höherer Frequenzbereich genutzt wird. Die niederfrequenten Ultraschallschwingungen führen in allen Flüssigkeiten zur Erzeugung Millionen kleinster Vakuumbüschchen, die sofort wieder implodieren und dabei hochwirksame Druckstöße erzeugen. Diesen Vorgang nennt man Kavitation. Niedrige Frequenzen um 20 kHz erzeugen Bläschen größerer Durchmesser mit intensiveren Druckstößen als höhere Frequenzen um 35 kHz. Der Bereich des niederfrequenten Ultraschalls wird seit Jahrzehnten in vielfältigsten Ultraschallbädern angewendet.

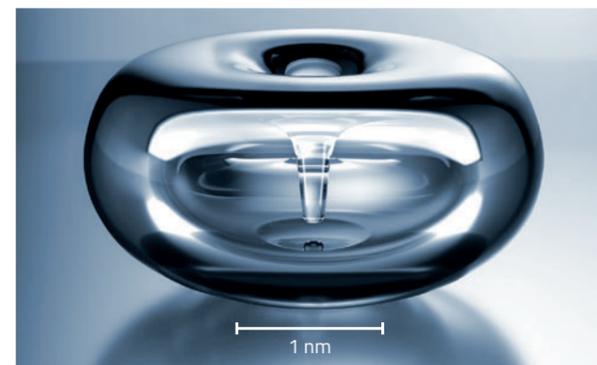
Der Prozess der Kavitation bewirkt, dass Verunreinigungen sehr wirksam und zugleich schonend von den Oberflächen der in der Flüssigkeit vorhandenen Teile abgesprengt werden, auch aus Vertiefungen und Bohrungen.

Andere Anwendungen sind z. B. das Entgasen oder das Vermischen von Flüssigkeiten.

Reinigung mit einem SONOREX Ultraschallbad von BANDELIN

Kavitation

Ultraschall erzeugt einen intensiven Druck-Zug-Wechsel in wässrigen Flüssigkeiten, dabei entstehen feinste Kavitationsblasen, welche über mehrere Zyklen anwachsen und anschließend intensiv implodieren. Die daraus resultierenden hohen Scherkräfte und Microjets der Implosionen sprengen in kurzer Zeit sämtliche anhaftende Verunreinigungen von der Oberfläche ab.



Kavitationsblase

Ultraschallhomogenisator vs. Ultraschallbad

Im Vergleich zu den sehr verbreiteten Ultraschallbädern kann mit den sogenannten Ultraschallhomogenisatoren eine wesentlich höhere Leistungsdichte in der Flüssigkeit appliziert werden. Über die Arbeitsspitze (Sonotrode) wird die Schalleistung in die Flüssigkeit abgegeben. Durch die Schwingung der Sonotrode entstehen

an der Spitze die beschriebenen Millionen kleinster Vakuumbüschchen, die sehr schnell wieder implodieren und dabei Druckstöße von mehr als 1000 bar auslösen, die zum Lösen von Partikeln oder Vermischen von Lösungsbestandteilen führen.



Folgende Tabelle verdeutlicht die Unterschiede zwischen Ultraschallhomogenisatoren und -bädern.

	SONOPULS Ultraschallhomogenisator	SONOREX Ultraschallbad
Probenvolumina	0,1–3000 ml	ca. 10–3000 ml (indirekte Probenbeschallung)
Amplitude [μm] (Spitze–Spitze)	42–280	ca. 4
Intensität [W/l]	ca. 790 (bei indirekter Beschallung)	bis zu 50
Frequenz [kHz]	20/30	35/40
Schallverteilung	strahlenförmig	breitflächig
Fremdeintrag durch Kavitationserosion	geringer Abtrag an der Sonotrodenspitze bei direkter Beschallung, Spuren kleinster Titanpartikel (TiAl6V4) in der Probe. Bei indirekter Probenbeschallung: kein Partikeleintrag in die Probe.	gering

Mit Ultraschallhomogenisatoren lassen sich – im Vergleich zu Ultraschallbädern – schwierige Prozesse realisieren, wie z. B. das Herstellen stabiler Emulsionen, das Aufschließen von Zellen, die Beschleunigung chemischer Prozesse oder die Extraktion von Stoffen, da diese Geräte stark gebündelte, extrem hohe

Energiedichten liefern. Die abgestrahlte Schallenergie kann kontrolliert geregelt werden. Damit ist es möglich, bestimmte Bestandteile des Mediums aufzuschließen und andere unbeschädigt zu lassen. Die Amplitude wird ständig erfasst und am Display angezeigt. Die Ergebnisse sind so leicht reproduzierbar.



Quick Start – für die Gerätenutzung im Laborbereich

Auf den folgenden Seiten werden für ein gutes Verständnis die Methode an sich und deren vielfältigste Anwendungsmöglichkeiten im Detail behandelt. Hier die wichtigsten Schritte für den ganz schnellen Start mit dem SONOPULS:



1

Auswahl der Sonotrode, passend zur Anwendung

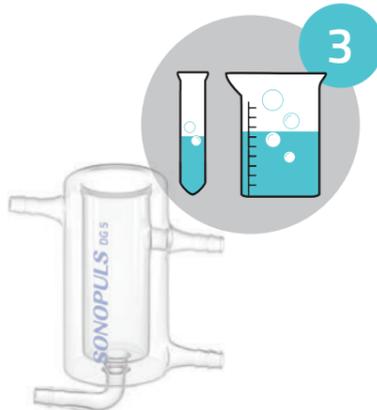
Die Auswahl der Sonotrode orientiert sich in erster Linie an dem Beschallungsvolumen sowie der Größe und Form des Probengefäßes.



2

Aufbau des Ultraschallhomogenisators

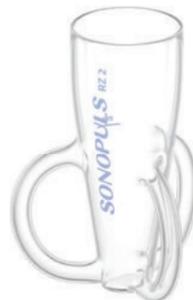
Aufbau gemäß Gebrauchsanweisung



3

Auswahl des Gefäßes

Grundsätzlich sind schmale, höhere Gefäße besser geeignet als breitere, flache mit gleichen Volumina. Das Gefäß sollte nicht mehr als zu 2/3 mit Flüssigkeit gefüllt sein (Spritzgefahr). Für Durchflussgefäße muss eine Laborpumpe und/oder ein externes Kühlsystem bereitstehen.



4

Übersicht über detaillierte Applikationen mit Angaben zu allen Details der Anwendung

Die Applikationen liefern Hinweise zur Wahl der Beschallungsparameter für spezielle Anwendungen.



5

Wahl der Beschallungsparameter

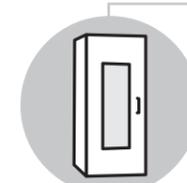
Die Wahl der Beschallungsparameter ist abhängig von der Probe und dem angewandten Prozess. Es können Amplitude, Pulsation und Beschallungsdauer am Ultraschallgenerator eingestellt werden. Eine Temperaturüberwachung der Probe ist mit einem optionalen Temperaturfühler möglich.



6

Weitere Hinweise für die Anwendung, Tipps und Tricks

- Fixierung des Ultraschallwandlers
- Eintauchtiefe der Sonotrode
- Beschallung von stückigem Probengut in einer Flüssigkeit



Nutzen Sie unsere Lärmschutzbox LS 40 für eine deutliche Reduktion der Geräusche während der Anwendung. Informieren Sie sich auf www.sonopuls.info oder sprechen Sie uns an!



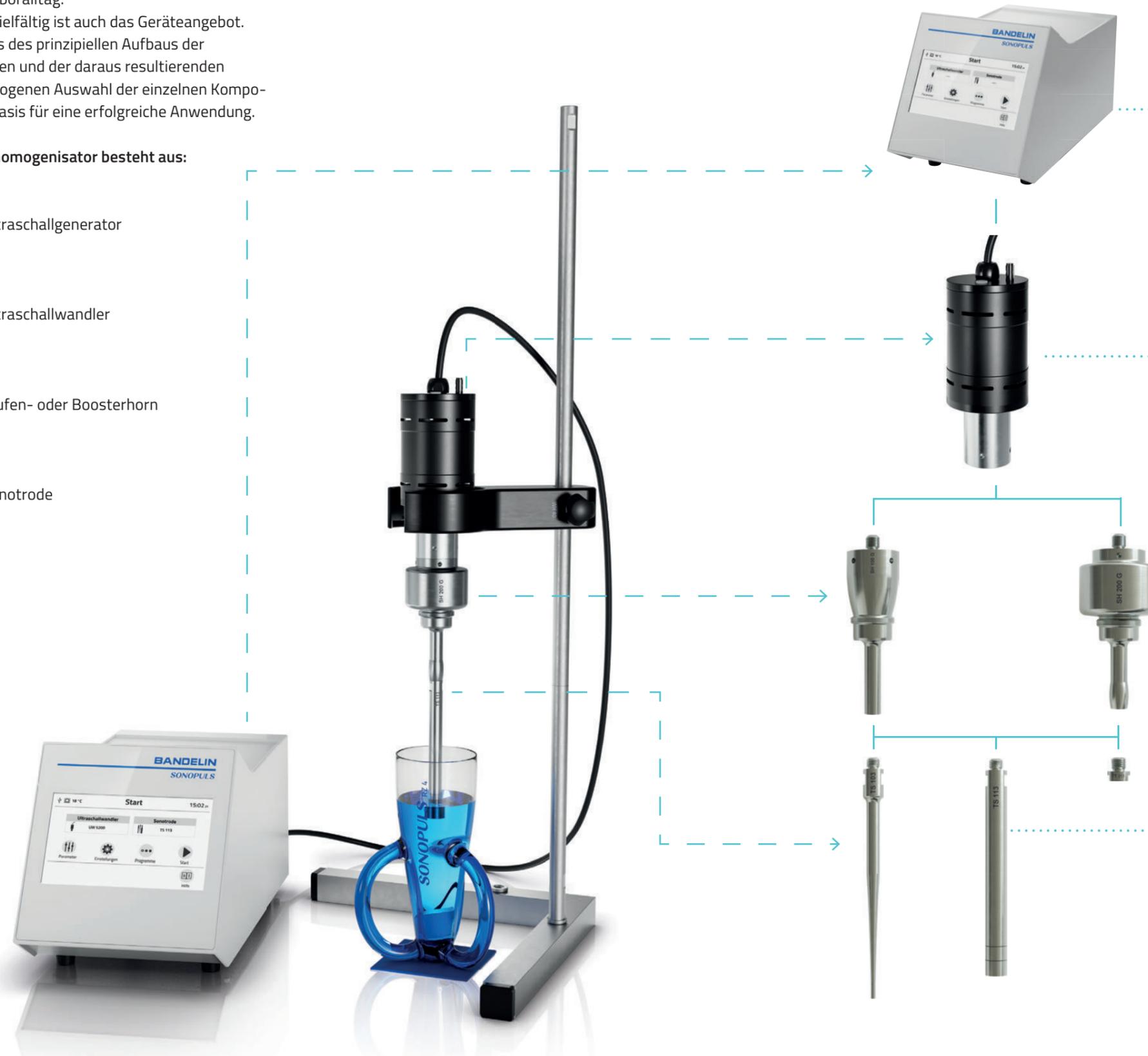
Video zur
Lärmschutzbox

Aufbau eines Ultraschallhomogenisators

Ultraschallhomogenisatoren erfüllen verschiedenste Aufgaben im Laboralltag. Entsprechend vielfältig ist auch das Geräteangebot. Das Verständnis des prinzipiellen Aufbaus der Homogenisatoren und der daraus resultierenden applikationsbezogenen Auswahl der einzelnen Komponenten ist die Basis für eine erfolgreiche Anwendung.

Ein Ultraschallhomogenisator besteht aus:

-  Ultraschallgenerator
-  Ultraschallwandler
-  Stufen- oder Boosterhorn
-  Sonotrode



Ultraschallgenerator

Wandelt die aufgenommene niederfrequente Netzspannung von 50 bzw. 60 Hz in eine hochfrequente Spannung von 20 oder 30 kHz (HD 5020) um. Auf dem großzügigen Touchdisplay werden alle Prozessparameter und -abläufe angezeigt.

Ultraschallwandler

Wandelt durch die Verwendung von Piezokeramiken die vom Generator gelieferte elektrische Spannung in longitudinale mechanische Schwingungen gleicher Frequenz um (Piezoeffekt).

Stufen- und Boosterhörner

Sind auf die Frequenz von 20 kHz abgestimmte Resonanzkörper aus einer hochfesten Titanlegierung und verstärken die vom Ultraschallwandler kommenden Amplituden der mechanischen Schwingungen. Der Verstärkungsfaktor der Amplitude ist abhängig von ihrer Geometrie.

Sonotroden

Geben die übertragene Energie in die Probe ab. Die Ultraschallabgabe (Energieabgabe) erfolgt nur über die sogenannte Abstrahlfläche an der Sonotroden spitze. Eine hohe Amplitude bedeutet eine besonders intensive Beschallung. Aufgrund ihrer Geometrie können einige Sonotroden eine mehrfache Amplitudenverstärkung erzielen. Die Sonotroden erreichen damit höchste Ultraschall-Leistungsdichten in Flüssigkeiten.

Faktoren für die Reproduzierbarkeit der Beschallungsergebnisse

Verständnis der Begriffe „Leistung“ und „Amplitude“

Für die Auswahl eines Ultraschallhomogenisators ist die elektrische Leistungsangabe [W] allein nicht entscheidend. Dieser Wert gibt die **Leistungsaufnahme** des Ultraschallgenerators an, **nicht aber die in die Probe eingebrachte Leistung**. Entscheidend für die Effizienz und Reproduzierbarkeit des Beschallungsergebnisses ist die Amplitude (Auslenkung) der Sonotrode im Verhältnis zur Probenmenge.

SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren liefern mit **gleicher elektrischer Leistungsaufnahme größere Amplituden** als marktübliche Geräte.

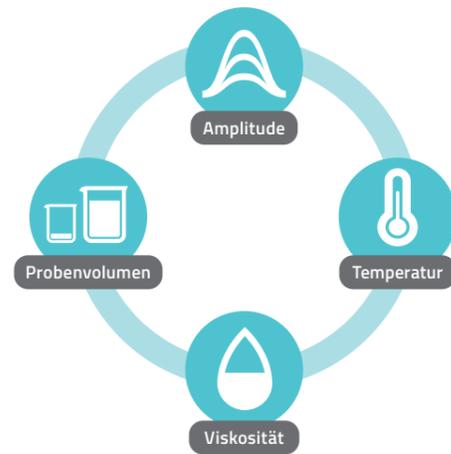
Amplitude und Intensität stehen in einem direkten Zusammenhang; eine niedrige Amplitude bedeutet eine niedrige Intensität. Für eine Reproduzierbarkeit der Beschallungsergebnisse müssen u. a. Amplitude, Temperatur, Viskosität und Volumen der Probe immer gleich sein. Die Leistung des Generators ist dabei nicht der entscheidende Parameter. Diese steht in einem variablen Verhältnis zur Amplitude/Intensität. Bei der Beschallung von Wasser wird eine geringere Leistung für die gleiche Amplitude benötigt als bei der Beschallung hochviskoser Proben.

Bei einer Viskosität unter 20 mPas verändert der Generator die Leistung um die Amplitude konstant zu halten. Bei größeren Viskositäten ist der Generator an der Leistungsgrenze angelangt, kann keine weitere Leistung aufbringen und die Amplitude verringert sich deshalb.

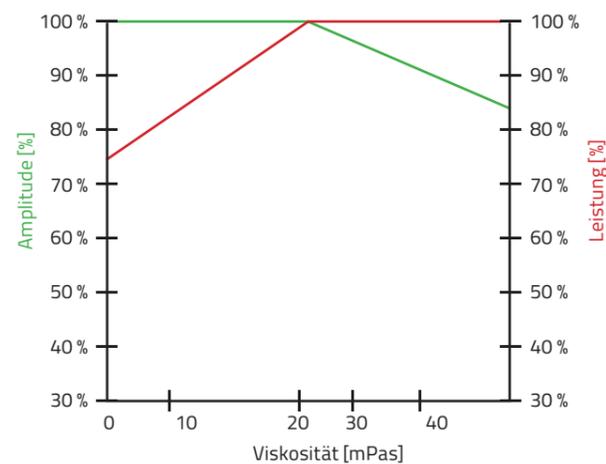
Beispiel

Je höher die Viskosität des zu beschallenden Mediums, desto mehr Leistung wird benötigt, um die gleiche Amplitude zu erreichen! Man kann das mit der Geschwindigkeit eines Autos vergleichen: Ziel: 40 km/h (= Amplitude), es wird mehr Leistung benötigt, um diese Geschwindigkeit zu halten, wenn man bergauf fährt.

Faktoren für die Reproduzierbarkeit der Beschallungsergebnisse



Amplitude und Leistung als Funktion der Viskosität



Leistungsbestimmung

Bei der Beschreibung von Versuchsaufbauten erfolgt die Leistungsangabe als Leistungsdichte in W/cm², bezogen auf die schallabstrahlende Fläche der Sonotrode.

Bei der Bestimmung dieser Größe wird oftmals als Grundlage die Netzaufnahme des Ultraschallhomogenisators betrachtet. Die Verluste, die im Generator und bis zur Sonotrode erheblich sein können, werden vernachlässigt. Die Angabe der elektrischen Flächenleistungsdichte unter Verwendung der Netzaufnahme und der Sonotrodenabstrahlfläche ist also nur eine grobe Schätzung.

Auf dem 2. Symposium der European Society of Sonochemistry (ESS) im September 1991 wurde von Rotoarinoro et al.¹ unter dem Titel „Power dissipation measurements in sonochemical reactors“ das Prinzip der kalorimetrischen Leistungsbestimmung als geeignetes Verfahren vorgestellt.

Für die Bestimmung der eingebrachten Leistung sollte das Gefäß, idealerweise ein Dewar-Gefäß oder ein anderes Gefäß welches im Laboralltag verwendet wird, als Prüfgefäß fungieren. Dieses Gefäß wird mit Wasser gefüllt. Während einer definierten Zeitspanne wird das Wasser beschallt und die Temperaturerhöhung gemessen. Bei der kalorimetrischen Messung kann die Wärmemenge ΔQ mittels der Wärmekapazität C und der Temperaturdifferenz ΔT ermittelt werden. Daraus ergibt sich unter Berücksichtigung der Zeitdifferenz Δt die eingebrachte Leistung.

Dazu gilt folgende Formel²:

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Es gilt:

- P Leistung [W]
- ΔQ zugeführte Energie, in diesem Fall die Wärmemenge [Ws]
- Δt Zeit [s]
- c spezifische Wärmekapazität [$\frac{J}{kg \cdot K}$]
- ΔT Temperaturdifferenz [K]
- m Masse der Prüfwassermenge [kg]

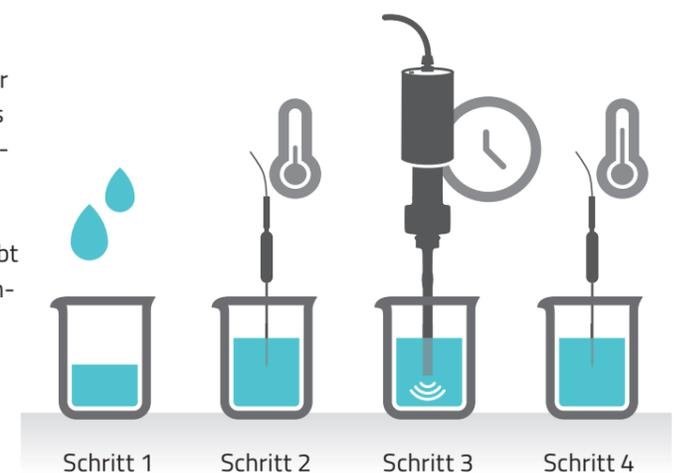
Unter Berücksichtigung des Wasservolumens lässt sich die volumetrische Leistungsdichte berechnen.

¹ Rotoarinoro, A., M. Wilhelm, J. Berlan, H. Delmas: „Power dissipation measurements in sonochemical reactors“, in: Bericht zum 2. Symposium des ESS; 1991; Seite 109 f.

² Hinweis: Die Formel ist nur für kleine Volumina hinreichend genau.



Darstellung des Versuchsaufbaus einer kalorimetrischen Messung zur Leistungsbestimmung



Die Regelung der Homogenisatoren erfolgt nicht auf eine konstante elektrische Leistung! SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren werden durch die AMPLICHRON-Schaltung auf eine konstante Amplitude der Sonotrode geregelt. Bei der Durchführung einer Reaktion und deren Reproduktion ist die Konstanz der Amplitude von besonderer Bedeutung. Sämtliche Einflüsse aus der Erwärmung der Probe oder der Änderung der Viskosität werden damit eliminiert. Das bedeutet, dass die Leistungsbestimmung nach dem geschilderten Verfahren für reproduzierbare Ergebnisse immer mit gleichartiger Flüssigkeit bei gleichen Anfangstemperaturen durchgeführt werden muss.



Das AMPLICHRON-Verfahren

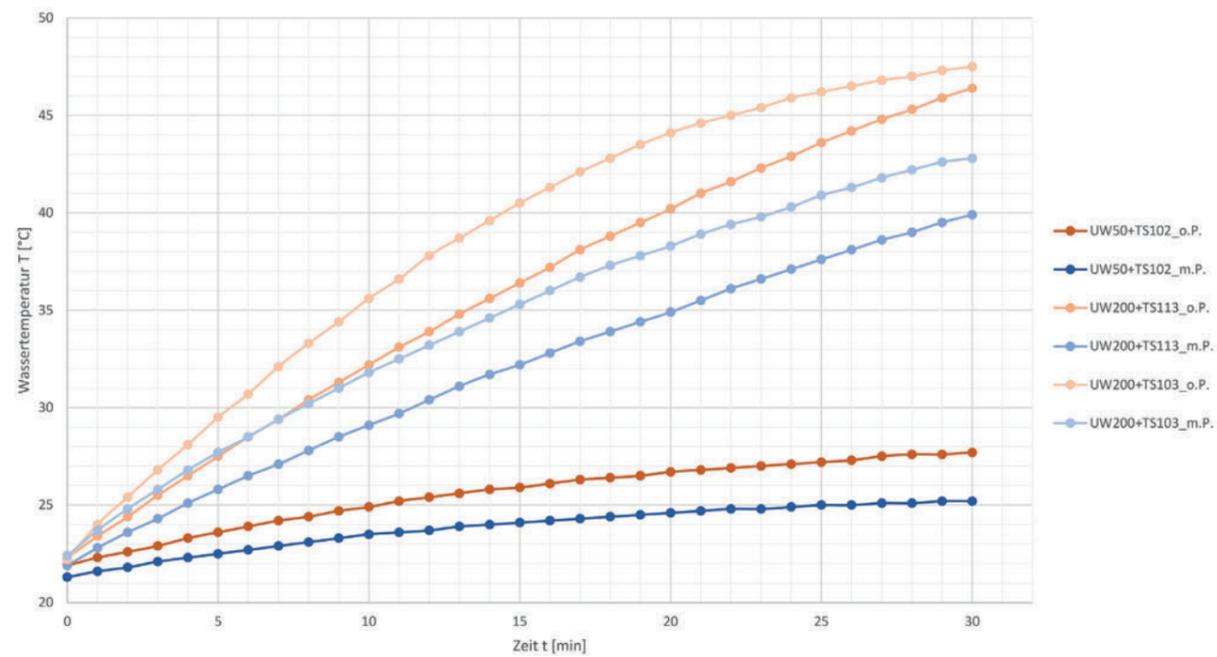
Das AMPLICHRON-Verfahren von BANDELIN garantiert eine konstante Amplitude und unterstützt reproduzierbare Ergebnisse, unabhängig von wechselnden Bedingungen in der zu beschallenden Probe. Die relative Amplitude in Prozent wird bei BANDELIN-Geräten vorgegeben und im Display angezeigt. Entspricht der Istwert der Amplitude nicht dem Einstellwert, z. B. durch Sonotrodenverschleiß (siehe Kapitel 3) oder aufgrund zu hoher Viskosität des Mediums, ist das leicht erkennbar und liefert einen Rückschluss auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse!

Pulsation

Alle SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren verfügen über eine Pulsfunktion. Diese ermöglicht, die gesamte Prozessdauer in aktive Beschallungszeiten und Ruhezeiten zu unterteilen. Durch diesen intermittierenden Prozess wird

die Temperaturerhöhung wärmeempfindlicher Proben begrenzt. Das ist besonders bei der Beschallung von Kleinstmengen bzw. widerstandsfähigen Mikroorganismen mit langer Beschallungsdauer wichtig.

Temperaturanstieg bei Beschallung mit 20% relativer Amplitude mit Pulsation (m. P.; EIN: 60 s, AUS: 20 s) und ohne Pulsation (o. P.)



Der SONOPULS Ultraschallhomogenisator

02



SONOPULS Produktübersicht

Für jede Anwendung der richtige Homogenisator mit passendem Zubehör.

ab Seite 22



SONOPULS HD 5020

Ultraschallhomogenisator
30 kHz und 20 W

Seite 24



SONOPULS HD 5050

Ultraschallhomogenisator
20 kHz und 50 W

Seite 25



SONOPULS HD 5100

Ultraschallhomogenisator
20 kHz und 100 W

Seite 26



SONOPULS HD 5200

Ultraschallhomogenisator
20 kHz und 200 W

Seite 27



**SONOPULS Serie HD 5000
– Ultraschallwandler**

Vorstellung der verschiedenen
Ultraschallwandler.

ab Seite 28



**SONOPULS Serie HD 5000
– Ultraschallgenerator**

Erläuterungen des Ultraschall-
generators und dessen Bedienung.

ab Seite 30



SONOPULS Serie HD 4000

Ultraschallhomogenisatoren
HD 4050, 4100, 4200 und 4400

ab Seite 34



**SONOPULS Serie HD 4000
– Ultraschallwandler**

Vorstellung der verschiedenen
Ultraschallwandler.

Seite 35



**SONOPULS Serie HD 4000
– Ultraschallgenerator**

Erläuterungen des Ultraschall-
generators und dessen Bedienung.

Seite 36



**SONOPULS
Stufen- und Boosterhörner**

Überblick über die verschiedenen
Stufen- und Boosterhörner.

ab Seite 38



**Auswahl und Einsatz der
Sonotroden**

Die wichtigsten Anwendungsge-
biete und Einsatzmerkmale.

ab Seite 42



SONOPULS – Sonotroden

Übersicht der verschiedenen
Sonotroden mit den wichtigsten
Eckdaten.

ab Seite 46



**Beschallungsgefäße für die direkte
und indirekte Beschallung**

Verschiedene Arten mit und ohne
Kühlung sowie praktisches Zubehör.

ab Seite 48



**SONOPULS HD 4000 / 5000
– Grafiken Geräte und Zubehör**

Schematische Übersichten aller
Kombinationsmöglichkeiten der
Geräte und Zubehörteile.

ab Seite 58



**Haltegestell, Lärmschutzbox,
Temperaturfühler und Tretschalter**

Komfortabler arbeiten mit dem
passenden Zubehör.

ab Seite 62



**LABOCOOL LC 200
Laborkühler**

Effektive Kühlung bei der Proben-
beschallung mit dem SONOPULS
Ultraschallhomogenisator.

ab Seite 70

SONOPULS Produktübersicht

Für die jeweilige Applikation kann aufgrund der großen Vielfalt von Geräten und Zubehör das optimale Equipment zusammengestellt werden:

- Auswahl der SONOPULS Serie
- Sonotrodentyp
- Direkte oder indirekte Beschallung
- Beschallung größerer Mengen im Durchfluss
- Kühlung während der Beschallung

Auch nach Kauf eines Geräts für einzelne erste Anwendungen bieten sich später vielerlei Anpassungsmöglichkeiten für weitere Applikationen durch den nachträglichen Zukauf von unterschiedlichem Zubehör.



Serie HD 5000

Der Neue mit 7"-Touchdisplay.

Serie HD 4000

Unser bewährter Bestseller.



	Serie HD 5000	Serie HD 4000
Probenvolumina im – Batchbetrieb – Durchflussbetrieb	0,1–1000 ml bis 100 l/h	0,5–3000 ml bis 100 l/h
Mögliche Sonotroden Ø [mm]	1,5 / 2 / 2,5 / 3 / 4,5 / 6 / 9 / 13 / 16 / 19 / 25	2 / 3 / 4,5 / 6 / 9 / 13 / 16 / 19 / 25 / 32 / 38
Mögliche Konfigurationen: Ultraschallgenerator GM, Ultraschallwandler UW	GM 5050 + UW 5020 oder UW 5050 GM 5200 + UW 5100 oder UW 5200	GM 4200 + UW 200 oder UW 100 oder UW 50 GM 4400 + UW 400 oder UW 200
Relative Amplitude	10–100 %	10–100 % (Einstellbereich abhängig vom Sonotrodentyp)
Automatische Amplitudenbegrenzung	nach Eingabe des Sonotrodentyps am Generator	nach Eingabe des Sonotrodentyps am Generator
Pulsierung	Arbeitsintervalle 0,5–600 s Ruheintervalle 0,5–600 s	Arbeitsintervalle 0,2–600 s Ruheintervalle 0,3–600 s
Zeiteinstellung	99 h 59 min 59 s oder Dauerbetrieb	9 h 59 min 59 s oder Dauerbetrieb
Anzeigeelemente	7"-Touchdisplay, farbig	alphanumerisches LC-Display
Energieanzeige	in Ws	in kJ
Temperaturanzeige und Messung	optional, -10 bis 120 °C, Temperaturfühler erforderlich, wahlweise Signalton / Abschalten	optional, -10 bis 120 °C, Temperaturfühler erforderlich, wahlweise Signalton / Abschalten
Batchbetrieb Sequenzierung	✓ mehrere Batches nacheinander	✓ mehrere Batches nacheinander
Schnittstelle	Ethernet, USB	RS 232 (Sub-D)
Fehlerdiagnose	✓	✓
Arbeitsfrequenz	20/30 kHz	20 kHz
Programmspeicher	8	9
Funktionsprüfung	✓	✓
Netzanschluss	HD 5020/5050: 100–240 V~ (±10%), 50/60 Hz HD 5100/5200: 230 V~ (±10%), 50/60 Hz	230 V~ (±10%), alternativ 115 V~ (±10%), 50/60 Hz (außer HD 4400)

SONOPULS HD 5020

Ultraschallhomogenisator

30 kHz und 20 W

Der HD 5020 eignet sich optimal für die schonende Beschallung kleinster Probenvolumina von 0,1–25 ml bei 30 kHz mit Sonotroden im Durchmesser von 1,5–2,5 mm. Dabei erzeugt der Generator eine Leistung von bis zu 20 W.



Betriebsfertiges Set:

- Ultraschall-Nennleistung max. 20 W
- Ultraschallgenerator GM 5050
- Ultraschallwandler UW 5020
- Sonotrode MS 1.5, Ø 1,5 mm (für Volumina 0,1–10 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage der Sonotroden

Best.-Nr.

- 15020 – EU Stecker CEE 7/7
- 15020-GB – GB Stecker BS 1363
- 15020-CH – CH Stecker SEV 1011: T12
- 15020-1 – US Stecker NEMA 5-15

Hinweis:

Geringe Lautstärke im Vergleich zu den leistungsstärkeren Homogenisatoren.

Probengefäße:

- PCR-Röhrchen
- Kryoröhrchen
- Reaktionscups



Ultraschallgenerator	GM 5050
L × B × H [mm]	380 × 195 × 215
Ultraschallwandler	UW 5020
Ø × L [mm]	50 × 150
Passende Sonotroden Ø [mm]	1,5 / 2,0 / 2,5



SONOPULS HD 5050

Ultraschallhomogenisator

20 kHz und 50 W

Der HD 5050 ist besonders für die schonende Beschallung kleinerer Probenvolumina von 0,5–100 ml bei 20 kHz und Sonotroden mit einem Durchmesser von 2–9 mm geeignet. Der Generator arbeitet dabei mit einer Leistung von bis zu 50 W.



Betriebsfertiges Set:

- Ultraschall-Nennleistung max. 50 W
- Ultraschallgenerator GM 5050
- Ultraschallwandler UW 5050
- Sonotrode TS 102, Ø 2 mm (für Volumina 0,5–20 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage der Sonotroden

Best.-Nr.

- 15050 – EU Stecker CEE 7/7
- 15050-GB – GB Stecker BS 1363
- 15050-CH – CH Stecker SEV 1011: T12
- 15050-1 – US Stecker NEMA 5-15

Probengefäße:

- PCR-Röhrchen
- Kryoröhrchen
- Reaktionscups



Ultraschallgenerator	GM 5050
L × B × H [mm]	380 × 195 × 215
Ultraschallwandler	UW 5050
Ø × L [mm]	50 × 185
Passende Sonotroden Ø [mm]	2 / 3 / 4,5 / 6 / 9



SONOPULS HD 5100

Ultraschallhomogenisator

20 kHz und 100 W

Der HD 5100 beschallt Probenvolumina von 2–200 ml bei 20 kHz und Sonotroden mit einem Durchmesser von 2–13 mm optimal. Bis zu 100 W Leistung werden dabei vom Generator bereitgestellt.



Betriebsfertiges Set:

- Ultraschall-Nennleistung max. 100 W
- Ultraschallgenerator GM 5200
- Ultraschallwandler UW 5100
- Stufenhorn SH 100 G
- Sonotrode TS 103, Ø 3 mm (für Volumina 3–50 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage der Sonotroden

Best.-Nr.

- 15100 – EU Stecker CEE 7/7
- 15100-GB – GB Stecker BS 1363
- 15100-CH – CH Stecker SEV 1011: T12

Probengefäße:

- Kryoröhrchen
- Reaktionscups
- Bechergläser



Ultraschallgenerator	GM 5200
L × B × H [mm]	380 × 195 × 215
Ultraschallwandler	UW 5100
Ø × L [mm]	70 × 155
Passende Sonotroden Ø [mm]	2 / 3 / 4,5 / 6 / 9 / 13



SONOPULS HD 5200

Ultraschallhomogenisator

20 kHz und 200 W

Der HD 5200 eignet sich optimal für die schonende Beschallung mittlerer Probenvolumina im Bereich von 5–1000 ml bei 20 kHz und mit Sonotroden im Durchmesser von 3–25 mm. Der Generator erzeugt eine Leistung von bis zu 200 W.



Betriebsfertiges Set:

- Ultraschall-Nennleistung max. 200 W
- Ultraschallgenerator GM 5200
- Ultraschallwandler UW 5200
- Boosterhorn SH 200 G
- Sonotrode TT 213, Ø 13 mm (für Volumina 20–900 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage der Sonotroden

Best.-Nr.

- 15200 – EU Stecker CEE 7/7
- 15200-GB – GB Stecker BS 1363
- 15200-CH – CH Stecker SEV 1011: T12

Probengefäße:

- Reaktionscups
- Bechergläser
- Rosettenzellen
- Laborkolben



Ultraschallgenerator	GM 5200
L × B × H [mm]	380 × 195 × 215
Ultraschallwandler	UW 5200
Ø × L [mm]	70 × 155
Passende Sonotroden Ø [mm]	3 / 4,5 / 6 / 9 / 13 / 16 / 19 / 25



SONOPULS Serie HD 5000 Ultraschallwandler

Für jede Anwendung der passende Ultraschallwandler.

Kompatibilität:

GM 5050 für UW 5020 und UW 5050,
GM 5200 für UW 5100 und UW 5200



Ultraschallwandler UW 5200

Taster

Auf dem Ultraschallwandler befindet sich ein Taster. Mit diesem lässt sich der Ultraschallbetrieb ein-/ausschalten und eine handgeführte Pulsation steuern. Am Ultraschallwandler befindet sich zusätzlich eine Anschlussbuchse zur Verwendung eines Temperaturfühlers für die Überwachung der Proben temperatur.



Anschluss für Temperaturfühler TM 5000

Für die Temperaturüberwachung wird der Temperaturfühler an die dafür vorgesehene Buchse, die anderenfalls mit einer Staubschutzkappe verdeckt ist, angeschlossen. Am Generator erscheint eine Temperaturanzeige, die dem Anwender zu jeder Zeit eine Temperaturerfassung ermöglicht. Bei Überschreiten der Grenztemperatur ertönt wahlweise ein Warnsignal und/oder der Prozess wird automatisch abgebrochen.



Ultraschallwandler UW 5050



Temperaturfühler TM 5000

Ultraschallwandler

Ein Ultraschallwandler dient zur Umwandlung der vom Ultraschallgenerator gelieferten elektrischen Energie in mechanische Schwingungen.

Bis auf den UW 5020, der bei 30 kHz arbeitet, arbeiten alle anderen SONOPULS Ultraschallwandler der Serie 5000 mit einer Ultraschallfrequenz von 20 kHz.

Starten und stoppen lässt sich der Ultraschallbetrieb durch Bedienen der Schaltflächen „Start“, „Pause“ und „Stopp“ im Touchdisplay oder über den Taster am Ultraschallwandler. Bei der Funktion des Tasters am Ultraschallwandler kann zwischen zwei Optionen gewählt werden. Die Optionen sind unter „Einstellungen“ auswählbar.

Ultraschallwandler UW 5020

Arbeitsfrequenz:
30 kHz

Abmessung:
Ø 50 × 150 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3738



Ultraschallwandler UW 5050

Arbeitsfrequenz:
20 kHz

Abmessung:
Ø 50 × 185 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3739



Ultraschallwandler UW 5100

Arbeitsfrequenz:
20 kHz

Abmessung:
Ø 70 × 155 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3749



Ultraschallwandler UW 5200

Arbeitsfrequenz:
20 kHz

Abmessung:
Ø 70 × 155 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3761



Ultraschallwandler UW 5100 mit Stufenhorn SH 100 G
Best.-Nr. 3764

Ultraschallwandler UW 5200 mit Boosterhorn SH 200 G
Best.-Nr. 3765

SONOPULS Serie HD 5000

Ultraschallgenerator

Zwei Ultraschallgeneratoren im gleichem pflegeleichten, robusten Kunststoffgehäuse mit Anschluss für die SONOPULS Ultraschallwandler der Serie HD 5000 sowie einer Griffmulde zum leichten Transportieren und Verstellen auf dem Labortisch.

Das moderne 7"-Touchdisplay bietet eine intuitive, benutzerfreundliche Bedienung. Das Einstellen der Sollwerte für Amplitude, Pulsation und Zeit und die Anzeige der Istwerte ermöglichen eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.



Ultraschallgenerator GM 5050

Einsetzbar für:

- UW 5020 / UW 5050

Weitere Informationen:

- Außenmaße (L x B x H): 380 x 195 x 215 mm
- Netzleitung: 1,5 m
- Netzanschluss 100–240 V~ ±10 %, 50/60 Hz

Best.-Nr.

- 373602 – 230-V-EU Stecker CEE 7/7
- 373602-GB – 230-V-GB Stecker BS 1363
- 373602-CH – 230-V-CH Stecker SEV 1011: T12
- 373602-1 – 115-V-US Stecker NEMA 5-15

Ultraschallgenerator GM 5200

Einsetzbar für:

- UW 5100 / UW 5200

Weitere Informationen:

- Außenmaße (L x B x H): 380 x 195 x 215 mm
- Netzleitung: 1,5 m
- Netzanschluss 230 V~ (±10%), 50/60 Hz

Best.-Nr.

- 3736 – 230-V-EU Stecker CEE 7/7
- 3736-GB – 230-V-GB Stecker BS 1363
- 3736-CH – 230-V-CH Stecker SEV 1011: T12

Vorderseite

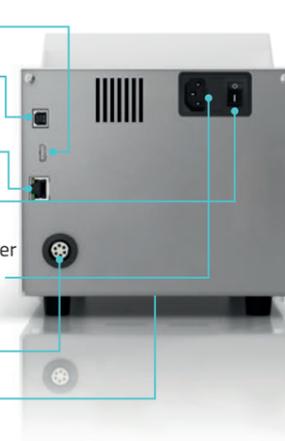
7"-Touchdisplay, farbig, komfortable Neigung



Rückseite GM 5050

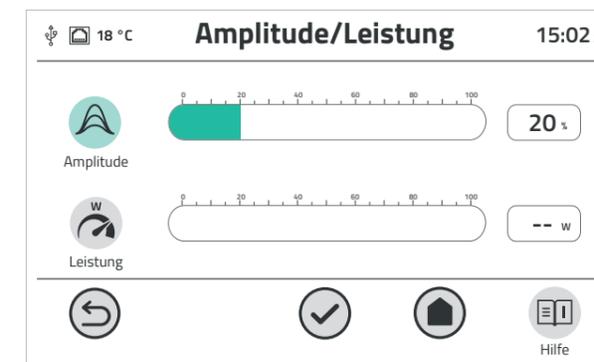


Rückseite GM 5200



- USB-A-Anschluss
- USB-B-Anschluss
- Ethernet-Anschluss
- Netzschalter
- Kaltgeräte-Einbaustecker mit Sicherungshalter
- Anschluss Ultraschallwandler
- Lüfter

Bedienkonzept / Display

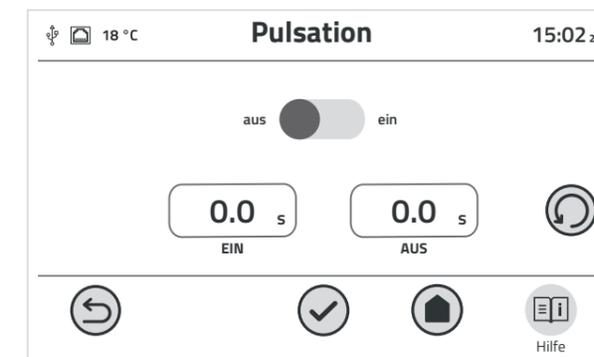
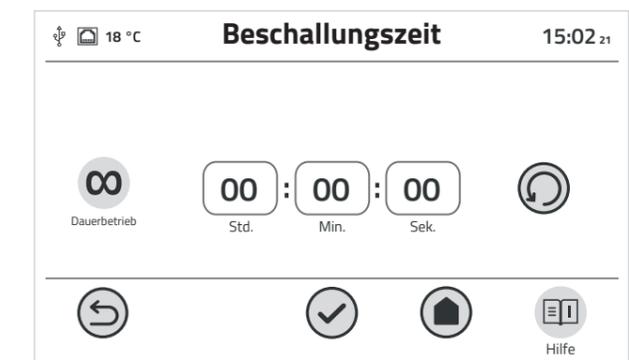


Amplituden- und Leistungseinstellung

Amplitudeneinstellung in 1%-Schritten (im Bereich von 10–100%) für alle Sonotroden. Die alternative Leistungsregelung in Watt ist ebenfalls über einen Slider oder eine numerische Eingabe möglich. Die Anzeige der Istwerte erlaubt dabei eine stetige Prozesskontrolle.

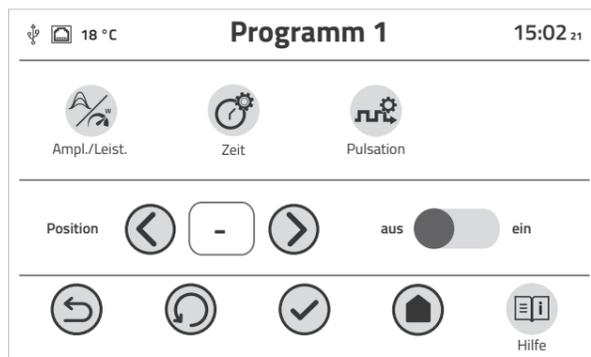
Zeiteinstellung und Ablauf

Wählbare Zeiteinstellungen: Timer (Countdown) durch Einstellen der Beschallungszeit oder Dauerbetrieb (bis 99 h : 59 min : 59 s). Im Dauerbetrieb wird die abgelaufene Zeit dargestellt, während im Timermodus die Restlaufzeit angezeigt wird.



Pulsation

Für eine sichere Beschallung temperaturempfindlicher Proben ist das Pulsintervall in 0,1-s-Schritten individuell einstellbar. Die gewünschte Beschallungsdauer und die Pause können dabei unabhängig voneinander im Bereich von 0,5–600 s festgelegt werden.

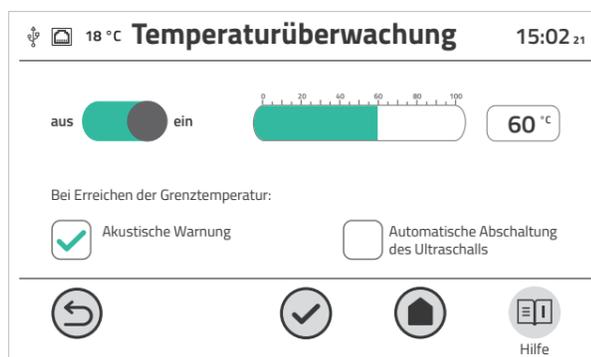
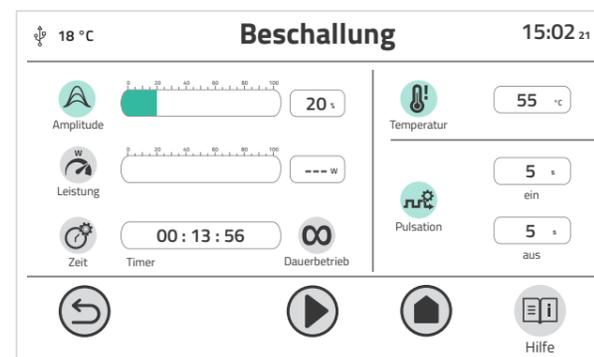


Programmspeicher

Speichern von wiederkehrenden Prozessen als Programm, um diese bequem und schnell auf Knopfdruck zu starten. Bis zu 8 Programme können dabei auch kombiniert und in beliebiger Reihenfolge automatisch nacheinander abgespielt werden.

Prozessanzeige

Anzeige und Kontrolle aller eingestellten Parameter des laufenden Programms während des Betriebs inklusive der Restlaufzeit bzw. abgelaufenen Zeit.



Temperaturüberwachung

Mit dem optionalen Temperaturfühler TM 5000 wird eine ständige Überwachung der Proben temperatur gewährleistet. Je nach Wunsch erscheint beim Erreichen der Grenztemperatur ein Warnsignal oder der Ultraschall wird direkt abgeschaltet.

Hilfe

Bei Auftreten eines Fehlers wird dieser am Display angezeigt. Hilfe-Bildschirme bieten Schritt-für-Schritt-Anleitungen zur Lösung des Problems.



SONOPULS Serie HD 4000

Ultraschallhomogenisatoren

SONOPULS HD 4050

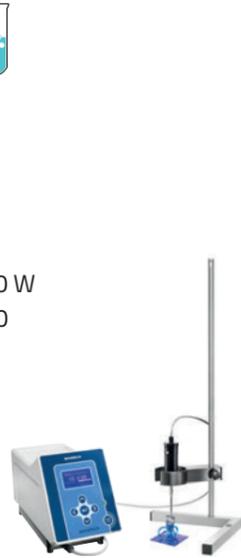
für Volumina von 0,5–100 ml
(je nach verwendeter Sonotrode)

- Lieferbare Sonotroden \varnothing :
2/3/4,5/6/9 mm

Betriebsfertiges Set:

Ultraschall-Nennleistung max. 50 W

- Ultraschallgenerator GM 4200
- Ultraschallwandler UW 50
- Sonotrode TS 102, \varnothing 2 mm
(für Volumina 0,5–20 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage
der Sonotroden



Best.-Nr.

- 4050 – EU Stecker CEE 7/7
- 4050-GB – GB Stecker BS 1363
- 4050-CH – CH Stecker SEV 1011: T12
- 4050-1 – US Stecker NEMA 5-15

SONOPULS HD 4100

für Volumina von 2–200 ml
(je nach verwendeter Sonotrode)

- Lieferbare Sonotroden \varnothing :
2/3/4,5/6/9/13 mm

Betriebsfertiges Set:

Ultraschall-Nennleistung max. 100 W

- Ultraschallgenerator GM 4200
- Ultraschallwandler UW 100
- Stufenhorn SH 100 G
- Sonotrode TS 103, \varnothing 3 mm
(für Volumina 3–50 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage
der Sonotroden



Best.-Nr.

- 4100 – EU Stecker CEE 7/7
- 4100-GB – GB Stecker BS 1363
- 4100-CH – CH Stecker SEV 1011: T12
- 4100-1 – US Stecker NEMA 5-15

SONOPULS HD 4200

für Volumina von 5–1000 ml
(je nach verwendeter Sonotrode)

- Lieferbare Sonotroden \varnothing :
3/4,5/6/9/13/16/19/25 mm

Betriebsfertiges Set:

Ultraschall-Nennleistung max. 200 W

- Ultraschallgenerator GM 4200
- Ultraschallwandler UW 200
- Boosterhorn SH 200 G
- Titanteller TT 213, \varnothing 13 mm
(für Volumina 20–900 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage
der Sonotroden



Best.-Nr.

- 4200 – EU Stecker CEE 7/7
- 4200-GB – GB Stecker BS 1363
- 4200-CH – CH Stecker SEV 1011: T12
- 4200-1 – US Stecker NEMA 5-15

SONOPULS HD 4400

für Volumina von 100–3000 ml
(je nach verwendeter Sonotrode)

- Lieferbare Sonotroden \varnothing :
13/16/19/25/32/38 mm

Betriebsfertiges Set:

Ultraschall-Nennleistung max. 400 W

- Ultraschallgenerator GM 4400
- Ultraschallwandler UW 400
- Boosterhorn SH 400 G
- Sonotrode TS 425, \varnothing 25 mm
(für Volumina 500–2000 ml)
- inkl. Werkzeug zur Montage
der Sonotroden



Best.-Nr.

- 4400 – EU Stecker CEE 7/7
- 4400-GB – GB Stecker BS 1363
- 4400-CH – CH Stecker SEV 1011: T12

Ultraschallwandler

Ein Ultraschallwandler dient zur Umwandlung der vom Ultraschallgenerator gelieferten elektrischen Energie in mechanische Schwingungen.

Alle SONOPULS Ultraschallwandler der Serie 4000 arbeiten mit einer Ultraschallfrequenz von 20 kHz.

Starten und stoppen lässt sich der Ultraschallbetrieb durch Drücken der Taste „START/STOPP“ am Generator oder über den Taster am Ultraschallwandler. Der Ultraschallbetrieb ist so lange aktiv, wie der Taster gedrückt wird. Mithilfe des Tasters kann manuell gepulst werden.

Ultraschallwandler UW 50

Einsetzbar für:
GM 4200

Abmessung:
 \varnothing 50 × 190 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3720



Ultraschallwandler UW 100

Einsetzbar für:
GM 4200

Abmessung:
 \varnothing 70 × 170 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3721



Ultraschallwandler UW 200

Einsetzbar für:
GM 4200 / 4400

Abmessung:
 \varnothing 70 × 170 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3722



Ultraschallwandler UW 400

Einsetzbar für:
GM 4400

Abmessung:
 \varnothing 90 × 180 mm

Leitungslänge:
2,5 m

Best.-Nr. 3723



SONOPULS Serie HD 4000

Ultraschallgenerator

Der Ultraschallgenerator transformiert die aufgenommene Netzenergie (Netzfrequenz 50 oder 60 Hz) in Hochfrequenzenergie mit einer Frequenz von 20 kHz. Er ist in einem pflegeleichten und robusten Kunststoffgehäuse mit Anschlüssen für Ultraschallwandler, Temperaturfühler und Fußschalter untergebracht. Das Bedien- und Anzeigefeld mit hinterleuchtetem LC-Display zeigt Betriebsparameter und Statusinformationen an. Die Ultraschallbetriebsarten sind wahlweise pulsierend oder kontinuierlich. Die Ultraschallleistung wird über die Amplitude am Generator eingestellt. Die neun Programmspeicherplätze dienen zum schnellen Start wiederkehrender Prozesse.



Ultraschallgenerator GM 4200

Einsetzbar für:

- HD 4050
- HD 4100
- HD 4200

Außenmaße (L x B x H):
335 x 150 x 230 mm

Leistungsbereich:
30–150 W

Best.-Nr.
3711 – 230-V-EU Stecker CEE 7/7
3711-GB – 230-V-GB Stecker BS 1363
3711-CH – 230-V-CH Stecker SEV 1011: T12
3711-1 – 115-V-US Stecker NEMA 5-15

Ultraschallgenerator GM 4400

Einsetzbar für:

- HD 4200
- HD 4400

Außenmaße (L x B x H):
335 x 150 x 230 mm

Leistungsbereich:
60–300 W

Best.-Nr.
3715 – 230-V-EU Stecker CEE 7/7
3715-GB – 230-V-GB Stecker BS 1363
3715-CH – 230-V-CH Stecker SEV 1011: T12

Vorderseite

LC-Display
Kontroll-LED
Bedientasten
Taste „START/STOPP“
Netzschalter
Anschluss für Temperaturfühler
Anschluss für Ultraschallwandler MINI-SNAP®



Rückseite

Fernsteuerbuchse
Kaltgeräte-Einbaustecker mit Sicherungshalter
RS-232-Schnittstelle



SONOPULS

Stufen- und Boosterhörner für die Serien HD 5000 und HD 4000

Stufen- und Boosterhörner sind aus einer Titanlegierung (TiAl6V4) in verschiedenen Formen und Größen gefertigt. Sie übertragen die Schwingungen vom Ultraschallwandler auf die Sonotrode und vergrößern die Amplitude. Das entsprechende Horn wird mit dem Ultraschallwandler fest verschraubt. Alle Stufen- und Boosterhörner sind mit einem festen Gewindezapfen ausgestattet. Dies ermöglicht eine schnelle und einfache Montage mit dem dazugehörigen Werkzeug

ohne weitere Hilfsmittel an den Ultraschallwandler. Hörner mit der Bezeichnung SH sind für den Anschluss von Sonotroden verschiedener Durchmesser geeignet, Hörner mit der Bezeichnung TH haben eine feste Arbeitsspitze. Das Außengewinde ermöglicht den dichten Anschluss von Gefäßen mit Normschliff NS 29/32 oder 45/40 mittels Normschliffadaptern NA. Reaktionsgefäße mit Flansch DN 20 können mit dem Flanschadapter FA dicht montiert werden.

Hörner für austauschbare Sonotroden

Stufen- und Boosterhörner SH bieten die Möglichkeit, Sonotroden mit verschiedenen Durchmessern anzuschließen.



	Stufenhörner		Boosterhörner
Typ	SH 100 G	SH 200 G	SH 400 G
Für UW	100 / 5100	200 / 5200	400
Best.-Nr.	3731	3732	3734

Hörner mit fester Arbeitsspitze

Bei der Beschallung von Proben in anschaubaren Durchflusszellen, z. B. DG 4 G, kann als Sonotrode nur der Titanteller, nicht aber eine lange Sonotrode verwendet werden. Ist das Beschallungsmedium eine Suspension, so kann das Medium in die Schraubstelle Titanteller/Horn eindringen – unabhängig davon, wie fest die Verbindung ist. Dies führt zu einer Überlastung des Generators und damit zum Geräteausfall. Um das Eindringen des Mediums zu vermeiden, empfehlen wir Hörner mit fester Arbeitsspitze.



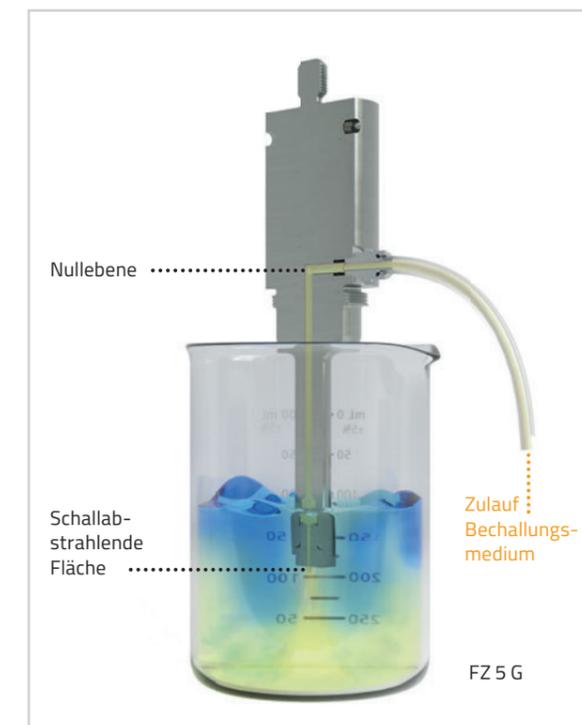
	Stufenhorn	Boosterhörner	
Typ	TH 100 G	TH 200 G	TH 400 G
Für UW	100 / 5100	200 / 5200	400
Best.-Nr.	3968	3969	3970

Durchflusshörner FZ

Die vorgemischten Medien werden in die schwingungsfreie Nullebene des Durchflusshorns und durch den im Inneren liegenden Kanal nach unten zur schallabstrahlenden Fläche geleitet. Im Titanteller werden die Medien der Ultraschallwirkung ausgesetzt und über die Öffnung im Titanteller (\varnothing 1,5 mm) in das Probengefäß geleitet.



	Durchfluss-Stufenhorn	Durchfluss-Boosterhorn
Typ	FZ 5 G	FZ 7 G
Für UW	100 / 5100	200 / 5200
Best.-Nr.	490	452



Zusammenführung von zwei Medien mit dem Durchflussbeschallungsgefäß DG und dem Durchflusshorn FZ

Anstelle eines Stufen- oder Boosterhorns wird ein Durchflusshorn FZ verwendet. Das erste Medium wird über den Zufluss der Durchflusszelle DG 4 G in die Beschallungskammer, das zweite Medium über den Zufluss des Durchflusshorns FZ geführt. Dieses Medium gelangt über die Öffnung in der schallabstrahlenden Fläche des Titantellers in die Beschallungskammer des DG. Beide Medien können so gut vermischt werden.

Der Grad der Beschallung wird über die Amplitude am Ultraschallgenerator sowie über die Durchflussrate der Pumpe bestimmt. Das Durchflussgefäß DG ist mit einem Kühlmantel ausgestattet, um z. B. bei längerer Verweildauer des Mediums in der Beschallungskammer eine zu starke Erwärmung zu vermeiden.

Normschliffadapter NA

Die Normschliffadapter dienen zum dichten Anschluss von Laborglasgefäßen mit Normschliffen NS 29/32 oder NS 45/40. Mithilfe der Adapter können diese Gefäße mit dem Außengewinde des Stufen-, Booster- oder Durchflusshorns verbunden werden.

Dichtring
Material: EPDM
Härte: 70 Shore A



Typ	NA 29 G	NA 45 G
Für	<ul style="list-style-type: none"> NS 29 / 32 SH 100 G / SH 200 G TH 100 G / TH 200 G FZ 5 G / FZ 7 G mit Sonotroden, Ø max. 13 mm 	<ul style="list-style-type: none"> NS 45 / 40 SH 100 G / SH 200 G / SH 400 G TH 100 G / TH 200 G / TH 400 G FZ 5 G / FZ 7 G mit Sonotroden, Ø max. 25 mm
Material	PTFE	PTFE
Best.-Nr.	540	487



Flanschadapter FA 3 G

Mit dem Flanschadapter FA 3 G können Reaktionsgefäße mit Flansch DN 20 an Stufen- bzw. Boosterhörnern mit Außengewinde und angeschlossenen Sonotroden von Ø 2–25 mm montiert werden. Die schwingungsfreie Ankopplung erfolgt durch den flach abdichtenden Flansch, der Dichtungsring umschließt das Stufen- bzw. Boosterhorn.

Die Sonotrode darf nur etwa 1,5–2 cm tief in das zu beschallende Medium eintauchen. Der Energieverlust ist erheblich, wenn sie zu tief eintaucht.

Dichtring
Material: EPDM
Härte: 70 Shore A



Typ	FA 3 G
Für	SH 100 G / SH 200 G / SH 400 G
Kompatibel mit	Sonotroden, Ø 2–25 mm
Material	Edelstahl 1.4571
Befestigungsbohrungen	4 St. M 10 (DIN 2573)
Best.-Nr.	474

Auswahl und Einsatz der Sonotroden

Die Sonotroden sind thermostabil, autoklavierbar und beständig gegen nahezu alle korrosiven Medien. Sie werden aus einer Titanlegierung (TiAl6V4 / 3.7165) hergestellt.

Die Auswahl der Sonotrode richtet sich nach mehreren Faktoren: der gewünschten Leistungsdichte, dem Beschallungsvolumen, der Form und Größe des Beschallungsgefäßes, der Amplitude und der Temperaturempfindlichkeit der Probe. Es ist zu beachten, dass sich die Abstrahlfläche nur an der Sonotroden Spitze und nicht an den Seiten befindet. Je nach Anwendung und Anforderung an den Prozess können einige oder mehrere Faktoren entscheidend für die Auswahl der Sonotrode sein.

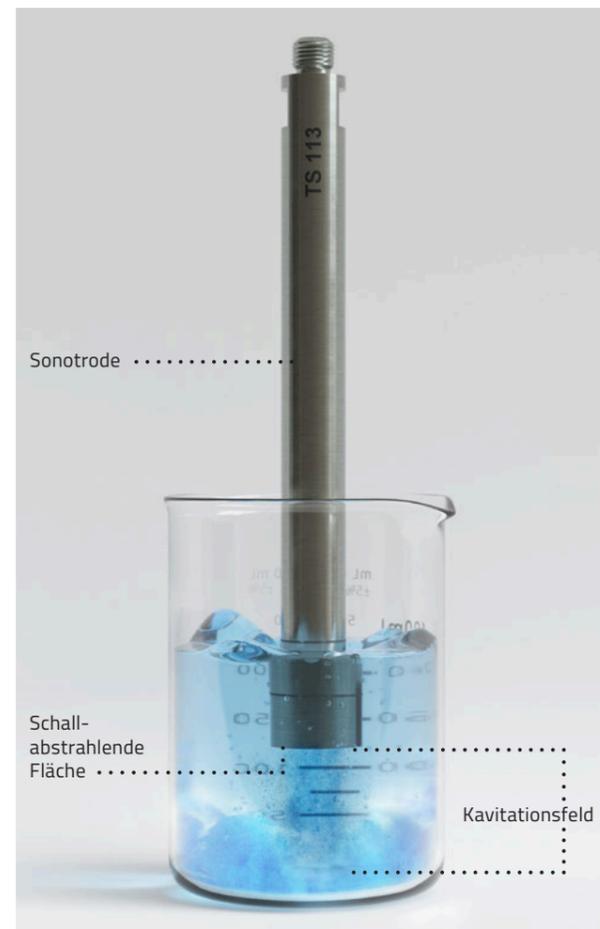
Für jede Sonotrode wird ein ungefährer Probenvolumenbereich empfohlen. Dies ist lediglich ein Richtwert. Das zu beschallende Volumen ist anwendungsspezifisch. Zum Beispiel kann die 13-mm-Sonotrode, montiert am UW 200, für etwa 20–900 ml eingesetzt werden. Je nach Größe und Form des Beschallungsgefäßes kann es bei der 13-mm-Sonotrode schwierig werden, ein 20-ml-Volumen zu beschallen, eine Mikrospitze wäre möglicherweise die bessere Option. Somit sind Größe und Form des Probengefäßes ein weiterer Faktor bei der Auswahl einer Sonotrode.

Sonotroden mit kleiner Abstrahlfläche werden bei der Beschallung von Proben in kleinen, schlanken Gefäßen empfohlen, niemals von Proben größer als 50 ml. Diese Sonotroden arbeiten mit hoher Intensität und sind daher für eine kurze Beschallungsdauer ausgelegt. Speziell Sonotroden mit kleiner Abstrahlfläche (auch Mikrospitzen genannt) bewirken in kleinen Volumina eine sehr hohe Wärmeentwicklung. Bei temperaturempfindlichen Proben sollte im Pulsbetrieb gearbeitet oder die Probe zusätzlich gekühlt werden.

Größere Volumina erfordern eine größere Sonotrodenabstrahlfläche. Zum Beispiel ist eine 38-mm-Sonotrode für die Beschallung von 1 l Probenvolumen besser geeignet als eine 25-mm-Sonotrode.

Die Verwendung von Probengefäßen mit konischem Boden erhöht die mögliche Eintauchtiefe und vermindert damit die Spritzgefahr. Eine andere Art der Verarbeitung von Kleinstvolumina ist die indirekte Beschallung. Im Vergleich zu der direkten Beschallung nimmt hier die Leistungsdichte ab. Um aber z. B. Hefezellen aufzuschließen, wird eine sehr hohe Leistungsdichte benötigt.

Die Schallverteilung entspricht einer Aneinanderreihung von „Halbkugelschalen“, wobei diese mit zunehmendem Abstand von der schallstrahlenden Fläche im Radius zunehmen. Gleichzeitig nimmt die Leistungsdichte ab.



Je geringer der Durchmesser der Sonotroden-spitze, desto höher ist die Leistungsdichte [W/cm²] bzw. Kavitationsstärke bei gleicher elektrischer Leistungsaufnahme!

Mit dem Kavitationsprozess ist ein erosiver Materialabtrag von der Sonotroden Spitze verbunden. Dieser ist nach einiger Betriebszeit sichtbar als eine „Kraterlandschaft“ an der schallabstrahlenden Fläche der Sonotrode. Je höher die Amplitude, umso höher ist auch der Materialabtrag und die Lebensdauer verkürzt sich entsprechend. Das heißt, je kleiner der Durchmesser der Abstrahlfläche, umso kürzer ist die Lebensdauer bei gleicher Leistung. Geht man von einer Dauerbeschallung (100% Amplitude, ohne Pulsation) aus, begrenzt sich die Lebensdauer einer Sonotrode mit kleiner Abstrahlfläche

auf ca. sechs Stunden. Der Einsatz einer Sonotrode mit passender Abstrahlfläche reduziert nicht nur die Prozessdauer, auch die Lebensdauer der Sonotrode wird erhöht. Die meisten Applikationen liegen aber im Sekunden- oder Minutenbereich. In manchen Fällen ist der bei der direkten Beschallung entstehende Abtrag unerwünscht, da er sich immer mit dem Beschallungsmedium vermischt (z. B. in der Probenvorbereitung für Metallanalytik o. Ä.). Vermeidung des Abtrages siehe „Indirekte Beschallung“.

Grundsätzliche Sonotrodenformen und deren Einsatzmerkmale

Die Bauform der Sonotrode bestimmt den Verstärkungsfaktor der Amplitude und somit in Verbindung mit der bereitgestellten Leistung des Ultraschallgenerators den Energieeintrag in das Medium. Bei konstanter elektrischer Leistung steigt daher die in das Medium übertragene Schallintensität

umgekehrt proportional zur Abstrahlfläche der Sonotrode. Das bedeutet, Sonotroden mit den kleinsten Abstrahlflächen übertragen durch hohe Amplituden die größeren Leistungen pro Fläche [W/mm²] in Abhängigkeit von der elektrischen Leistungsaufnahme des Ultraschallgenerators.

Mikrospitze

Gestufte Bauform, Einsatz bei Bearbeitung kleiner Volumina in Reaktionscups oder Zentrifugentröhrchen



Kegelförmige Sonotrode

Konische Bauform, Einsatz bei Bearbeitung mittlerer Volumina in kleinen Bechergläsern, Kühlgefäßen, Durchflussgefäßen oder Rosettenzellen aus Glas



Zylindrische Sonotrode

Stabform, Einsatz bei Bearbeitung größerer Volumina in Bechergläsern, Kühlgefäßen, Durchflussgefäßen oder Rosettenzellen aus Glas



Gestufte Sonotrode

Breite Palette für kleinste bis größere Volumina von ml-Mengen bis 3 l in Bechergläsern, Kühlgefäßen, Durchflussgefäßen oder Rosettenzellen aus Glas



Titanteller vs. Sonotroden

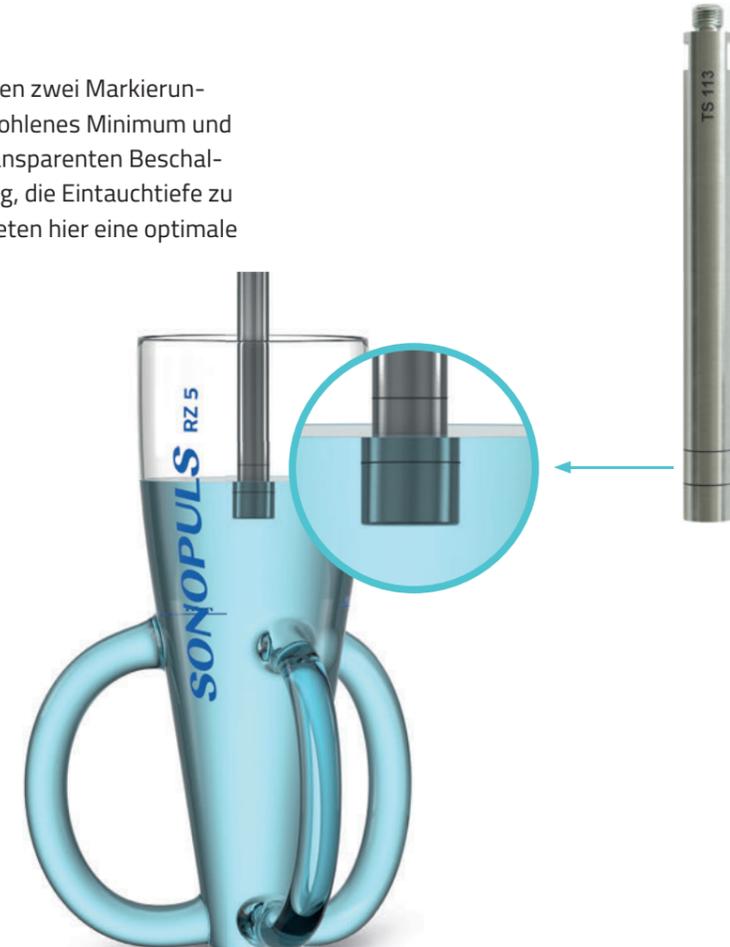
Der Einsatz eines Titantellers ermöglicht den kostengünstigen Austausch der „schallabgebenden Fläche“ bei intensiver und häufiger Nutzung des Homogenisators. Allerdings taucht bei Verwendung des Titantellers zwingend die Schraubverbindung von Titanteller/Horn in die Beschallungsflüssigkeit ein. Bei unzureichend fester Montage können feinste Partikel aus der Probenflüssigkeit in den Spalt gelangen und die Kontaktflächen des Systems beschädigen. Die Folge ist ein Funktionsausfall des Geräts. Bei der Nutzung von langen Sonotroden kann das Eindringen von Probenmaterial in die Schraubverbindung hingegen ausgeschlossen werden. Der Einsatz eines Titantellers anstatt einer langen Sonotrode sollte daher unter Berücksichtigung des Probenmaterials und der erwarteten Nutzungsintensität abgewogen werden.



Schraubverbindung Horn /Titanteller und Horn/Sonotrode, zylindrisch

Markierung Eintauchtiefe

Zylindrische Sonotroden besitzen zwei Markierungen für die Eintauchtiefe: empfohlenes Minimum und Maximum. Speziell bei nicht transparenten Beschallungsmedien ist es oft schwierig, die Eintauchtiefe zu erkennen. Die Markierungen bieten hier eine optimale Unterstützung.



Fester Gewindezapfen an den Sonotroden

Alle Sonotroden sind mit einem festen Gewindezapfen ausgestattet. Das ermöglicht eine einfache und schnelle Montage an das Stufen- oder Boosterhorn mit dem mitgelieferten Werkzeug.

Prüfung auf Kavitationserosion ASTM G32-92

Einsatz für die Standard-Testmethode entsprechend Norm ASTM G32-16 zur Bestimmung der Kavitationserosion an der schallabstrahlenden Fläche eines Prüfkörpers (= Prüfsonotrode).

Die durch die Norm festgelegten Standardbedingungen für die Prüfsonotrode werden eingehalten:

Prüfsonotrode TS ASTM G32
Best.-Nr. 37461

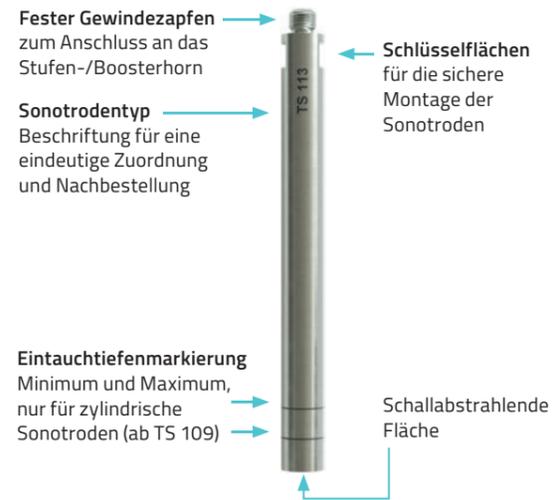


	Vorgabe der Norm ASTM G32-92	Prüfsonotrode TS ASTM G32 für HD 4200 / 5200
Frequenz [kHz]	20 ± 0,5	✓
Schallabstrahlende Fläche Durchmesser [mm]	15,9 ± 0,05	✓
Amplitude (Spitze-Spitze) [µm]	50 ± 5 %	✓

SONOPULS

Sonotroden für die Serien HD 5000 und HD 4000

Sonotroden sind Verschleißteile. An der schallabstrahlenden Fläche entstehen hohe Leistungsdichten. Dies führt zu einem Materialabtrag (= Kavitationserosion) selbst an dieser hochfesten Titanlegierung und begrenzt somit die Lebensdauer der Sonotrode. Daher wird empfohlen, beim Kauf des Geräts zwei bis drei Ersatzsonotroden zu bestellen. Die Sonotroden werden auf die entsprechende Arbeitsfrequenz abgestimmt. Die Längenangaben(*) können wegen Materialtoleranzen in der Titanlegierung geringfügig abweichen.



Typ	TS 102	TS 103	TS 104	TS 106	TS 109	TT 213	TS 113	TS 216	TS 219	TS 225
Best.-Nr.	3740	3741	3742	3743	3744	3750	3745	3746	3747	3748
Durchmesser [mm]	2	3	4,5	6	9	13	13	16	19	25
Länge ca. [mm]	157	147	133	128	126	5	130	137	145	153
Stufenhorn für HD 4100/HD 5100	SH 100 G	-	-	-						
Boosterhorn für HD 4200 / HD 5200	-	SH 200 G								
Amplitude HD 4050 / 5050	135	105	90	75	65	-	-	-	-	-
HD 4100 / 5100	260	245	190	160	135	80	80	-	-	-
HD 4200 / 5200 (Spitze-Spitze) [µm]	-	320	265	230	200	140	140	105	80	50
Volumen HD 4050 / HD 5050 [ml]	0,5-20	1-25	3-50	5-75	10-100	-	-	-	-	-
Volumen HD 4100 / HD 5100 [ml]	2-25	3-50	5-75	10-100	15-150	20-200	20-200	-	-	-
Volumen HD 4200 / HD 5200 [ml]	-	5-90	5-100	10-350	10-500	20-900	20-900	25-900	25-900	30-1000



Typ	TS 413	TS 416	TS 419	TS 425	TS 425 L	TS 432	TS 438
Best.-Nr.	3752	3753	3754	3755	3759	3756	3757
Durchmesser [mm]	13	16	19	25	25	32	38
Länge ca. [mm]	139	132	129	130	254	136	144
Boosterhorn für HD 4400 [mm]	SH 400 G						
Amplitude HD 4400 (Spitze-Spitze) [µm]	260	180	130	75	75	50	40
Volumen HD 4400 [ml]	100-750	250-1000	250-1500	500-2000	500-2000	500-2500	500-3000

Sonotrodenverlängerung

Die Sonotrodenverlängerung dient der Erweiterung der Arbeitslänge und zur Überbrückung von Distanzen in hohen Gefäßen und wird zwischen Stufen-/Boosterhorn und zylindrischer Sonotrode oder Titanteller montiert. Es dürfen keine konischen Sonotroden oder Mikrospitzen angeschlossen werden.



- Sonotrodenverlängerung TS 113 V zwischen Stufenhorn SH 100 G / SH 200 G und Sonotrode TS 113 oder TT 213
- Sonotrodenverlängerung TS 425 V zwischen Boosterhorn SH 400 G und Sonotrode TS 425
- Sonotrodenverlängerung VS 20 zwischen UW 5020 und MS 1.5 / 2.0 / 2.5

Typ	VS 20	TS 113 V	TS 425 V
Für HD	5020	4100/4200 5100/5200	4400
Best.-Nr.	3655	3666	3667

Mikrospitzen

Aufgrund der unterschiedlichen Bauformen der Sonotroden lassen sich verschiedene Amplitudenverstärkungen je nach Bedarf und Anwendungsfeld in die jeweilige zu beschallende Probe übertragen. Durch den hohen Leistungseintrag über die vergleichsweise geringe Sonotrodenabstrahlfläche können hohe Leistungsdichten in den flüssigen Medien erreicht werden. Die Mikrospitzen finden hauptsächlich bei der Beschallung kleinster Probenmengen Anwendung, z. B. komplexe Zellaufschlüsse in der Biologie.



Typ	MS 1.5	MS 2.0	MS 2.5
Best.-Nr.	3639	3654	3652
Durchmesser [mm]	1,5	2,0	2,5
Länge ca. [mm]	64	59	55
Amplitude HD 5020 (Spitze-Spitze) [µm]	70	75	80
Volumen HD 5020 [ml]	0,1-10	0,25-20	0,5-25

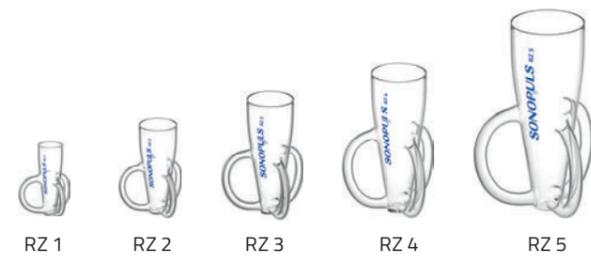
SONOPULS

Beschallungsgefäße für die direkte Beschallung

Bei der direkten Beschallung taucht die Sonotrode in die zu beschallende Probe ein. Der Vorteil dieser Methode ist der sehr hohe Energieeintrag, im Vergleich zur indirekten Beschallung. Hinweise bezüglich Auswahl der entsprechenden Gefäße für Ihre Anwendung finden Sie in Kapitel 3.

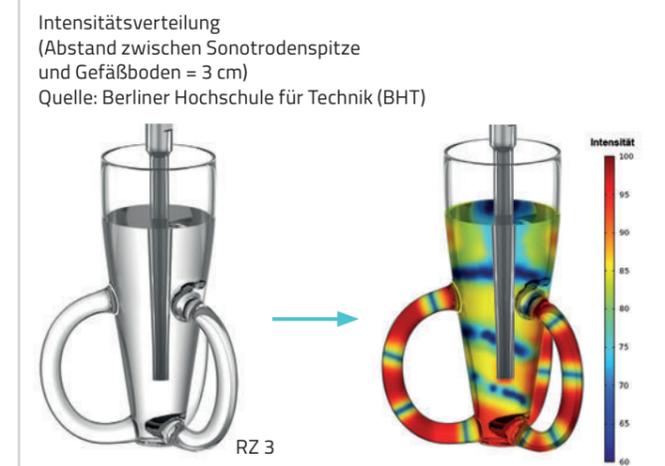
Rosettenzellen RZ

Die Rosettenzellen erlauben eine gleichmäßige und intensive Beschallung flüssiger Medien. Bedingt durch den Schalldruck wird die Probe gegen den Gefäßboden und damit durch die drei Seitenarme gedrückt und kann gut zirkulieren. Es kommt zu einer kontinuierlichen Vermischung des Mediums. Bei der Platzierung der Rosettenzellen in einem Eisbad wird der Inhalt wegen der vergrößerten Glasoberfläche und der guten Zirkulation wirksam gekühlt.



Alle Glasgefäße sind aus Borosilikatglas gefertigt. Das Material hat eine sehr gute Chemikalien- und Temperaturresistenz und ist damit sehr gut für den Laboreinsatz geeignet. Die Reinigung und/oder Desinfektion kann mit entsprechenden Präparaten im Ultraschallbad oder im RDG erfolgen. Das Glas ist autoklavierbar.

Typ	RZ 1	RZ 2	RZ 3	RZ 4	RZ 5
Für Sonotroden-durchmesser [mm]	2-3	2-6	3-13	13-25	19-25
Für HD	4050/4100 4200/ 5050/5100/ 5200	4100 4200 5100 5200	4200 4400 5200	4400	4400
Min. Volumen [ml]	20	30	60	260	430
Max. Volumen [ml]	25	50	100	410	660
Durchmesser innen [mm]	27	40	50	75	90
Tiefe [mm]	80	95	130	200	240
Best.-Nr.	3606	3607	522	3256	483



Markierung der minimalen Füllhöhe



Beschallungsgefäße für die direkte Beschallung mit Kühlung

Kühlgefäße KG

Bei der Beschallung kommt es zur Umwandlung von mechanischer Energie in Wärme (durch innere Reibung in der Flüssigkeit) und damit zu einer mehr oder weniger hohen Erwärmung der Proben. Eine Kühlung des Mediums bei temperaturempfindlichen Proben kann deshalb erforderlich werden.

Die Probengefäße können z. B. in einem Eisbad platziert werden. Jedoch ist die Eintauchtiefe der Sonotrode so nicht sichtbar. Eine bessere Alternative stellen die Kühlgefäße KG mit Kühlmantel zum Anschluss an einen externen Kühler dar. So ist eine kontrollierte Temperierung während der Beschallung möglich.

Typ	KG 3	KG 5
für Sonotroden-durchmesser [mm]	2-13	13-25
Für HD	4050/4100 4200/ 5050/5100/ 5200	4200/5200
Max. Volumen [ml]	20	90
Durchmesser innen [mm]	20	35
Tiefe [mm]	55	95
Kühlmantel	✓	✓
Best.-Nr.	536	481



SONOPULS

Durchfluss-Beschallungsgefäß für die direkte Beschallung

Durchflusszellen werden für eine kontinuierliche Verarbeitung größerer Batches niederviskoser Lösungen eingesetzt. Sie sind gut geeignet zum Dispergieren, Emulgieren, Mixen oder Homogenisieren.

Mithilfe einer Pumpe wird die Flüssigkeit von unten gegen die schallabstrahlende Fläche der Sonotrode gepumpt, passiert direkt das Kavitationsfeld und verlässt die Kammer über den Auslass. Eine Pumpe ist durch den Anwender beizustellen.

Wenn eine Intensivbeschallung notwendig ist, können Batches auch mehrfach durch das System geleitet werden. Der Beschallungsgrad ist abhängig von der eingestellten Amplitude sowie der Durchflussrate.

Durchflusszelle DZ 300 E

Material: Edelstahl 1.4404

Der Anschluss erfolgt direkt an das Außengewinde des Boosterhorns. Die DZ 300 E ist besonders gut geeignet zum Emulgieren, Mixen oder Homogenisieren. Die Durchflusszelle wird beim Anschrauben an das Boosterhorn dicht verschlossen. Damit ist ein Lufteintritt ausgeschlossen.

	Typ	DZ 300 E*
	Für HD	4400
	Kompatibel mit	SH 400 G
	Max. Durchflussrate [l/h]	130
	Max. Druck [bar]	4
	Best.-Nr.	3822

* nicht einsetzbar mit TS 438



SONOPULS

Durchfluss-Beschallungsgefäße für die direkte Beschallung mit Kühlung

Durchflussgefäße DG

Mit Kühlmantel. Es ist eine kontinuierliche Beschallung von Proben bis zu 30 l/h im Durchfluss möglich. Der Kühlmantel gestattet eine Temperierung durch flüssige Kühlmittel während der Beschallung.

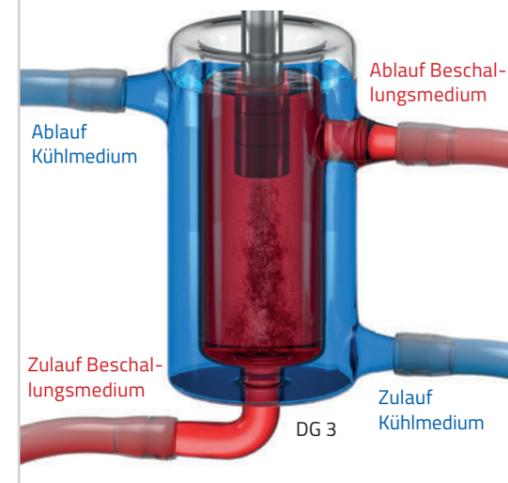


DG 3

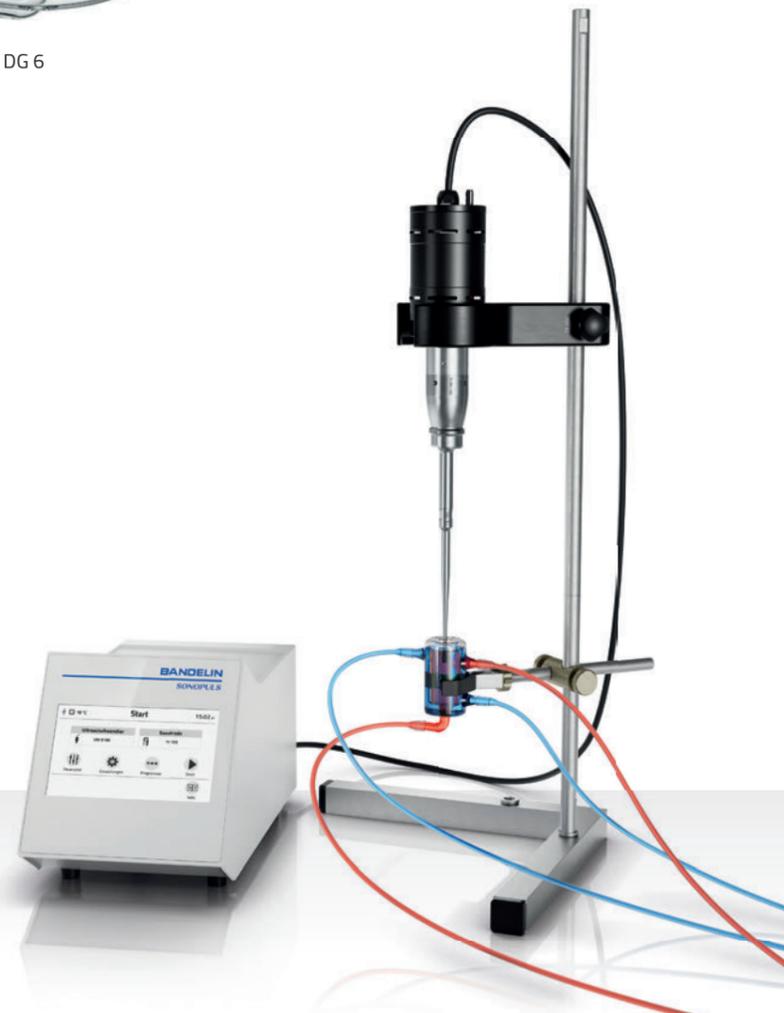
DG 5

DG 6

Das Kühlmedium wird mithilfe eines Thermostats im Kreislauf durch den Kühlmantel gepumpt. Damit kann auf eine Temperaturerhöhung schnell reagiert werden. Das Beschallungsmedium wird direkt gegen die schallabstrahlende Fläche der Sonotrode geleitet.



Typ	DG 3	DG 5	DG 6
Für Sonotroden-durchmesser [mm]	2–13	13–25	25–38
Für HD	4050/4100 4200/ 5050/5100/ 5200		4200 4400 5200
Max. Durchfluss [l/h]	5,6	30	30
Durchmesser innen [mm]	20	35	71
Tiefe [mm]	55	100	120
Kühlmantel	✓	✓	✓
Best.-Nr.	538	482	3819



Durchfluss-Beschallungsgefäß DG 4 G

Material: Edelstahl 1.4301

Der Anschluss erfolgt direkt an das Außengewinde des Stufen- oder Boosterhorns. Das DG 4 G ist besonders gut geeignet zum Emulgieren, Mixen oder Homogenisieren.

Das Beschallungsgefäß wird beim Anschrauben an das Boosterhorn „hermetisch“ abgeschlossen (der Überlauf ist ebenfalls verschlossen). Damit ist ein Lufteintritt ausgeschlossen.

Auch infektiöse Substanzen können beschallt werden.

Die Probenflüssigkeit wird von unten über den Zulauf direkt in das Kavitationsfeld geführt, beschallt und über den Ablauf herausgeführt. Eine externe 2-Kanal-Pumpe ist beizustellen. Der Beschallungsgrad wird über die Amplitudeneinstellung am Generator und die Durchflussrate gesteuert.

Das Medium kann auch im Kreislauf für eine Intensivierung des Prozesses beschallt werden.

Der integrierte Kühlmantel dient der Regulierung der Proben temperatur. Ein externer Kühler ist selbst beizustellen.

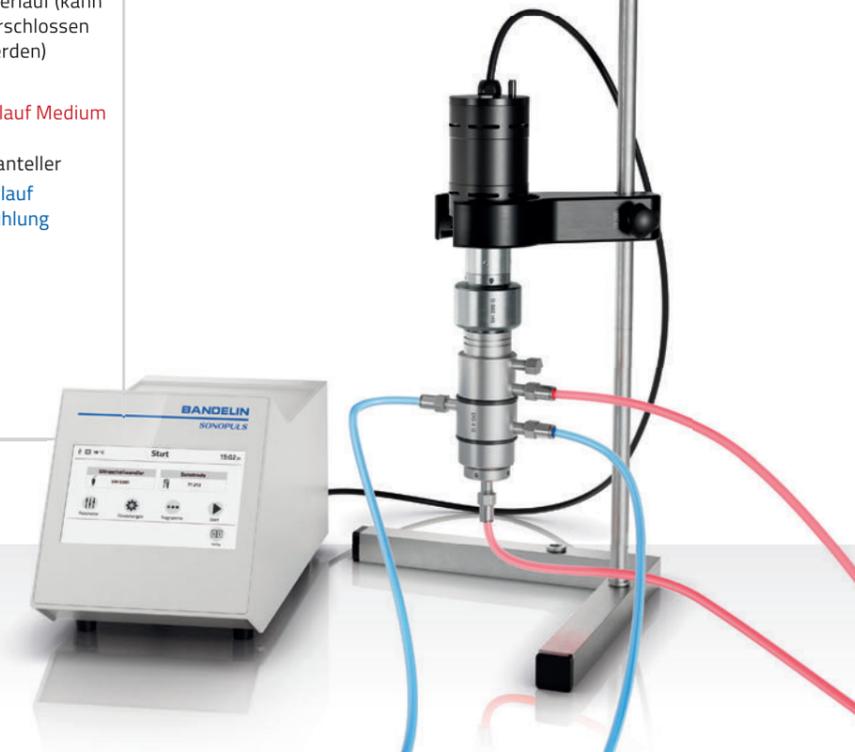
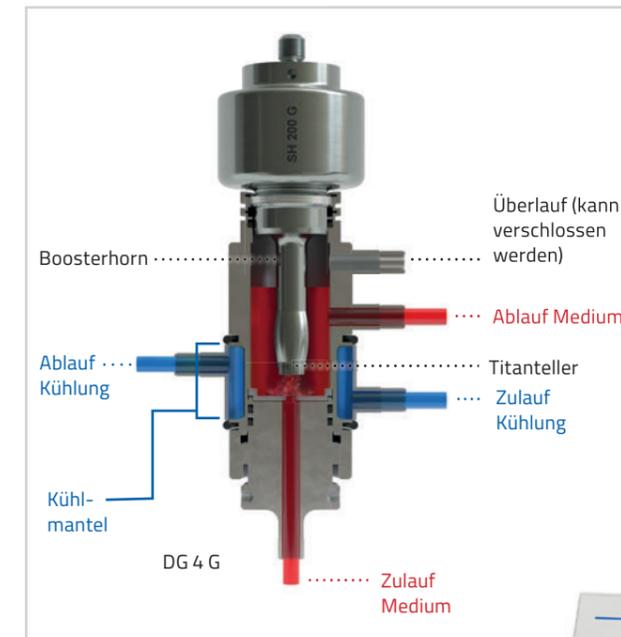


DG 4 G

Typ	DG 4 G
Für HD	4100 / 4200 / 5100 / 5200
Kompatibel mit	SH 100/200 G mit TT 213/TH 100/200 G
Max. Durchflussrate [l/h]	50
Max. Druck [bar]	2
Kühlmantel	✓
Best.-Nr.	3608



Bodenansicht DG 4 G, Prallplatte mit Loch



SONOPULS

Beschallungsgefäße für die indirekte Beschallung

Eine indirekte Beschallung verhindert den direkten Kontakt der Sonotrode mit der Probe. Die Funktion entspricht einem kleinen, hochintensiven Ultraschallbad. Die Ultraschalleistung wird über die Kontaktflüssigkeit in die Probengefäße übertragen, ein Eintrag von Titanpartikeln der Sonotrode ist ausgeschlossen. Die indirekte Beschallung wird besonders bei der Beschallung kleinster Probenmengen eingesetzt: Schäumen oder Probenverlust sind ausgeschlossen. Für die Beschallung pathogener Proben ist die Methode gut geeignet – eine Kreuzkontamination ist ausgeschlossen. Eine Kühlung der Proben ist ebenfalls möglich. Wir empfehlen den Anschluss des externen Laborkühlers LABOCOOL LC 200.

Es ist wichtig, dass der Füllstand immer konstant bleibt und die Reaktionsgefäße nicht aufschwimmen. Ansonsten könnten Beschallungsergebnisse beeinträchtigt werden. Die Deckplatte des Probenhalters verhindert das Aufschwimmen. Das Hinzufügen von Eissplittern ist auch eine Möglichkeit der Kühlung, sorgt aber nicht für eine gleichbleibende Temperatur. Sollten Eissplitter verwendet werden, so müssen sich diese an den Seiten der Reaktionsgefäße befinden. Unterhalb der Reaktionsgefäße können sie das Ergebnis negativ beeinflussen. Die eingetragene Leistungsdichte [W/l] ist ca. 150 Mal höher als in einem „normalen“ Ultraschallbad, aber geringer als bei der direkten Beschallung mit einer Sonotrode.

Tellerresonator TR 110

Material: Titan TiAl6V4 (3.7165)

Ausgestattet mit einem festen Gewindepapfen. Für eine schnelle und einfache Montage mit dem vorgegebenen Werkzeug.

Der Tellerresonator TR 110 ermöglicht eine indirekte Intensivbeschallung kleinster Probenmengen, z. B. Bakterien, in bis zu 14 geschlossenen Probengefäßen (Reaktionscups). Das gleichmäßige Schallfeld garantiert reproduzierbare Ergebnisse in allen Vials. Bei der indirekten Beschallung werden sowohl eine Kontamination der Proben durch den Sonotrodenabtrag als auch eine Kreuzkontamination verhindert. Die Ultraschalleistung wird über eine Kontaktflüssigkeit in die jeweiligen Reaktionscups übertragen. Zusätzlich verfügt der Tellerresonator über Zu- und Ablaufanschlüsse, sodass die Proben über das Reservoir temperiert werden können. Für den stationären Betrieb können Zu- und Abläufe mithilfe eines Schlauchbogens kurzgeschlossen werden.

Im Kühlbetrieb sind Zu- und Abläufe über geeignete Schläuche an eine Schlauchpumpe mit geringer Förderleistung oder einen Kühlkreislauf anzuschließen.



Typ	Best.-Nr.	Für HD	Durchmesser innen [mm]	Tiefe [mm]	Reservoirvolumen [ml]	Anschlussart für die Schläuche	Leistungsdichte [W/l]
TR 110	3902	4200 / 5200	110	25	190 (stationär)	M5-Gewinde	790

Halterungen für jede Reaktionsgefäßgröße

Material: Edelstahl 1.4301

Die verschiedenen Probenhalter können bis zu 14 Reaktionscups aufnehmen. Dafür kann je nach Gefäßgröße zwischen vier unterschiedlichen Haltern gewählt werden. Mithilfe eines gebogenen Griffs werden sie auf dem Rand des Tellerresonators positioniert.



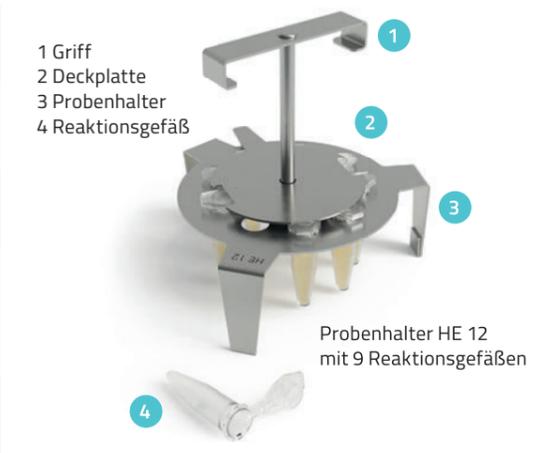
Probenhalter HE 6, HE 12, HE 13 und HE 17

Typ	Best.-Nr.	Für	Lochdurchmesser [mm]	Lochzahl
HE 6	3903	PCR-Tubes	6	14
HE 12	3904	Reaktionscups 0,5/1,5/2,0 ml	11,5	9
HE 13	3905	Polystyrolröhrchen, lang, mit/ohne Schraubverschluss 5 ml	13	9
HE 17	3906	5-ml-Röhrchen	17	9

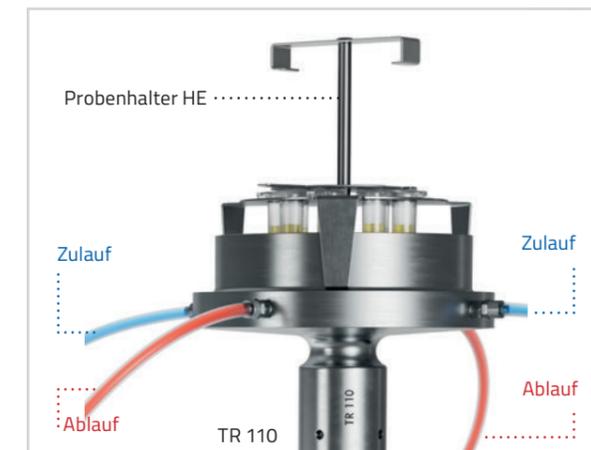
Die Reaktionscups müssen in die Kontaktflüssigkeit im Reservoir des Tellerresonators eintauchen. Die Deckplatte verhindert das Aufschwimmen der Reaktionscups im Betrieb.



Deckplatte verhindert das Aufschwimmen



Probenhalter HE 12 mit 9 Reaktionsgefäßen



SONOPULS

Beschallungsgefäße für die indirekte Beschallung

Becherresonator BR 30

Material: Titan TiAl6V4 (3.7165)

Der Becherresonator ist konzipiert für eine indirekte Intensivbeschallung kleinster Probenmengen, z. B. Bakterien in geschlossenen Probengefäßen (Reaktionscups). Die Proben werden mit dem Reaktionscuphalter EH 3.1 in den BR 30 platziert. Zusätzlich verfügt der Becherresonator über Zu-, Ab- und Überlaufanschluss, sodass die Proben über das Reservoir temperiert werden können. Im stationären Betrieb können Zu- und Ablauf mithilfe eines Schlauchbogens kurzgeschlossen werden. Im Kühlbetrieb sind Zu- und Ablauf über geeignete Schläuche an eine Schlauchpumpe mit geringer Förderleistung anzuschließen. Der Becherresonator wird direkt an den Ultraschallwandler montiert. Für eine einfache Montage ist er mit einem festen Gewindezapfen ausgestattet. Eine schnelle und einfache Montage mit dem vorgegebenen Werkzeug ist garantiert.



Beschallungsbecher BR 30 und Reaktionscuphalter EH 3.1

Typ	Best.-Nr.	Für HD	Durchmesser innen [mm]	Tiefe [mm]	Reservoirvolumen [ml]	Anschlussart für die Schläuche	Leistungsdichte [W/l]
BR 30	7510	4100 / 4200 / 5100 / 5200	32	15	12	3 Schlauchverschraubungen mit Überwurfmutter und Dichtring	12500

Typ	Best.-Nr.	Für	Material	Lochdurchmesser [mm]
EH 3.1	7527	3 x 1 ml oder 2 ml Reaktionscups 3 x 0,5 ml Reaktionscups 8 x 0,2 ml PCR-Cups	Edelstahl und POM	8 x 6,5 / 3 x 8,5 / 3 x 11,5



Beschallungsbecher BB 6

Material: Titan TiAl6V4 (3.7165) / Makrolon

Der Beschallungsbecher ist konzipiert für eine indirekte Beschallung kleinster Probenmengen, z. B. Bakterien, in geschlossenen Probengefäßen (Reaktionscups). Die Proben werden mit dem Reaktionscuphalter EH 6 in den BB 6 platziert. Zusätzlich verfügt der Beschallungsbecher über Zu-, Ab- und Überlaufanschluss, sodass die Proben temperiert werden können. Für den stationären Betrieb können Zu- und Ablauf mit den mitgelieferten Schraubkappen verschlossen werden.

Für eine einfache Montage ist er mit einem festen Gewindezapfen ausgestattet. Eine schnelle und einfache Montage direkt an den Ultraschallwandler mit dem vorgegebenen Werkzeug ist möglich.

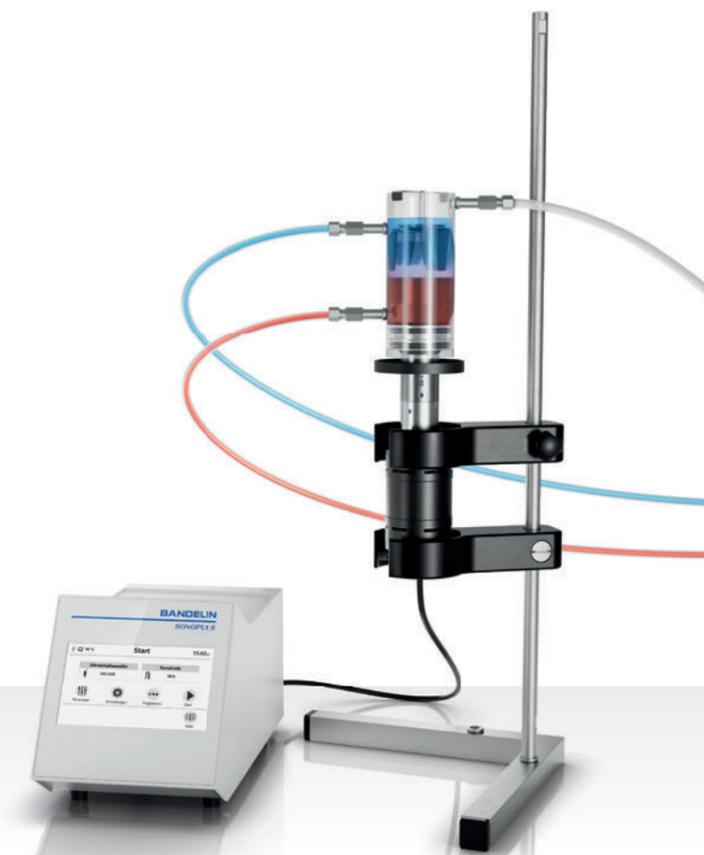
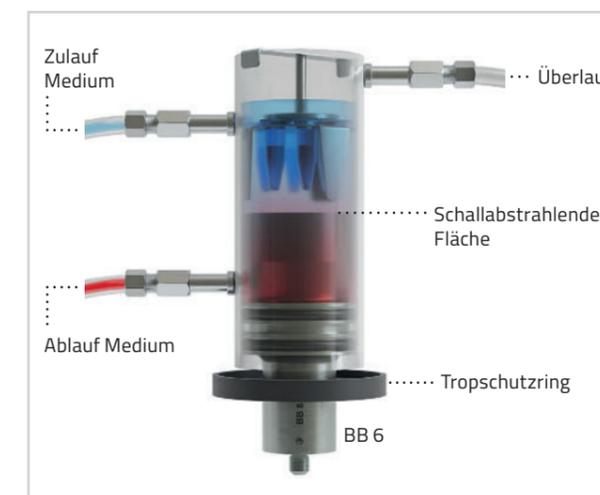


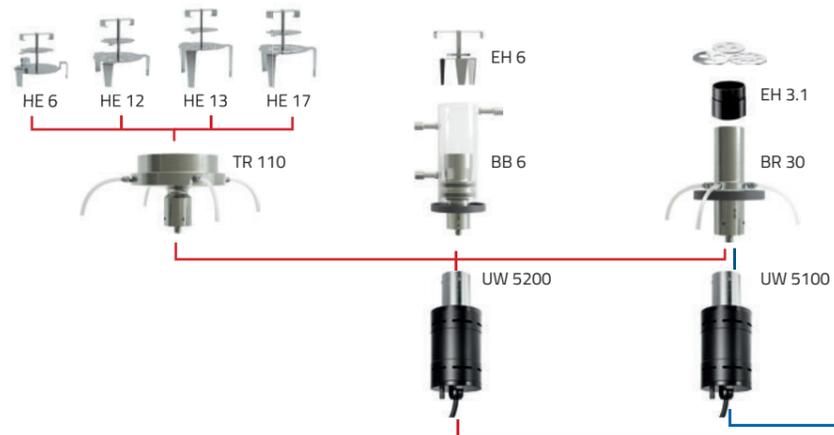
Beschallungsbecher BB 6 und Reaktionscuphalter EH 6

Für temperierte Anwendung mit dem neuen Laborkühler LABOCOOL LC 200 geeignet.

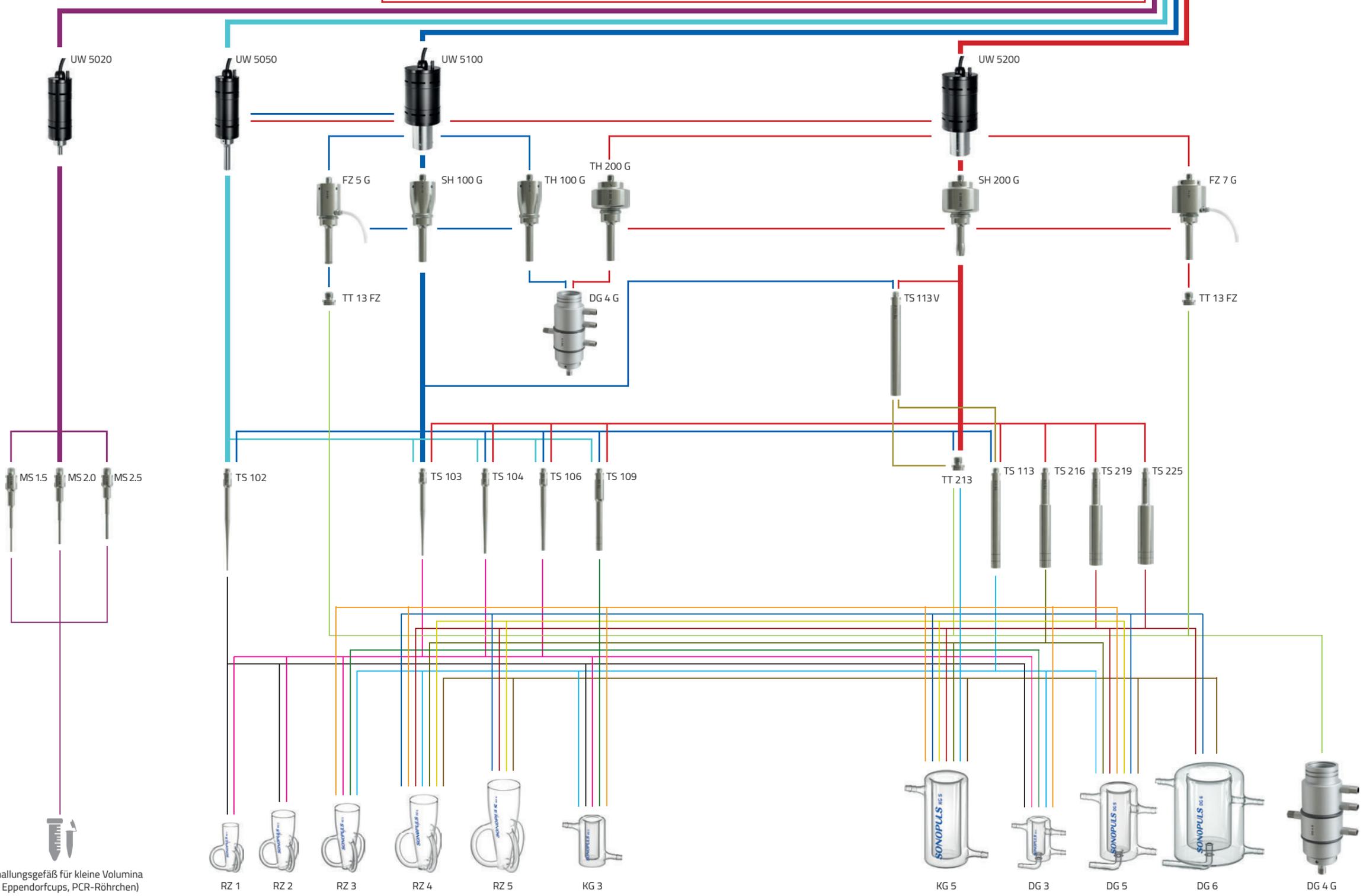
Typ	Best.-Nr.	Für HD	Durchmesser innen [mm]	Tiefe [mm]	Reservoirvolumen [ml]	Anschlussart für die Schläuche	Leistungsdichte [W/l]
BB 6	3605	4200 / 5200	64	167	200	Schlauchverschraubung für die Schläuche 5 x 3 mm	750

Typ	Best.-Nr.	Für	Material	Lochdurchmesser [mm]
EH 6	7503	6 x 1,5 / 2 ml	Edelstahl	11,5



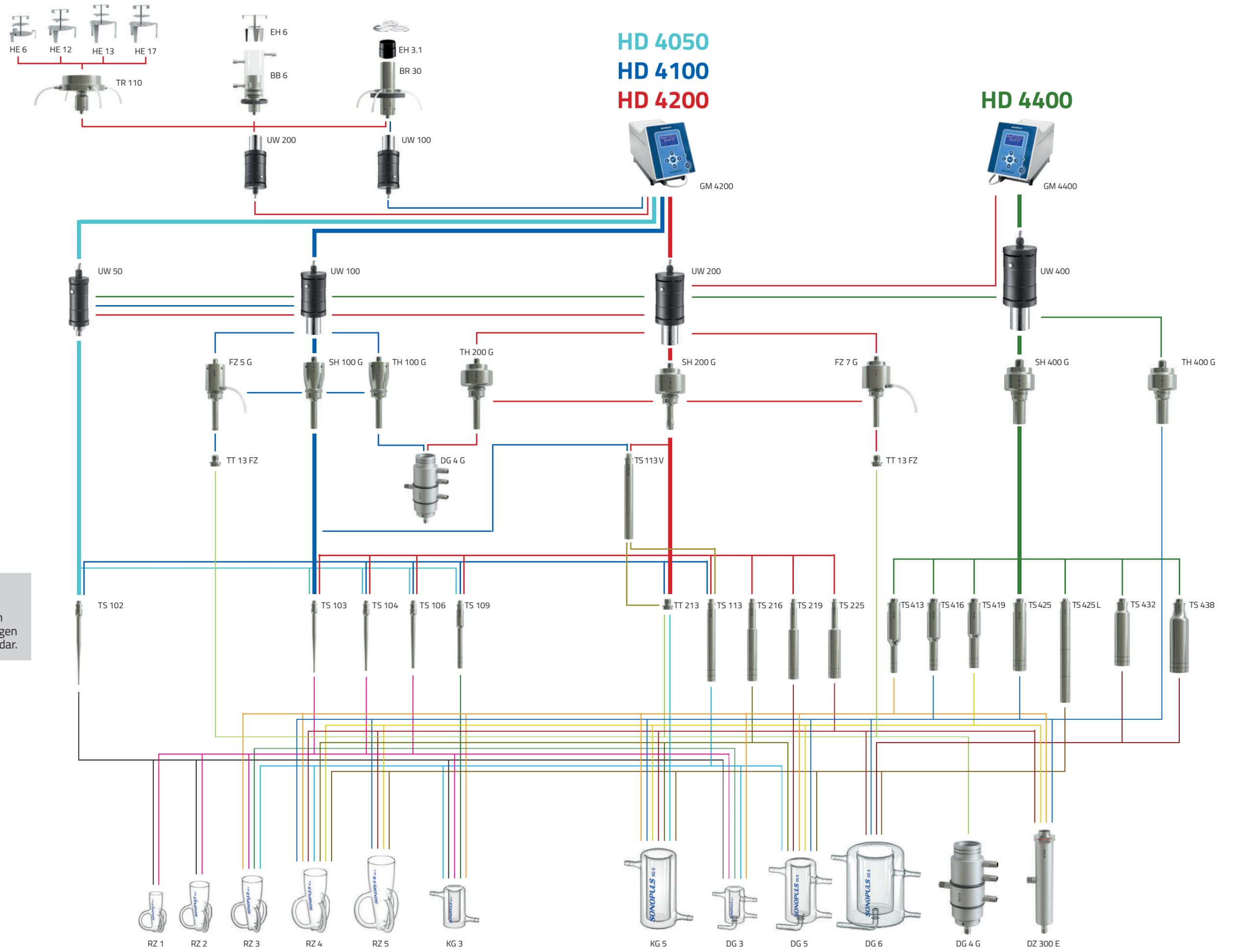


HD 5020 **HD 5100**
HD 5050 **HD 5200**



Die dicken Linien stellen die jeweiligen SONOPULS Sets dar.

Beschallungsgefäß für kleine Volumina (z. B. Eppendorfcups, PCR-Röhrchen)



HD 4050
HD 4100
HD 4200

HD 4400

GM 4200

GM 4400

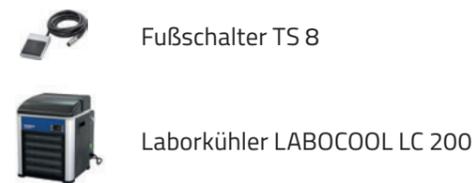
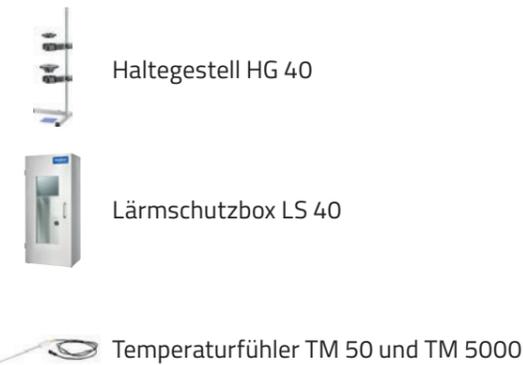
Die dicken Linien stellen die jeweiligen SONOPULS Sets dar.

Haltegestell, Lärmschutzbox, Laborkühler, Temperaturfühler und Fußschalter

BANDELIN liefert bereits mit dem Standardset ein betriebsfertiges Gerät. Für individuelle Anpassungen an die Applikationen steht ein umfangreiches Zubehörprogramm zur Verfügung.

Die praktischsten und beliebtesten Zubehöre für die häufigsten Anwendungen stellen wir nachfolgend detaillierter vor.

Mögliches Zubehör:



Haltegestell HG 40

Material: Edelstahl 1.4301 und POM
Das HG 40 bietet einen festen Stand und eine flexible Handhabung zum Verstellen der Halterung für den Ultraschallwandler mit Sonotrode. Die Positionierung des Beschallungsgefäßes kann durch eine zusätzliche Halterung mit Auflagetisch deutlich erleichtert werden. Eine ausreichende Bewegungsfreiheit für den Anwender ist gewährleistet.

Lieferumfang:

- Halterung WH 40
- Haltering
- Antirutschmatte aus Silikon

Optionales Zubehör:

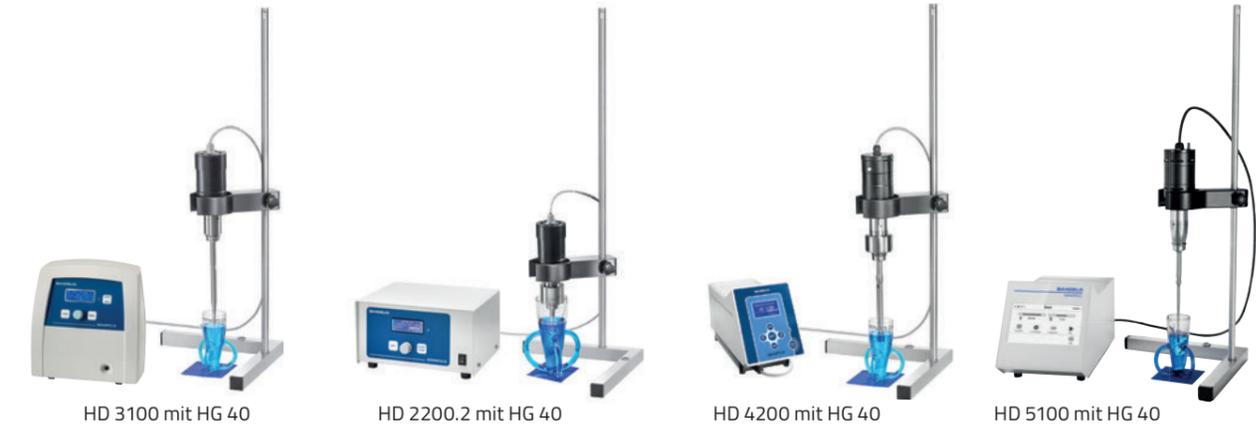
- Zweite Halterung WH 40
- Auflagetisch AT 40

Typ	HG 40	WH 40	AT 40
Für HD	2070.2 / 2200.2 / 3100 / 3200 / 3400 4050 / 4100 / 4200 / 4400 / 5020 / 5050 / 5100 / 5200		
Best.-Nr.	3681	3900	3901



Ein Haltegestell, passend für alle SONOPULS Ultraschallwandler

Es können alle Ultraschallwandler der Serie 5000 sowie der Serien 4000, 3000 und 2000 in das Haltegestell eingesetzt werden. Für die Ultraschallwandler UW 5020, 5050 und UW 50 wird der mitgelieferte Haltering benötigt.



Flexible Montage/Aufstellung

Die Haltegestellstange kann sowohl links- als auch rechtsseitig am Haltegestellfuß positioniert werden. Die Stange ist zweiteilig und durch ein Gewinde zusammengeschaubt. Werden beide Teile montiert, ergibt sich eine Gesamtlänge von 816 mm. Mit nur einer Stange ist das Haltegestell 548 mm hoch. Die Stange hat einen Standarddurchmesser von 16 mm. Auch handelsübliche Klemmen können daran befestigt

werden, um z. B. Laborgefäße mit rundem Boden zu fixieren. Die Halterung WH 40 für den Ultraschallwandler ist höhenverstellbar und schwenkbar.



Flexibel: Einsatzmöglichkeiten bei direkter und indirekter Beschallung

Das Haltegestell kann für die direkte und indirekte Beschallung flexibel eingesetzt werden. Zum Lieferumfang gehört eine Antirutschmatte aus Silikon, die das mögliche Rutschen des Beschallungsgefäßes bei der direkten Beschallung verhindert.



Direkte Beschallung

Eine zweite Halterung WH 40 wird aber auch zur Fixierung des Ultraschallwandlers bei der indirekten Beschallung benötigt.



Indirekte Beschallung

1 Einsatzmöglichkeiten mit Auflagetisch

Optional kann eine zweite Halterung WH 40 in Kombination mit einem Auflagetisch AT 40 verwendet werden. So können die darauf platzierten Gefäße direkt hin zur Sonotrode bewegt und deren Eintauchtiefe leicht reguliert werden.



Direkte Beschallung mit Auflagetisch

2 Verwendung von zwei Ultraschallwandlern

Mithilfe einer zweiten Halterung WH 40 kann z. B. ein weiterer Ultraschallwandler gleichzeitig angebracht werden. Eine variable Positionierung des Beschallungsgefäßes wird mit zusätzlicher Halterung WH 40 und dem Auflagetisch AT 40 ermöglicht.



Beschallung von zwei Proben an einem Haltegestell

3 Komfortable Platzierung in der Lärmschutzbox

Das Haltegestell HG 40 ist so konstruiert, dass es in die Lärmschutzbox LS 40 platziert werden kann. Ein leichtes Probenhandling ist sichergestellt.

Der Türöffnungswinkel der Lärmschutzbox LS 40 beträgt 180° und der Innenraum verfügt über ausreichend Platz für direkte und indirekte Anwendungen.



Schauen Sie sich unser Video an.



Lärmschutzbox LS 40

Die Kavitation produziert sehr unangenehme Geräusche für den Nutzer und andere Personen in der Nähe. Zur Reduzierung des Geräuschpegels wird empfohlen, eine Lärmschutzbox zu verwenden.



Geräuschreduzierung um ca. 30 dB-AU



LED-Innenbeleuchtung und Acrylglasfenster für Probenbeobachtung



Auffangschale entnehmbar; aus Edelstahl, leicht zu reinigen



Spritzschutz, Edelstahlinsert im Innenraum leicht abwischbar



Durchführung von Leitungen und Schläuchen zum Aufbau eines Kühl- oder Pumpkreislaufs oder Anschluss eines Temperaturfühlers; durch einen Stopfen verschließbare Öffnung an der Rückseite



Entlüftungssystem zur Minderung einer prozessbedingten Feuchtigkeitsbildung



Türöffnungswinkel 180° für leichteres Probenhandling

Typ	Best.-Nr.	Beschreibung	Für HD
LS 40	36821	Lärmschutzbox (Dämpfung 30 dB-AU) + 230-V-EU Stecker CEE 7/7	
	36822	Lärmschutzbox (Dämpfung 30 dB-AU) + 230-V-CH Stecker SEV 1011: T12	2070.2 / 2200.2 3100 / 3200
	36823	Lärmschutzbox (Dämpfung 30 dB-AU) + 230-V-GB Stecker BS 1363	3400 / 4050 4100 / 4200 4400 / 5020
	36824	Lärmschutzbox (Dämpfung 30 dB-AU) + 115-V-US Stecker NEMA 5-15	5050 / 5100 5200

Die Lärmschutzbox LS 40 kann mit dem Haltegestell HG 40 oder alternativ einem passenden Laborstativ verwendet werden.

Das Gehäuse, der Spritzschutz, die Auffangschale und das Lochblech sind aus Edelstahl (1.4301) gefertigt.

Für die direkte und indirekte Beschallung

Das Haltegestell HG 40 lässt sich flexibel in der Lärmschutzbox LS 40 platzieren, um eine direkte oder indirekte Beschallung durchzuführen.



Direkte Beschallung

Lärmschutzbox LS 40, Haltegestell HG 40 mit Halterung WH 40, Ultraschallwandler UW 200, Stufenhorn SH 200 G, Sonotrode TS 113 und Rosettenzelle RZ 3



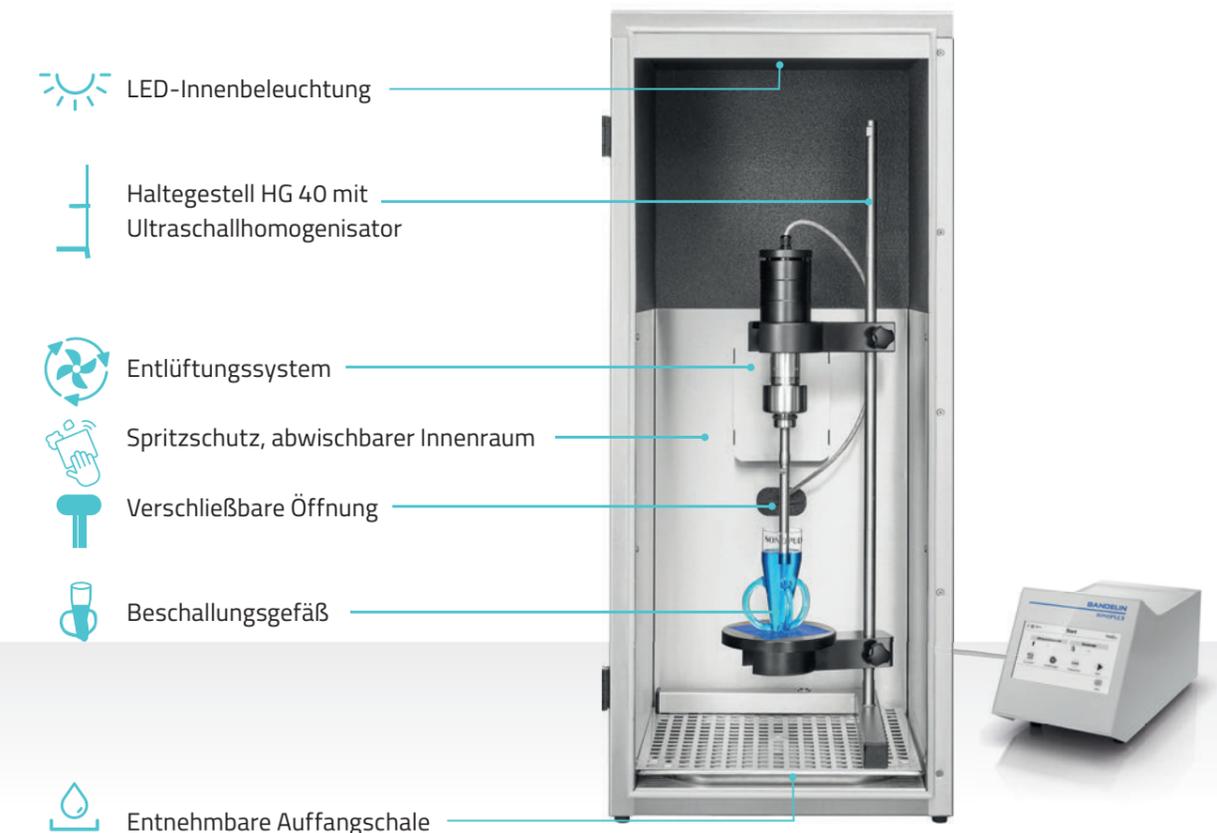
Direkte Beschallung

Lärmschutzbox LS 40, Haltegestell HG 40 mit zwei Halterungen WH 40 und Auflagetisch AT 40, Ultraschallwandler UW 200, Stufenhorn SH 200 G, Sonotrode TS 113 und Rosettenzelle RZ 3



Indirekte Beschallung

Lärmschutzbox LS 40, Haltegestell HG 40 mit zwei Halterungen WH 40, Ultraschallwandler UW 200 und Beschallungsbecher BB 6 mit Reaktionscuphalter EH 6



Temperaturfühler TM

Durch den Anschluss des Temperaturfühlers am Ultraschallgenerator (Serie HD 4000) oder am Ultraschallwandler (Serie HD 5000) wird die Temperaturerfassung aktiviert und eine benutzerdefinierte Temperaturüberwachung während des Beschallungsprozesses möglich.

Es können Probertemperaturen im Bereich von -10 bis 120 °C gemessen werden.

Es dürfen keine hohen Temperaturen in den Ultraschallwandler gelangen (max. 80 °C). Langfristig hohe Temperatureinwirkung muss vermieden werden!

Typ	TM 50	TM 5000
Für HD	4050 / 4100 / 4200 / 4400	5020 / 5050 / 5100 / 5200
Durchmesser der Messspitze [mm]	1,9	2
Länge Fühler [mm]	100	150
Best.-Nr.	3733	3763



TM 50



TM 5000



Fußschalter TS

Anstelle der Taste „START/STOPP“ am Ultraschallgenerator kann das Gerät auch mittels Fußschalter betätigt werden. Mit 3 m Anschlussleitung.

Typ	TS 8
Für HD	4050 / 4100 / 4200 / 4400
Best.-Nr.	513



Laborkühler **LABOCOOL LC 200**

Der Laborkühler LABOCOOL LC 200 dient zur effektiven Kühlung offener Beschallungsgefäße bei der Probenbeschallung mit dem SONOPULS Ultraschallhomogenisator. Im Vergleich zu herkömmlichen Laborkühlern zeichnet sich der LC 200 durch einen geschlossenen Wasserkreislauf ohne Ausgleichstank aus. Somit wird ein

konstanter Wasserspiegel im Beschallungsgefäß erzielt und ein Überlaufen ausgeschlossen. Aufgrund des natürlichen Kältemittels R-290 ist der Laborkühler besonders effizient und klimafreundlich.

Für konstante Medientemperatur im Ultraschallbad:
LABOCOOL LC 400

Applikationen mit Kühlung

Die Beschallung biologischer Proben verkürzt die Analysezeiten und ermöglicht reproduzierbarere Ergebnisse. Aufgrund der hohen eingebrachten Ultraschalleistung entsteht Reibungswärme welche die Beschallungsflüssigkeit in kurzer Zeit erwärmt. Zum Schutz der Probe vor übermäßigen Wärmeeintrag ist

daher bei vielen Anwendungen der Anschluss eines separaten Kühlsystems notwendig. Der LABOCOOL LC 200 bietet für diese Anwendung eine anschlussfertige Komplettlösung mit stets ausreichender Kühlung auf Knopfdruck.

Einsatz bei Anwendungen mit dem Beschallungsbecher BB 6

Der Laborkühler LC 200 wird mittels der mitgelieferten Schläuche mit dem Beschallungsbecher BB 6 verbunden. Die Platzierung des Beschallungsbeckers in der Lärmschutzbox ist ebenfalls möglich.

Einsatz bei Anwendungen mit dem Tellerresonator TR 110

Der Tellerresonator zeichnet sich durch ein effektives Kühlkonzept mittels jeweils zwei Kühlwasserzuleufen und Abläufen aus. Diese werden anhand des mitgelieferten Zubehörs mit dem LC 200 verbunden. Beim Einsatz in der Lärmschutzbox kann der LC 200 neben der Lärmschutzbox platziert werden.



LABOCOOL LC 200 mit HD 5200 und BB 6

LABOCOOL LC 200 mit HD 5200 und TR 110

Vorderseite

Die an der Vorderseite befindliche Anzeige gibt den Status der Kühlfunktion sowie die Wassertemperatur im Gerät wieder. Anhand der seitlichen Tasten lässt sich die gewünschte Wassertemperatur in einem Bereich von 5–30 °C einstellen.



Bedienfeld
Zuluftgitter mit spülbarem Luftfilter

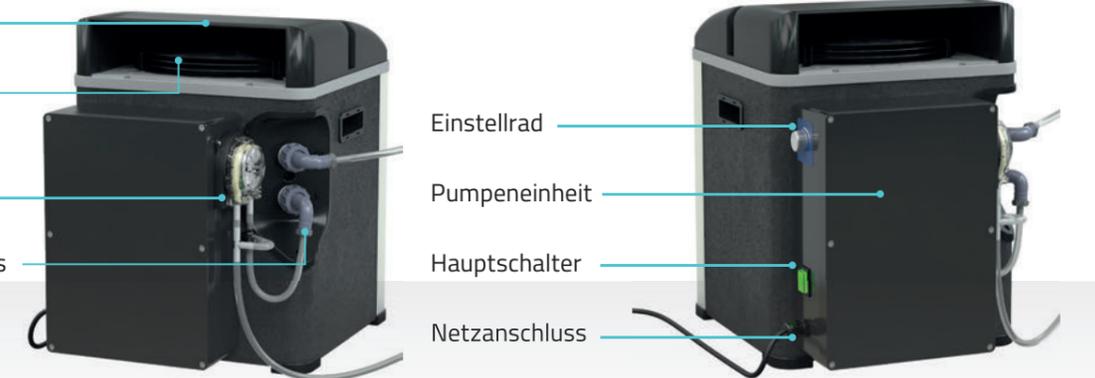


Rückseite

An der Rückseite des Geräts befindet sich die Pumpeneinheit sowie der Hauptschalter des Geräts. Mittels eines Einstellrads lässt sich der Volumenstrom der selbstansaugenden Schlauchpumpe variieren.

Ablufthaube mit variabler Ausrichtung
Lüftung
Schlauchpumpe
Schlauchanschluss mit 4 mm Außendurchmesser für mitgelieferten Silikonschlauch

Einstellrad
Pumpeneinheit
Hauptschalter
Netzanschluss



Typ	Best.-Nr.	Für HD	Außenmaße L x B x H [mm]	Kühlleistung [W]	Kältemitteltyp	Kältemittelmenge [g]	Pumpentyp	Pumpenleistung [W]	Durchflussrate [l/h]
LC 200	3855	4200/5200	415 x 320 x 420	200	R-290	90	Schlauchpumpe	10	36



Grundsätzliche Hinweise für die Anwendung

Die wichtigsten Infos zur Handhabung in der Praxis.

[ab Seite 74](#)



Einstellen der Beschallungsparameter

Erklärung der relevanten Faktoren für ein optimales Ergebnis.

[ab Seite 78](#)



Applikationsübersicht

Vorstellung verschiedener Verfahren und Branchen für Ultraschallanwendungen.

[ab Seite 80](#)

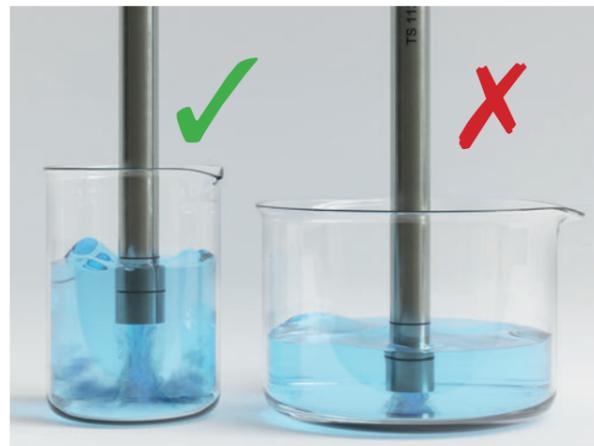
Grundsätzliche Hinweise für die Anwendung

Der Erfolg der Beschallung hängt entscheidend von der richtigen Wahl der Geräte- und Methodenparameter ab. Anhand der bisherigen Ausführungen und / oder der Beratung durch BANDELIN-Mitarbeiter haben Sie inzwischen das passende Gerät mit der passenden Sonotrode und möglichem Zusatzequipment ausgewählt. Im folgenden Kapitel werden die Parameter erläutert, um die geeignete Methode für Ihre Fragestellungen zu

finden und die Beschallung erfolgreich durchzuführen. Da die Fragestellungen sehr individuell sind, kann die Vorgehensweise so gewählt werden, dass anhand ähnlicher Applikationsbeispiele eine Basismethode verwendet wird, die jedoch gegebenenfalls zur Optimierung der Bedingungen für die eigene Fragestellung in anfänglichen Testreihen mit dem hier vermittelten Grundwissen modifiziert wird.

Auswahl der Gefäße

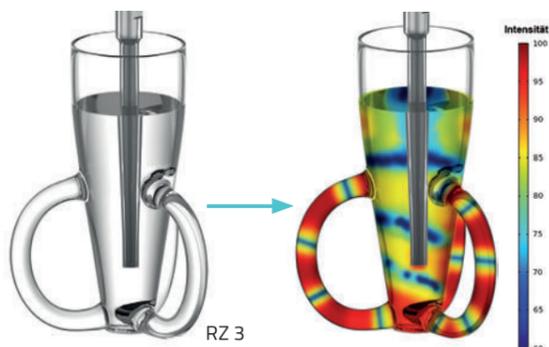
Sie können grundsätzlich alle Gefäße verwenden, auch jedes Material (Glas, Kunststoff etc.) ist möglich. Ein schmales Gefäß ist jedoch einem breiten Gefäß vorzuziehen. Die Energie wird nur nach unten abgestrahlt, nicht zur Seite! Die Probe wird nach unten gedrückt und dann in alle Richtungen. Ist das Gefäß zu breit, können sich die Probenbestandteile z. B. nicht richtig vermischen, ein Teil bleibt unbeschallt. Besser ist ein schlankes, hohes Gefäß. Tendenziell werden gute Erfahrungen mit eher schmalen und spitz zulaufenden (konischen) Gefäßen gemacht. Die Leistungsübertragung ist optimal und ein Spritzen wird eher verhindert. Mit den als Zubehör angebotenen sogenannten Rosettenzellen kann ein höherer Grad der Verwirbelung erzielt werden. Durch den Schalldruck wird die Probe gegen den Gefäßboden und anschließend durch die drei Seitenarme gedrückt und damit wiederholt beschallt. Die Probe verbleibt nur kurz im Beschallungsfeld, andere Proben können „nachfließen“. Bei Platzierung in z. B. „crushed ice“ wird die Probenflüssigkeit beim Durchfließen der Seitenarme sehr gut und wirksam gekühlt.



Optimale Schallverteilung in schmalen Gefäßen



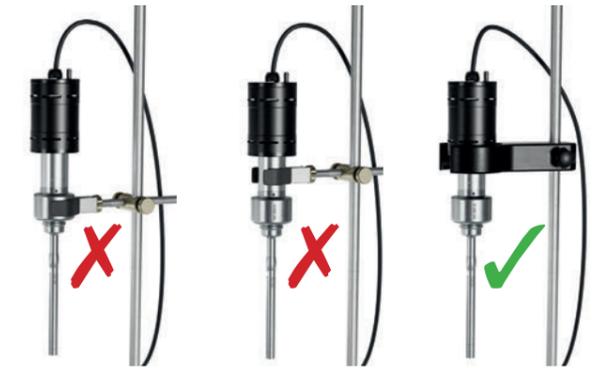
Kühlung der Probe in einer Rosettenzelle RZ mit Crushed Ice



Darstellung der Intensitätsareale in einer Rosettenzelle
Quelle: Berliner Hochschule für Technik (BHT)

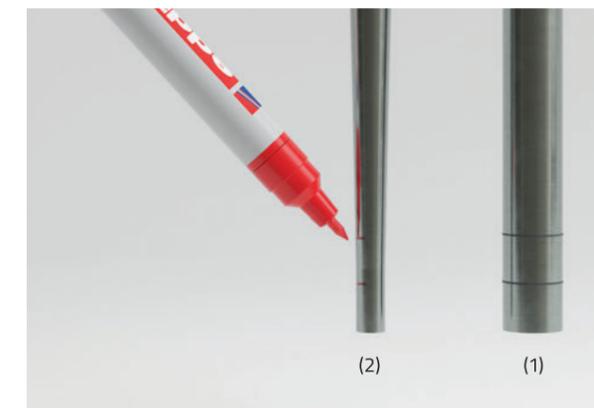
Fixierung des Ultraschallwandlers

Die Ultraschallwandler dürfen grundsätzlich nur am schwarzen Gehäuse gehalten werden, beispielsweise durch eine Stativklemme. Bei Nichtbeachtung kann es zu Funktionsstörungen oder mechanischen Störungen kommen, beispielsweise wird die voreingestellte Amplitude nicht erreicht und eine Fehlermeldung ausgegeben.



Eintauchtiefe der Sonotrode

Sonotroden müssen korrekt eingetaucht werden, in der Regel ca. 1–2 cm. Bei zu geringer Eintauchtiefe kann die Probe schäumen oder spritzen, bei zu hoher Eintauchtiefe ist zum einen die Zirkulation nicht effektiv und zum anderen kann die Sonotrode seitlich zu stark bedämpft werden (besonders bei hochviskosen Medien). Beides führt zu schlechten Ergebnissen.



Oft ist die Eintauchtiefe der Sonotrode nicht zu erkennen, da entweder die Probenflüssigkeit eine zu dunkle Färbung aufweist oder das Reaktionsgefäß „auf Eis“ platziert wird. Unsere zylindrischen Sonotroden (1) sind daher mit Markierungen im unteren Bereich versehen, um die Eintauchtiefe zu kontrollieren. Bei den sogenannten Mikrospitzen (2) kann man sich selbst behelfen, indem man zunächst bei Tests in Wasser die optimale Eintauchtiefe bestimmt und dann mit einem Permanentmarker die Sonotrode an der entsprechenden Stelle markiert. So kann die richtige Eintauchtiefe realisiert werden.

Beschallung von stückigem Probegut in einer Flüssigkeit

In vielen Fällen ist eine mechanische Vorzerkleinerung erforderlich, da Ultraschall auf kleine Teilchengrößen wesentlich effektiver wirken kann. Wenn stückiges Probegut beschallt werden soll, ist die Sonotrode direkt an der Probe zu platzieren.



Sonotroden mit „zerklüfteter“ Oberfläche

Im Verlaufe der Nutzung erodiert die Sonotroden-
spitze. Damit nimmt die Effizienz der Beschallung ab
und die Reproduzierbarkeit der Probenbeschallung wird
schlechter. Je glatter die schallabstrahlende Fläche,
umso besser ist die Leistungsabgabe in das Medium.
Glätten Sie die Sonotrode schon dann, wenn die Zer-
klüftung noch gering ist (siehe Gebrauchsanweisung).
Wenn die Zerklüftung tiefer als etwa 1 mm ist, sollte die
Sonotrode entsprechend Gebrauchsanweisung nachge-
arbeitet oder ersetzt werden.



Richtwerte für die Lebensdauer der Sonotroden

Die aufgeführten Werte gelten für die maximale
Amplitude bei der Anwendung in Wasser bis zu einem
Materialabtrag ≤ 1 mm an der Sonotroden-
spitze.

Abhängig von den Einsatzbedingungen kann die
tatsächliche Lebensdauer länger oder kürzer sein.
Die Lebensdauer ist in Stunden [h] angegeben.

Sonotrode	HD 5020
MS 1.5	40
MS 2.0	25
MS 2.5	30

Sonotrode	HD 4050/5050
TS 102	17
TS 103	36
TS 104	64
TS 106	138
TS 109	311

Sonotrode	HD 4100/5100
TS 102	9
TS 103	19
TS 104	34
TS 106	74
TS 109	166
TS 113	308
TT 213	273

Sonotrode	HD 4200/5200
TS 103	10
TS 104	17
TS 106	37
TS 109	83
TS 113	154
TT 213	136
TS 216	245
TS 219	345
TS 225	560

Sonotrode	HD 4400
TS 413	77
TS 416	122
TS 419	173
TS 425	280
TS 432	432
TS 438	609

Montieren der Sonotroden

Es ist unbedingt darauf zu achten, dass ein minima-
les Drehmoment [Nm] nicht unterschritten wird, damit
eine sichere mechanische Verbindung zwischen Sono-
trode und Horn und somit die Funktion gewährleistet
ist. Die Verwendung eines Drehmomentschlüssels wird
empfohlen (Anzugsmomente – siehe Gebrauchsanwei-
sung). Gleiches gilt bei einem Wechsel des Horns.

Sonstige Hinweise

Bei **Kleinstvolumina** ist die Sonotrode so weit wie
möglich einzutauchen, damit keine starken Bewegun-
gen an der Probenoberfläche auftreten.

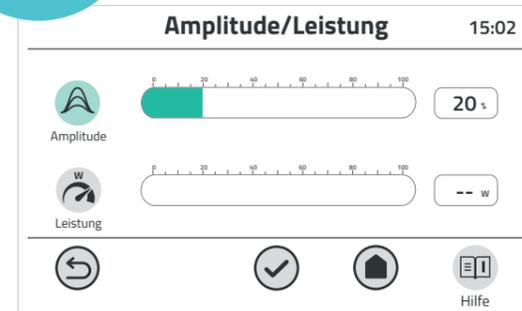
Tendiert die Probe weiterhin zum Schäumen, sollte
zunächst mit geringerer Amplitude gearbeitet, das
Medium gekühlt und / oder der Pulsbetrieb gewählt

werden. Bei Bedarf können auch Glaskügelchen
(Durchmesser 0,5 mm) hinzugefügt werden. Diese
Kügelchen sinken nach der Beschallung auf den Bo-
den und können abzentrifugiert werden.
Ein konisches Gefäß oder ein Gefäß mit unregelmä-
ßiger Innenoberfläche ist ebenfalls gut geeignet, um
das Schäumen zu verhindern.

Einstellen der Beschallungsparameter

Amplitude

Mit dem Einstellen der Amplitude werden die Höhe des Leistungseintrags und das Maß der Kavitationsstärke gesteuert. Die Einstellung erfolgt in Prozent von der maximalen Amplitude der Sonotrode. Die Amplitude muss anwendungsspezifisch gewählt werden, um das gewünschte Beschallungsergebnis zu erzielen. Sind Amplitude und Beschallungsdauer, und damit der Energieeintrag, zu hoch, kommt es gegebenenfalls zu unnötig starker Erwärmung, zum Spritzen oder Schäumen der Probenflüssigkeit oder möglicherweise zum Zerstören von Probenbestandteilen. Richtwerte für Einstellungen können unseren Applikationsbeispielen entnommen werden oder sind experimentell zu ermitteln.

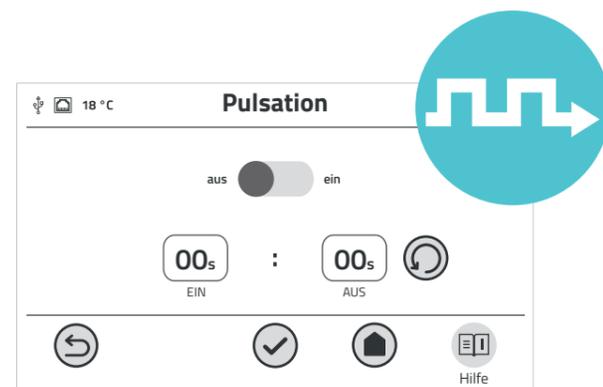


Kühlung

Die eingetragene Leistung wird, je nach Bedingungen, in Wärme umgewandelt; es kann so bei kleinen Volumina zu starken Temperaturerhöhungen der Probe kommen. Die Erwärmung kann mit den oben beschriebenen Parametern Amplitude, Puls und Beschallungsdauer beeinflusst werden. Es sollte geprüft werden, ob die dann doch noch eintretende Erwärmung die Probe negativ beeinflusst. Für diesen Fall wird die Kühlung der Proben empfohlen. Dies kann mit geringem Aufwand durch Platzieren der Probengefäße im Eisbad oder „crushed ice“ realisiert werden. Alternativ können aus unserem Sortiment Gefäße mit Kühlmantel erworben werden.



Kühlung mit Crushed Ice



Pulsation

Standardmäßig sollte die Energie während der Beschallung dauerhaft in die Probe übertragen werden. In diesem Fall läuft das Gerät im Dauerbetrieb („nonstop“). Es gibt Applikationen, in denen es sinnvoll ist, den Energieeintrag in Zeitintervallen durchzuführen. Gründe für das Pulsieren sind z. B. eine unerwünscht schnelle Erwärmung der Probe, ein gewünschtes Absetzen der Probe am Gefäßboden oder beabsichtigte Reaktionen während der Pausen.

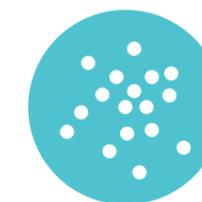
Beschallungsdauer

Die Beschallungsdauer liegt im stationären Betrieb in der Regel zwischen 15s und 5 min. Ähnlich wie für die gewählte Amplitude gilt, dass eine zu kurze Beschallung gegebenenfalls nicht ausreichend für das gewünschte Beschallungsergebnis ist. Eine zu lange Beschallung führt gegebenenfalls zu unnötiger Temperaturerhöhung der Probe oder sogar zur Beeinträchtigung der Probenbeschaffenheit. Nicht zuletzt wird der Bearbeitungsaufwand möglicherweise unnötig erhöht. Es ist also empfehlenswert, anhand der in Kapitel 4 aufgeführten

Applikationen eine Tendenz für die Beschallungsdauer auszuwählen, dann aber in kleinen Testreihen zu analysieren, welche Dauer für die eigene Applikation optimal ist, da in der Regel keine 100%ige Übereinstimmung hinsichtlich Gefäß, Probenvolumen, Konzentration u. Ä. vorhanden ist.



Beads im Reaktionscup



Einsatz von Beads

Für besonders festes Material kann es hilfreich sein, der Lösung Glaskügelchen, sogenannte Beads, zuzusetzen, die den Effekt der Ultraschallkavitation verstärken. Beads können in verschiedenen Größen (Durchmesser bis 0,5 mm) und unterschiedlichen Mengen zugesetzt werden. Oft kann mit dem Verhältnis 1/3 Beads zu 2/3 Lösung ein gutes Ergebnis erzielt werden. Beim Einsatz von Beads muss ein höherer Abtrag der Sonotroden einkalkuliert werden.



Beads stark vergrößert

Applikationsübersicht

Die Anzahl der möglichen Anwendungen ist sehr groß und die Anwendungsbereiche sind enorm breit gefächert, stetig kommen neue hinzu. Die wichtigsten Verfahren und Branchen, in denen der Ultraschallhomogenisator im Labor oder der Sonoreaktor im

Produktionsmaßstab angewendet werden, sind im Folgenden aufgeführt. Sehen Sie es als Anregung für Ihre individuelle Situation, in der der Ultraschallhomogenisator oder der Sonoreaktor eine Lösung darstellen können.

Grundsätzliche Verfahren

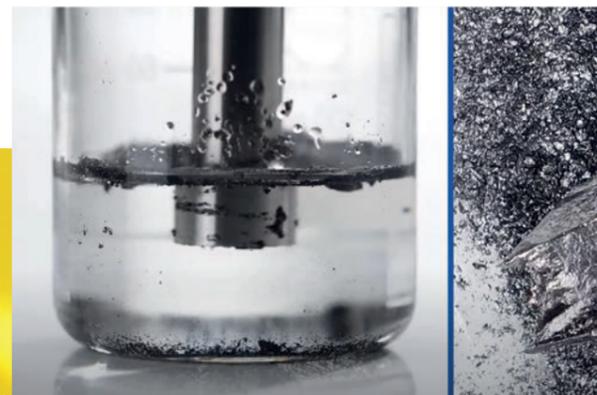
Dispergieren: Suspendieren, Emulgieren

Beim Dispergieren werden Stoffe, die sich nicht oder kaum ineinander lösen, optimal durchmischt. Man unterscheidet abhängig vom Dispersionsmedium und der dispersen Phase verschiedene Dispersionsarten.

Emulsion-flüssig in flüssig (Dispersionsphase) Suspension-fest in flüssig

Sowohl beim Emulgieren als auch beim Suspendieren können durch den Einsatz eines Ultraschallhomogenisators sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Partikel werden desagglomeriert und elektrostatische Anziehungskräfte (Van-der-Waals-Kräfte) durchbrochen. Durch die hohen Kräfte (siehe Grundlagen Ultraschall) werden sehr feindisperse Emulsionen / Suspensionen mit sehr kleiner Tröpfchen- oder Teilchengröße bis in den Mikro- und Nanometerbereich erlangt, was zu sehr guten Stabilitäten der resultierenden Emulsionen / Suspensionen führt. Es kommt dabei anders als bei anderen Methoden weder zu einer Klümpchen- oder Traubenbildung, Sedimentation noch unerwünschten Luft einschließen. Anwendungsbeispiele sind das Herstellen von Tinte, Farben, Kosmetika, technischen Ölen u. v. m.

Im Bereich der Nanopartikel hat sich insbesondere in den letzten Jahren eine Vielzahl von Anwendungen verbreitet. Mittels Ultraschall können hier besonders gute Dispersionsergebnisse bezüglich der mittleren Partikelgröße und der Partikelgrößenverteilung erzielt werden. Die Beschallung mit Ultraschall ist in jedem Maßstab, angefangen von μl bis hin zum Upscaling in den Produktionsmaßstab, möglich. Die Beschallung kann diskontinuierlich oder im Durchfluss geschehen. Als Beispiel sei hier die Produktion pharmazeutischer Zubereitungen, insbesondere feinstdispenser Emulsionen, wie Lotionen oder Salben, genannt. Bei der Verwendung von mechanischen Homogenisatoren kommt es bei zu langsamem Rühren oft zum Abtrennen der Flüssigkeit und ein zu schnelles Rühren führt zu unerwünschten Luft einschließen. Mit dem Ultraschallhomogenisator wird eine physikalisch stabile Emulsion erzeugt! Die Ausbeute der Tröpfchenzerkleinerung wird maßgeblich von der applizierten Amplitude bestimmt.



Homogenisieren

Wird Ultraschall für das Homogenisieren eingesetzt, werden die Partikel (flüssig oder fest) in einer Flüssigkeit zerkleinert und es erfolgt somit eine intensivere Durchmischung. Es gibt sehr vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Für das Homogenisieren in der Probenvorbereitung in der Analytik siehe unten.



Extraktion

Ein weiterer äußerst interessanter Einsatzbereich ist die Extraktion von Inhaltsstoffen aus festen Partikeln in die flüssige Phase. Vorteile, die bei vielen Anwendungen im Vergleich zu anderen Extraktionsmethoden zu erzielen sind:

- höhere Ausbeute
- geringere Extraktionsdauer
- niedrigere notwendige Temperatur
- geringerer Anteil von Lösungsmitteln
- vollständige Umstellung auf wässrige Phasen

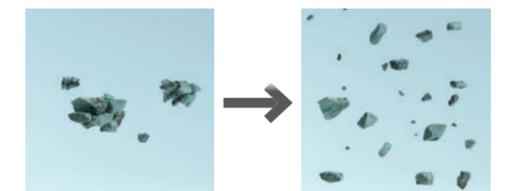
Teilweise ist eine Kombination von Ultraschall mit anderen Extraktionsmethoden sinnvoll. Die Applikation kann sehr individuell auf die Anforderungen eingestellt werden, ein Upscaling auf Produktionsprozesse ist sehr gut möglich.

Ein Beispiel der Anwendung ist die Extraktion von mineralischen Bestandteilen aus Boden als Probenvorbereitung für die Analytik. Die Extraktion erfolgt bereits nach 10 s vollständig, im üblichen Überkopfschüttler wird 1 h geschüttelt.

Desagglomerieren

Agglomerate lassen sich mit einem Ultraschallhomogenisator sehr wirkungsvoll zerstören. Dies findet beispielsweise Anwendung in der Probenvorbereitung für die Partikelgrößenanalyse, als Vorbereitung für die Zellzahlbestimmung in der Mikrobiologie, für die Herstellung von stabilen Proteinlösungen etc. Mit der hohen Variabilität des Leistungseintrags kann sichergestellt werden, dass genau die richtige Menge an Leistung

eingetragen wird, die eine vollständige Desagglomeration, aber keine Degradation der Teilchen, Zellen o. Ä. bewirkt.



Entgasen, Entschäumen

Das Entfernen von Luft oder anderen Gasen aus Flüssigkeiten ist vielfach essenziell für die weitere Verwendung, beispielsweise für HPLC-Laufmittel, für die Analytik von kohlesäurehaltigen Getränken, für das Entgasen oder Entschäumen von Emulsionen, Lacken o. Ä. Das Entgasen oder Entschäumen ist mittels Ultraschallhomogenisator sehr schnell, effektiv und unkompliziert möglich. Selbst große Probenvolumina, auch chemische Lösungen, können mit Ultraschall entgast werden. Dies geschieht meistens in einer Durchflusszelle, die auch in eine Produktionslinie integriert werden kann, wo beispielsweise Gas aus einer Flüssigkeit ausgetrieben werden muss (Entgasungsöffnung muss vorhanden sein).



Probenvorbereitung für die Analytik: Homogenisieren, Extraktion, Desagglomeration, Entgasen

Diese Verfahren kommen sehr weit verbreitet in der Probenvorbereitung für die Analytik zum Einsatz und sind im Vergleich zu alternativen Verfahren besonders wirkungsvoll und einfach in der Anwendung. Die Beschallung dauert wenige Sekunden oder Minuten. Die Vorbereitung, Nutzung und Reinigung sind extrem einfach und unkompliziert. Es ist kein Demontieren des Geräts zur Reinigung notwendig. Der Einsatz eines Autosamplers ist möglich.

Beispiele für Applikationen sind:

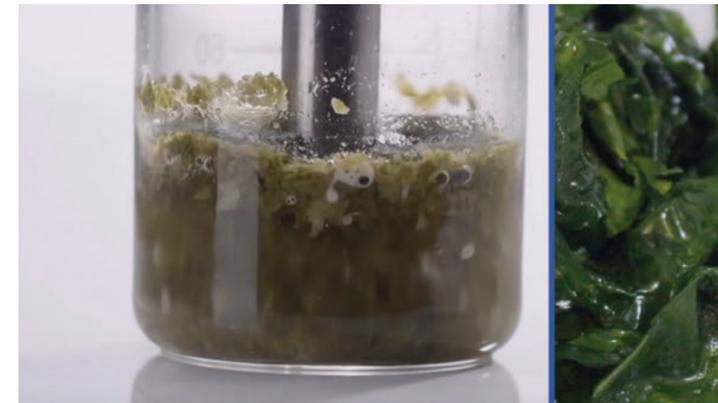
- Desagglomeration als Probenvorbereitung für die Partikelgrößenanalyse
- Homogenisierung von Abfall-, Abwasser-, Lebensmittelproben für die Inhaltsstoffanalytik
- Extraktion von Inhaltsstoffen, beispielsweise Mineralien aus Boden u. a.
- Entgasen von kohlenstoffhaltigen Getränken für eine störungsfreie Analytik der Inhaltsstoffe

Dabei können Volumina von μl -Mengen bis 3000 ml stationär oder mit einem Durchflussgefäß aus Edelstahl oder Glas in einer Größendimension von bis zu bis zu 100 l/h beschallt werden. Dabei kann die zu behandelnde Lösung auch mehrfach im Kreislauf durch das Beschallungsgefäß geführt werden. Bei grobstückigem Gut ist in der Regel eine Vorzerkleinerung sinnvoll. Falls notwendig, ist auf einfache Weise eine Kühlung möglich (Eisbad, Durchfluss-Kühlmantel). Mit der Pulsierung (zyklische Beschallung) wird zum einen eine zu schnelle Erwärmung vermieden und zum anderen eine gute Verwirbelung der Probe erreicht. Lange Sonotroden eignen sich besonders zur Beschallung beispielsweise keramischer Suspensionen oder zur Probenvorbereitung für die Korngrößenanalyse.



Aufschluss von Zellen, Mikroorganismen und Gewebe

Der Ultraschallhomogenisator hat sich seit Jahrzehnten als Standardmethode für den Aufschluss von Zellen verschiedenster Art etabliert. Bakterien, Hefen, Pilze, eukaryotische oder Pflanzenzellen, Gewebe sowie Algen, selbst Mikroalgen, können aufgeschlossen werden. Hier ist besonders die große Variationsbreite des Leistungseintrags relevant. Damit kann der Grad des Aufschlusses gesteuert werden. Auf Wunsch kann beispielsweise auch eine Fragmentierung der DNA erzielt werden. Zu viel Leistungseintrag führt gegebenenfalls zu einem zu hohen Aufschlussgrad oder zu unnötiger Erwärmung. Eine Kühlung ist hierbei für die meisten Anwendungsfälle zu empfehlen. Teilweise wird eine indirekte Beschallung vorgezogen. Es sind auch sehr kleine Mengen im μl -Bereich gut und einfach zu beschallen.



Zellaufschluss

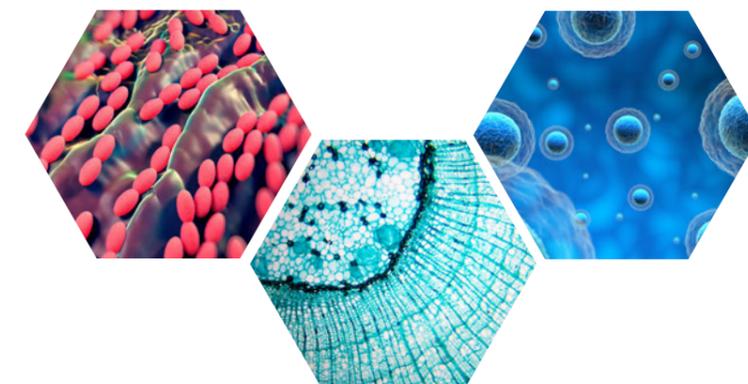
Durch die Sonifikation mit einem Ultraschallhomogenisator werden kurze Aufschlusszeiten erzielt, insbesondere bei Bakterien. 20 ml einer 20%igen Hefezellenlösung können in 20 min aufgeschlossen werden (Einsatz von Beads). Bei tierischen Zellen, die nur von einer äußeren Membran umgeben sind, hat man eine wesentlich geringere Aufschlusszeit als mit alternativen Methoden. Man benötigt wenige Sekunden bis 5 min. Bei pflanzlichen Zellen benötigt man bis zu 15 min, da die Zellen eine zusätzliche formgebende Membran besitzen. Eine thermische Schädigung der Zellinhalte kann durch eine Pulsierung, das heißt eine periodische Unterbrechung der Leistungszufuhr, verhindert werden. Am Gerät können dazu die jeweils geeigneten Zeitintervalle eingestellt werden. Während der Impulspause wird eine Abkühlung ermöglicht. Zusätzlich können Kühlgefäße aus Glas oder Edelstahl eingesetzt werden, sodass eine Temperierung durch flüssige Kühlmittel während der



Beschallung möglich ist. Gut geeignet ist auch der Einsatz von Rosettenzellen, in denen die Probe, bedingt durch die Form der Seitenarme (Zirkulation), wiederholt und gleichmäßig beschallt werden kann. Eine Kühlung ist hier leicht möglich, zum Beispiel durch das Platzieren des Gefäßes in ein Eisbad. Größere Mengen können in einem Durchflussgefäß beschallt werden, welches mit einem Kühlmantel ausgestattet ist.

Bei besonders resistenten Bakterien, Pilzen und Sporen ist eine direkte Beschallung mit Mikrospitzen hilfreich, da hier eine größere Leistungsdichte ermöglicht wird. Es sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass die Sonotroden aus einer Titanlegierung gefertigt und somit thermostabil und autoklavierbar sind.

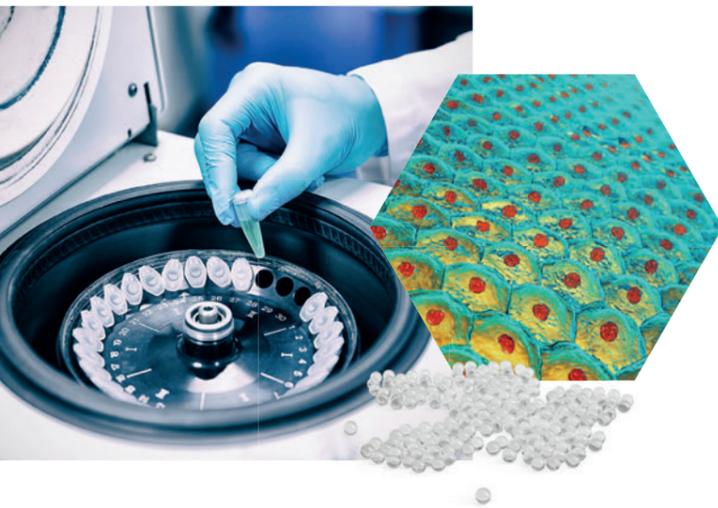
Die direkte Beschallung von μl -Mengen in 2-ml Kunststoffröhrchen wird erfolgreich mit dem 20-W-SONOPULS in der Praxis angewandt. Alternativ können μl -Mengen auch indirekt im Becherresonator beschallt werden. Das kann die bessere Alternative sein, wenn in der direkten Beschallung ein zu starkes Spritzen auftritt. Die erreichbaren Leistungsdichten sind damit allerdings geringer, der Zellaufschluss ist trotzdem vielfach möglich.



Gewebeaufschluss

Interessant ist auch der Einsatz von Ultraschall bei Gewebeaufschlüssen, besonders für schwierige Gewebe wie z. B. Gehirn, Leber, Blase, Aorta, Niere, Lunge, Haut, Muskel, Knochen, Herzmuskel und Fibrine. Beschallt man ein intaktes Gewebestück, dann müssen sich Gewebestück und Sonotrode berühren. Wegen einer möglichen schnellen Erwärmung der Probe kann eine Kühlung erforderlich sein. Entscheidend sind auch Material, Form und Größe des Probengefäßes. Probengefäße aus dünnem Glas, wie Pyrex oder Vycor, tendieren dazu zu brechen, wenn die Sonotrode die Gefäßwandung berührt.

Empfohlen wird die Verwendung von Edelstahl-Zentrifugenröhrchen bzw. von sogenannten „Cold Shoulders Cooling Cells“. Dies sind dünne Edelstahl-Teströhrchen, mit einer Kammform an den Seiten und einem Grübchen auf dem Boden. Die Kammform erhöht den Wärmetransfer und das Grübchen sorgt für einen „Ruheplatz“ für das Gewebe. Bei Platzierung dieser Zelle in einem Eis-Wasser-Bad kann die Temperatur des Gewebe mittels Magnetrührer auf 5 °C gehalten werden.



Bei Haut ist ein effektiver Aufschluss nur möglich, wenn die Sonotrode an das Gewebe und gegen den Gefäßboden gepresst wird. Es werden noch schnellere Ergebnisse erzielt, wenn man der Lösung Glasperlen (Durchmesser bis 0,5 mm) hinzufügt, die nach der Beschallung auf den Gefäßboden fallen und danach abzentrifugiert oder abfiltriert werden. Ein gutes Verhältnis ist 1/3 Glasperlen zu 2/3 Lösung. 1 g Haut benötigt so z. B. 4 min für den Aufschluss.

Können Glasperlen nicht hinzugefügt werden, können Enzyme, wie beispielsweise Hyaluronidase, zum Lösen des zusammenhängenden Gewebes verwendet werden. Das Probengefäß sollte genügend mit Flüssigkeit gefüllt sein, um ein Schäumen zu verhindern, was aber nur ein Problem bei Kleinstvolumina darstellt. Man könnte auch einen Plastikring oder Draht auf die Oberfläche der Flüssigkeit platzieren und somit heftige Oberflächen- oder Kreisbewegungen vermeiden. Sehr kleine Gewebestücke können mit einer Mikrospritze in einem engen Gefäß gut aufgeschlossen werden.

Es ist kein besonderer Vorteil, das Gewebe in kleine Stücke zu schneiden, es sei denn, es soll unterhalb der Sonotrode „frei vorbeifließen“. In diesem Fall darf die Sonotrode nicht direkt auf dem Gewebe positioniert werden.

Wenn Einfrieren und Zermörsern zulässig sind, muss die Sonotrode das Gewebe nicht berühren. Es können auch größere Mengen beschallt werden. Eine einfache Methode für größere Mengen, beispielsweise 10 g Leber, ist folgende: Das Gewebe wird 10 s in einem Hochgeschwindigkeitsmischer verflüssigt. Danach wird die Sonotrode in die Flüssigkeit getaucht und 15 s beschallt. Wenn subzelluläre Bestandteile intakt bleiben sollen, sollte man mit geringerer Amplitude arbeiten und die Beschallungsdauer eventuell erhöhen.

Sonochemie

Der Begriff „Sonochemie“ beschreibt den Einsatz von Ultraschall für die Beeinflussung von chemischen Reaktionen oder Polymerisationen. Effekte, die mit dem Einsatz gewünscht und erzielt werden, sind beispielsweise die Steigerung der Reaktionsgeschwindigkeit und Ausbeute insgesamt oder von einzelnen Reaktanden / Katalysatoren oder die Beeinflussung des Reaktionswegs. Teilweise finden Reaktionen überhaupt erst statt, wenn

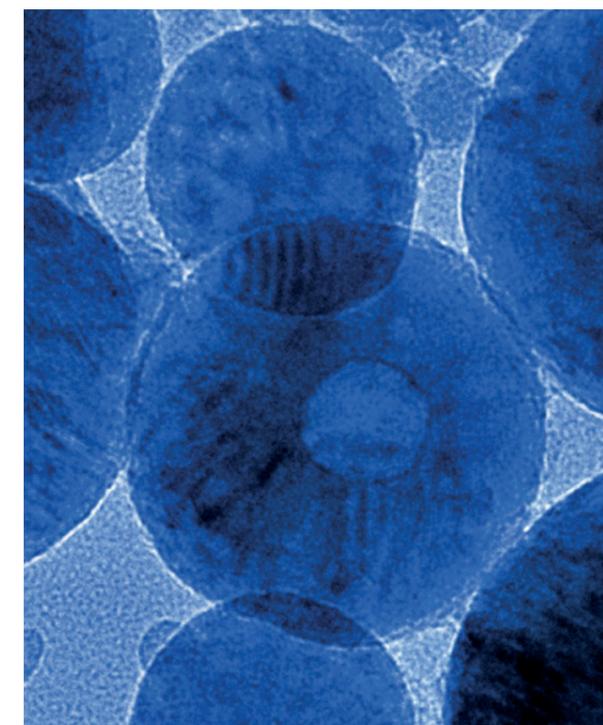
Leistung mittels eines Ultraschallhomogenisators eingebracht wird. Die Effekte sind nachvollziehbar extrem individuell, eine Erprobung und Methodenentwicklung können sehr lohnenswert sein.



Branchen mit Ultraschallanwendungen

Biologie – Mikrobiologie – Life Science – Humanmedizin

Der Aufschluss von Zellen oder Gewebe ist für die vielfältigsten Zell- und Gewebeatarten eine etablierte Methode mit guten Ergebnissen. Bezüglich der Volumina gibt es keinerlei Einschränkungen, sei es das Mikroviol im Labor oder die Anwendung im Produktionsmaßstab. Fermentationsprozesse können aktiviert oder beschleunigt, Zellen im Großmaßstab aufgeschlossen werden. Ein spezieller Aufbau optimiert den Umsatz in Biogasanlagen.



Nanomaterialien

So weit verbreitet, wie heute der Einsatz von Nanomaterialien sowie so groß deren Produktvielfalt ist, so vielfältig ist auch der Einsatz des Ultraschallhomogenisators in diesem Bereich. Klassische Anwendungen sind das Desagglomerieren von Nanopartikeln in Lösungen für die weitere Verwendung, die Partikelgrößenanalyse oder das Suspendieren von Nanopartikeln in Lösungen für die Weiterverarbeitung, für Toxizitätstests o. Ä. Ultraschallhomogenisatoren werden ebenfalls für die Herstellung von Nanomaterialien eingesetzt, wobei es um Beschleunigung, Reaktionssteuerung, Erhalt von definierten Partikelstrukturen u. Ä. geht. Weitere erfolgreich erprobte Applikationen sind die positive Beeinflussung für die Herstellung von Oberflächenbeschichtungen oder Funktionalisierungen / Phasentransfers von Nanopartikeln. Bezüglich der Volumina gibt es auch hier keinerlei Einschränkungen, sei es das Mikroviol im Labor oder die Anwendung im Produktionsmaßstab.

Lebensmittel und Getränke

Für die Analytik von Lebensmitteln müssen diese häufig in einer flüssigen Phase homogenisiert werden, was mit dem Ultraschallhomogenisator äußerst einfach, schnell und effizient realisiert werden kann. Durch den hohen Leistungseintrag werden kleinere Teilchen erzeugt und damit eine homogenere Verteilung erzielt. Vielfach sind damit keine Lösungsmittelzusätze mehr erforderlich, kleinere Probenmengen sind einsetzbar. Das Haupteinsatzgebiet von Ultraschallhomogenisatoren liegt in der Aufbereitung bzw. Probenvorbereitung, beim Homogenisieren und Extrahieren von Substanzen aller Art. Die Probenvielfalt ist groß. Die Beschallung von beispielsweise Hartkäse, Frischkäse, Salami, Schinken hat sich in der Praxis sehr gut bewährt. In der Getränkeindustrie ist besonders das Entgasen per Ultraschallhomogenisator eine weit verbreitete Anwendung, sei es für die anschließende Analytik oder anderweitige Weiterverarbeitung. 0,5 l Bier werden z. B. bei 100% Amplitude und 50% Pulsierung in 1 min entgast.



Mikrobielle Prozesse wie Fermentation, Zellaufschluss, Enzymaktivierung etc. können sehr vielfältig unterstützt / ausgeführt werden. Für einen größeren Probendurchsatz in der Probenvorbereitung können Autosampler eingesetzt werden. Im Produktionsmaßstab können sämtliche Prozesse wie Homogenisieren, Dispergieren, Suspendieren, Emulgieren oder Entgasen mittels Sonoaktor mit individuellem Aufbau prozessiert werden.

In Zusammenarbeit mit Universitäten, verschiedenen Firmen und Untersuchungsämtern wurden diverse Referenzuntersuchungen durchgeführt. An einer Universität wurde beispielsweise zur Bestimmung des intramuskulären Fetts und des Fettsäuremusters im Schweinefleisch ein Verfahren zur schnellen und



schonenden Isolierung von Fett entwickelt. Hierzu wurden 50 Kotelettproben von Schweinen untersucht. Es wurde püriertes Fleisch mit ultraschallhomogenisiertem Fleisch verglichen.

Durch den Einsatz des Ultraschallhomogenisators konnte man sowohl Zeit als auch Energie sparen und zudem war eine geringere Probenmenge erforderlich! Des Weiteren sind beispielsweise 50 g gefrorener Fisch ohne Zugabe von Lösungsmittel in weniger als 1 min homogenisiert. Käse, insbesondere auch Streichkäse, wird in der Praxis mit guten Anwendungsvorteilen, nämlich einfacher Handhabung und sehr schnellem Reinigen, in der Probenvorbereitung für die Analytik (Nitratbestimmung u. a.) homogenisiert. Es werden nachgewiesenermaßen sehr zuverlässige Analysenergebnisse erhalten.



Kosmetik

Emulsionen und Suspensionen sind Grundpfeiler für Produkte sowie Entwicklungs-, Analysen- und Produktionsprozesse in der kosmetischen Industrie. Wie bereits beschrieben, führt die Beschallung mit dem Ultraschallhomogenisator zu Emulsionen und Suspensionen mit hervorragenden Eigenschaften bei einfachster Handhabung und optimaler Flexibilität hinsichtlich der Einstellung der Eigenschaften (Tröpfchen bzw. Partikelgröße, Stabilität etc.). Ein weiterer Anwendungsbereich ist das Extrahieren von Inhaltsstoffen aus Pflanzen, es kann schnell, effizient und mit hoher Ausbeute extrahiert werden. Sowohl die Extraktionsdauer als auch die notwendige Extraktionstemperatur sind bei vielen Anwendungen günstiger als bei anderen Extraktionsmethoden.



Teilweise erweist sich auch die Kombination von klassischen Extraktionsmethoden mit dem Ultraschallhomogenisator als besonders erfolgreich.

Diese Prozesse sind sowohl im Labormaßstab als auch im Produktionsbereich mit individuell ausgerichteten Technikkonstellationen realisierbar. Der Ultraschallhomogenisator hat sich des Weiteren hervorragend in der Probenvorbereitung für die Analytik von Kosmetika etabliert, sei es für die Partikelgrößenanalyse, für das Homogenisieren von hydrophoben fettreichen Substanzen wie Make-up, Lippenstift oder Wimperntusche zur Analytik der Inhaltsstoffe (z. B. per HPLC) oder für weitere Analysetechniken.

Chemie und Pharma

Aus der breit gefächerten Vielfalt der Produkte und Prozesse in diesen zwei Branchen resultiert die große Zahl möglicher Anwendungen der oben beschriebenen Verfahren mit dem Ultraschallhomogenisator im Labor- und den Sonoaktoren im Produktionsmaßstab. Zum einen gibt es die physikalischen Verfahren des Suspendierens, Emulgierens für Additive wie Pigmente oder andere Zusatzstoffe für Schmieröle, Rezepturen usw. Zum anderen ist mit der Sonochemie die direkte Beeinflussung von chemischen Reaktionen oder Polymerisationen hinsichtlich Ausbeute, Reaktionsgeschwindigkeit, Reaktionsführung etc. möglich. Die Überlappungen zwischen Pharma, Chemie, Phyto, Kosmetik, Life Science, Nanomaterialien sind inzwischen sehr zahlreich, die Übergänge sind fließend. Somit sind hier ebenfalls Applikationen wie Extraktion, Zellaufschluss, Desagglomeration (beispielsweise für partikuläre Polymerstrukturen) zu nennen. Um eine zu starke Dopplung zu vermeiden, werden hier nicht alle Aspekte

wiederholend angesprochen. Lesen Sie dazu bitte weiterführend in den einzelnen Abschnitten des Kapitels 4 grundsätzliche Anwendungsmöglichkeiten und bei den in diesem Kapitel aufgeführten benachbarten Branchen.





Tinte und Inkjet

Eine hervorragend eingeführte Applikation des Ultraschallhomogenisators ist die Dispersion von Tintenpigmenten. Weil Partikelgrößen bis in den niedrigen Nanometerbereich erzielt werden können, werden besonders feindisperse Tinten mit entsprechend hochwertigen Eigenschaften der resultierenden Produkte erzielt. Dabei können sowohl wässrige als auch lösungsmittelbasierte Tinten beschallt werden.

Ein weiterer Vorteil ist eine besonders sichere Prozessführung. Auch hier gilt: Sowohl die Prozessentwicklung im Labormaßstab als auch das Upscaling auf Produktionsprozesse sind sehr gut möglich.

Farben und Lacke, Oberflächenbeschichtung

Pigmente, Füllstoffe, Additive aller Art lassen sich sehr wirkungsvoll mithilfe von Ultraschall in Lacke, Farben oder andere Beschichtungsmaterialien einbringen. Auch für die Thematik Nanopartikel werden Ultraschallhomogenisatoren sehr erfolgreich im Labor, Sonoreaktoren im Produktionsbereich verwendet. Wenn es um Dispergieren, Emulgieren, Suspendieren, Desagglomerieren, Entschäumen oder Entgasen geht, ist Ultraschall ein probates Mittel zur Verfahrensrealisierung oder Verbesserung der Produkteigenschaften, wie oben beschrieben wurde. Bei den inzwischen mehr und mehr gewünschten Verschiebungen von lösemittelbasierten zu wässrig basierten Produkten bzw. der Reduktion von VOC kann Ultraschall ebenfalls hervorragend eingesetzt werden, sei es in der Produktentwicklung im Labormaßstab oder nach dem Upscaling in den Sonoreaktor in der Produktion.

Im Bereich der Analytik ist die Desagglomeration oder das Homogenisieren als Probenvorbereitung mittels Ultraschallhomogenisator erfolgreich möglich.



Im Bereich der Synthese sind ebenfalls Einsatzmöglichkeiten vorhanden, die Mini-Emulsionspolymerisation ist nur ein Stichwort dazu.

Baustoffindustrie

Keramik-, Zementhersteller u. Ä. setzen Ultraschallhomogenisatoren vielfältig ein. Das Vordispergieren von Schlickern, das Suspendieren von Feststoffen wie Aluminiumoxid, Siliziumdioxid etc., die Probenvorbereitung für die Partikelgrößenanalyse sind Beispiele für die Praxisanwendungen. Auch hier kann der Produktionsprozess, wie beispielsweise die Zementherstellung, positiv beeinflusst werden.

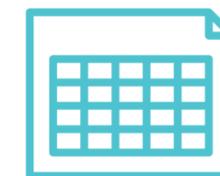




Detaillierte Applikationen
Ein Wort vorab

Kurze Erläuterungen zu den nachfolgenden Praxisbeispielen.

Seite 92



Applikationsübersicht

Tabellarischer Überblick über die häufigsten Anwendungen, geordnet nach Verfahren und Branchen.

ab Seite 94



Publikationen

Empfehlungen für weiterführende Fachliteratur zu Ultraschallhomogenisatoren und deren Anwendungen.

Seite 103

Detaillierte Applikationen

Ein Wort vorab

Die Methode der Ultraschallhomogenisation, das heißt das direkte Einbringen von Ultraschallleistung in die Probe, hat sich als Ergänzung des altbekannten und bewährten Ultraschallbads im Labor seit Jahrzehnten in der Praxis bewährt. Lebensmittel, Boden, Abfall, Nanopartikel, Materialien, Kosmetik, Pharma, Biotech, Mikrobiologie, Life Science, Chemie sind nur einige der vielen Anwendungsgebiete, in denen der Ultraschallhomogenisator, bereits seit 1964 von BANDELIN gefertigt, im Einsatz ist.

Der Applikationsguide ist auf Anregung unserer Kunden entstanden und für unsere Kunden und Interessenten erstellt. Und nicht nur das, er ist vor allem mit unseren Kunden erstellt worden. Anwender berichten von ihren Erfahrungen aus der Praxis und stellen die Methodenparameter zur Verfügung, die sich in der Praxis bewährt haben. Es sind außerdem die Erkenntnisse und Erfahrungen aus unseren Ultraschall-Anwenderseminaren eingeflossen, in denen wir uns mit Theorie- und Praxisberichten in die Welt des Ultraschalls hineinbegeben haben. Aus den Gesprächen und praktischen Anwendungen mit den Proben der Teilnehmer sind weitere neue Erfahrungen für die erfolgreiche Anwendung der Geräte hervorgegangen: Wie kann man die Geräte erfolgreich anwenden? Wie lassen sie sich optimal in die übrigen Prozesse integrieren? Welche Produktfeatures und Informationen sind für Anwender wichtig?

Wann immer es um

- Homogenisieren, Suspendieren, Emulgieren,
- Probenvorbereitung für die Analytik,
- Desagglomerieren, Extrahieren,
- Zell- und Gewebeaufschluss oder
- Sonochemie

geht, ist der Einsatz des Ultraschallhomogenisators interessant, sofern ein flüssiges Medium vorhanden ist.



HD 4200 mit TS 113

Die Anzahl der Applikationen in einem bestimmten Anwendungsbereich steht nicht in engem Zusammenhang mit der Eignung des Ultraschallhomogenisators für diese Applikationen. Sie ist weitestgehend darauf zurückzuführen, in welchem Segment sich die Verwendung des Ultraschallhomogenisators bereits vor Jahren in der Praxis durchgesetzt hat oder wo seine Anwendung erst kürzlich „entdeckt“ wurde, dann aber oftmals mit besonderem Erfolg. Ein weiteres Kriterium ist die Detailsplittung der Applikation. Beschreibt man den Zellaufschluss sinnvollerweise für viele verschiedene Organismen einzeln, ist in anderen Bereichen wie dem Entgasen o.Ä., eine allgemeingültige Applikation ausreichend.

Nicht zuletzt können wir die Praxisbeispiele so vielfältig aufnehmen, wie sie uns von kooperativen Anwendern für die Verwendung in dieser Sammlung zur Verfügung gestellt werden.

Die Applikationssammlung erweitert sich stetig. Wir freuen uns über jedes weitere Feedback zu interessanten Applikationen.

In der Übersicht sehen Sie, welche Applikationen aktuell als Praxisbericht schriftlich festgehalten sind. Gern lassen wir Ihnen nach Anforderung (info@bandelin.com) die passenden Applikationsschriften zukommen. Ist die von Ihnen gesuchte Anwendung nicht dabei, sprechen Sie uns gern an, sicher können wir Ihnen Tipps für die Ausführung geben.



Einordnung nach Verfahren

Dispergieren, Suspendieren

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-104	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Dispergieren von Kohlenstoff-Nanopartikeln in Weichmacheröl
C-105	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Dispergieren von keramischen Rohstoffen und Glaspulver
C-107	Dispergieren/ Suspendieren	Pharma	Herstellung von ultrafeinen pharmazeutischen Emulsionen
C-108	Dispergieren/ Suspendieren	Polymere	Herstellen von Mikrokapseln mit Monomeren
C-109	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Dispergieren von Feststoffen wie Aluminiumoxid und Siliziumdioxid
C-202	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Suspendieren von Multi-Wall Carbon Nanotubes (MWCNTs), GFKs und anderen schwer löslichen Materialien
C-203	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Probenvorbereitung von keramischen Suspensionen für die Partikelmessung – Korngrößenanalyse
C-207	Dispergieren/ Suspendieren	Polymere	Herstellung von Polymerpartikelsuspensionen
L-102	Dispergieren/ Suspendieren	Lebensmittel	Herstellung von Hopfenemulsionen
C-301	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Herstellung keramischer Schlicker (Al ₂ O ₃ in Wasser)
C-302	Probenvorbereitung	Kosmetik	Probenaufbereitung von Kosmetika in organischen und wässrigen Lösungsmitteln
C-303	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Dispergierung von Titandioxid in Öl oder Wasser
C-304	Probenvorbereitung	Sonstige	Dispergieren von Ettringit, Aluminium- und Siliziumdioxid für die Korngrößenanalyse
C-305	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Dispergieren von Feststoffen wie sehr feinem Titandioxid oder Tonerde

Desagglomerieren

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-208	Desagglomeration	Mikrobiologie	Vereinzelung von Hefen zur Bestimmung der Lebendzellzahl
C-101	Desagglomeration/ Korngrößenanalyse	Materials	Desagglomeration von Wolframpulver für die nachfolgende Korngrößenbestimmung
C-102	Desagglomeration/ Korngrößenanalyse	Materials	Dispergieren von feinem Metallpulver (Al) für die nachfolgende Korngrößenbestimmung
C-106	Desagglomeration/ Korngrößenanalyse	Wasser /Abwasser	Desagglomeration von Wassersedimentproben als Vorbereitung zur Korngrößenanalyse
C-111T	Desagglomeration/ Korngrößenanalyse	Materials	Desagglomerieren als Probenvorbereitung Korngrößenanalyse – tabellarische Übersicht

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-204	Desagglomeration/ Korngrößenanalyse	Materials	Probenvorbereitung für die Partikelgrößenmessung von Katalysatordispersionen
C-208	Desagglomeration/ Korngrößenanalyse	Lebensmittel	Homogenisieren fester Nahrungsergänzungsmittel in Wasser zur Probenvorbereitung für die Partikelgrößenanalyse
C-211	Desagglomeration	Materials	Desagglomeration von über die Copräzipitationsmethode hergestellten IONP
C-304	Probenvorbereitung	Sonstige	Dispergieren von Ettringit, Aluminium- und Siliziumdioxid für die Korngrößenanalyse
C-305	Dispergieren/ Suspendieren	Materials	Dispergieren von Feststoffen wie sehr feinem Titandioxid oder Tonerde
C-306	Desagglomeration	Materials	Desagglomerieren von Keramiknanopartikeln

Entgasen, Entschäumen

siehe Abschnitt „Entgasen, Entschäumen“, Seite 82

Extraktion

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-201	Extraktion	Boden	Extraktion von austauschbarem Magnesium aus Boden
C-206	Extraktion	Farben/ Lacke	Extraktion von öligen Inhaltsstoffen aus ausgehärtetem Lack
U-301	Extraktion	Boden	Extraktion von wasserlöslichen Ionen aus Böden
U-303	Extraktion/ Probenvorbereitung	Boden	Extraktion/Homogenisieren von Boden in Flüssigkeiten zur Probenvorbereitung für die Analytik von Mineralstoffen (Mg, K, P, N) zur Düngemittlempfehlung

Probenvorbereitung Analytik (außer Korngrößenanalyse)

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-114	Probenvorbereitung	Medizin	Homogenisieren von Spermien zur Mengenbestimmung
B-212	Probenvorbereitung	Molekularbiologie	Lösen von Peptiden als Probenvorbereitung für die Analytik
C-110	Probenvorbereitung	Wasser / Abwasser	Probenvorbereitung von Abwasserproben
C-112T	Probenvorbereitung	Sonstige	Probenvorbereitung Analytik für Boden- und Abwasserproben
C-205	Probenvorbereitung	Kosmetik	Homogenisieren von Kosmetika in Lösungsmittel zur Probenvorbereitung für die Analytik
C-210	Probenvorbereitung	Wasser / Abwasser	Probenvorbereitung von partikelhaltigem Abwasser für die TOC-Bestimmung nach DIN EN 1484
L-101	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Schnelle und schonende Isolierung von Fett zur Fettsäurebestimmung in Fleisch – Verfahrensverbesserung

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
L-103	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Bestimmung der Fettsäureverteilung in Kuhmilch
L-201	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur Bestimmung des Nitratgehalts in Käse (Xylenolverfahren)
L-202	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehalts in Käse
L-203	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehalts in Käse
L-204	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung/ Homogenisation von Käse und anderen Lebensmitteln und Extraktion relevanter Analyten
U-203	Probenvorbereitung	Wasser / Abwasser	Probenvorbereitung auf einer Kläranlage
C-302	Probenvorbereitung	Kosmetik	Probenaufbereitung von Kosmetika in organischen und wässrigen Lösungsmitteln
C-304	Probenvorbereitung	Sonstige	Dispergieren von Ettringit, Aluminium- und Siliziumdioxid für die Korngrößenanalyse
L-301	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Homogenisieren von gefrorener Humanmilch und Aufschluss von Milchfettkügelchen
U-301	Extraktion	Boden	Extraktion von wasserlöslichen Ionen aus Böden
U-302	Probenvorbereitung	Abfall	Probenvorbereitung von Abfallproben
U-303	Extraktion/ Probenvorbereitung	Boden	Extraktion/Homogenisieren von Boden in Flüssigkeiten zur Probenvorbereitung für die Analytik von Mineralstoffen (Mg, K, P, N) zur Düngemittlempfehlung

Probenvorbereitung Korngrößenanalyse

siehe Abschnitt „Desagglomerieren“, Seite 81

Zell- und Gewebeaufschluss

Zellaufschluss

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-101	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zell- und Gewebeaufschluss, auch von µl-Mengen mit indirekter Beschallung im Becherresonator
B-102	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Hefezellen
B-108T	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Bakterien (Escherichia coli) – Tests verschiedener Parameter mit dem SONOPULS
B-109	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Pseudomonas thailandensis
B-110	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Lyse und Fragmentierung von Zellkulturen mittels indirekter Beschallung in der Krebsforschung
B-111	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Proteingewinnung für das Western-Blot-Verfahren, z. B. Nachweis von HIV oder anderen Infektionen
B-112	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von eukaryotischen Zellen als Vorstufe zur Proteinisolierung
B-113	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Insektenzellen als Vorstufe zur Proteinisolierung

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-115	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Säugerzellen
B-117	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Herstellung von Lysaten aus käuflich erworbenen Zellkulturen für Antikörperreaktionen
B-119T	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss verschiedener Organismen und Zellen – tabellarische Übersicht
B-201	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von E. coli in Volumina von µl bis l
B-203	Zellaufschluss	Algen	Zellaufschluss von Mikroalgen (Haematococcus pluvialis) zur Carotinoid-Analytik
B-205	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Escherichia coli zur Proteinanalytik
B-206	Zellaufschluss	Molekularbiologie/ Medizin	Zellaufschluss von Humanzellen
B-207	Zellaufschluss	Algen	Zellaufschluss von Mikroalgen und Cyanobakterien
B-209	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Herstellung von Zelllysaten von eukaryotischen Zellen in unterschiedlichen Volumina
B-211	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss zur Enzymaufbereitung für E. coli oder Pilzkulturen
B-302	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zeiteffizienter Aufschluss von Humanzellen
B-305	Zellaufschluss	Materials	Zellaufschluss von Acetobacter xylinum
B-306	Zellaufschluss	Genetik	Zellaufschluss von Erythrozyten für die Vaterschaftsbegutachtung
B-307	Zellaufschluss	Biochemie	Zellaufschluss von Candida albicans
B-308	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Staphylococcus aureus
B-309	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Streptococcus
B-310	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Pseudomonas aeruginosa
B-311	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Enterobacter zur Proteinisolierung

Gewebeaufschluss

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-106	Gewebeaufschluss	Gewebe	Gewebeaufschlüsse, insbesondere auch für schwierige Gewebe
B-107	Gewebeaufschluss	Gewebe	Gewebeaufschluss von größeren Mengen, z. B. Leber
B-116	Gewebeaufschluss	Molekularbiologie	Herstellung von Proteinlysaten aus Gewebe
B-118T	Gewebeaufschluss	Gewebe	Gewebeaufschluss-Applikationen – tabellarische Übersicht
B-202	Gewebeaufschluss	Toxikologie	Gewebeaufschluss – Homogenisieren von Organen in der Rechtsmedizin
B-301	Gewebeaufschluss	Molekularbiologie	Homogenisieren von Mausgewebe zur RNA-Isolierung
B-304	Gewebeaufschluss	Biochemie	Aufschluss von Hautgewebe

Sonstiges

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-103	Sonstige	Medizin	Gewinnung von stromafreiem Hämolyt aus EDTA-Blut beim Vaterschaftstest
B-104	Sonstige	Molekularbiologie	Liposomenherstellung
B-105	Sonstige	Molekularbiologie	Vervielfältigung infektiöser Prionen – Prozessbeschleunigung durch Ultraschall
B-204	Sonstige	Molekularbiologie	Homogenisieren von Peptid mit Freund's Adjuvans
B-210	DNA-Isolierung	Molekularbiologie	Aufschluss von FFPE-Gewebe für die DNA-Isolierung
C-103	Sonstige	Polymere	Abbau von Cellulose durch Ultraschall
C-209	Sonstige	Materials	Phasentransfer von Eisenoxid-Nanopartikeln
B-303	Zellaufschluss	Biochemie	Aufschluss von pflanzlichen Zellen
B-305	Zellaufschluss	Materials	Zellaufschluss von Acetobacter xylinum
B-306	Zellaufschluss	Genetik	Zellaufschluss von Erythrozyten für die Vaterschaftsbegutachtung
B-307	Zellaufschluss	Biochemie	Zellaufschluss von Candida albicans
B-308	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Staphylococcus aureus
B-309	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Streptococcus
B-310	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Pseudomonas aeruginosa
B-311	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Enterobacter zur Proteinisolierung
B-312	DNA-Fragmentierung	Mikrobiologie	Fragmentieren von Nukleinsäuren – Herstellen von künstlich degraderter DNA

Einordnung nach Branchen / Arbeitsgebieten

Materials

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-101	Desagglomeration / Korngrößenanalyse	Materials	Desagglomeration von Wolframpulver für die nachfolgende Korngrößenbestimmung
C-102	Desagglomeration / Korngrößenanalyse	Materials	Dispergieren von feinem Metallpulver (Al) für die nachfolgende Korngrößenbestimmung
C-104	Dispergieren / Suspendieren	Materials	Dispergieren von Kohlenstoff-Nanopartikeln in Weichmacherölen

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-105	Dispergieren / Suspendieren	Materials	Dispergieren von keramischen Rohstoffen und Glaspulver
C-109	Dispergieren / Suspendieren	Materials	Dispergieren von Feststoffen wie Aluminiumoxid und Siliziumdioxid
C-111T	Desagglomeration / Korngrößenanalyse	Materials	Desagglomeration als Probenvorbereitung für die Korngrößenanalyse – tabellarische Übersicht
C-202	Dispergieren / Suspendieren	Materials	Suspendieren von Multi-Wall Carbon Nanotubes (MWCNTs), GFKs und anderen schwer löslichen Materialien
C-203	Dispergieren / Suspendieren	Materials	Probenvorbereitung von keramischen Suspensionen für die Partikelmessung – Korngrößenanalyse
C-204	Desagglomeration / Korngrößenanalyse	Materials	Probenvorbereitung für die Partikelgrößenmessung von Katalysatordispersionen
C-209	Sonstige	Materials	Phasentransfer von Eisenoxid-Nanopartikeln
C-211	Desagglomeration	Materials	Desagglomeration von über die Copräzipitationsmethode hergestellten IONP

Polymere / Farben und Lacke

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-103	Sonstige	Polymere	Abbau von Cellulose durch Ultraschall
C-108	Dispergieren / Suspendieren	Polymere	Herstellung von Mikrokapseln mit Monomeren
C-206	Extraktion	Farben / Lacke	Extraktion von öligen Inhaltsstoffen aus ausgehärtetem Lack
C-207	Dispergieren / Suspendieren	Polymere	Herstellung von Polymerpartikelsuspensionen

Umwelt

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-106	Desagglomeration / Korngrößenanalyse	Wasser / Abwasser	Desagglomeration von Wassersediment als Vorbereitung zur Korngrößenanalyse
C-110	Probenvorbereitung	Wasser / Abwasser	Probenvorbereitung von Abwasserproben
C-201	Extraktion	Boden	Extraktion von austauschbarem Magnesium aus Boden
C-210	Probenvorbereitung	Wasser / Abwasser	Probenvorbereitung von partikelhaltigem Abwasser für die TOC-Bestimmung nach DIN EN 1484
U-203	Probenvorbereitung	Wasser / Abwasser	Probenvorbereitung auf einer Kläranlage

Life Science / Molekularbiologie

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-101	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zell- und Gewebeaufschluss, auch von µl-Mengen mit indirekter Beschallung im Becherresonator
B-102	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Hefezellen
B-103	Sonstige	Medizin	Gewinnung von stromafreiem Hämolyt aus EDTA-Blut beim Vaterschaftstest
B-104	Sonstige	Molekularbiologie	Liposomenherstellung
B-105	Sonstige	Molekularbiologie	Vervielfältigung infektiöser Prionen – Prozessbeschleunigung durch Ultraschall
B-108T	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Bakterien (Escherichia coli) – Tests verschiedener Parameter mit dem SONOPULS
B-109	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Pseudomonas thailandensis
B-110	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Lyse und Fragmentierung von Zellkulturen mittels indirekter Beschallung in der Krebsforschung
B-111	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Proteingewinnung für das Western-Blot-Verfahren, z. B. Nachweis von HIV oder anderen Infektionen
B-112	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von eukaryotischen Zellen als Vorstufe zur Proteinisolierung
B-113	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Insektenzellen als Vorstufe zur Proteinisolierung
B-115	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Säugerzellen
B-116	Gewebeaufschluss	Molekularbiologie	Herstellung von Proteinlysaten aus Gewebe
B-117	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Herstellung von Lysaten aus käuflich erworbenen Zellkulturen für Antikörperreaktionen
B-119T	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss verschiedener Organismen und Zellen – tabellarische Übersicht
B-201	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von E. coli in Volumina von µl bis l
B-204	Sonstige	Molekularbiologie	Homogenisieren von Peptid mit Freund's Adjuvans
B-205	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Escherichia coli zur Proteinanalytik
B-206	Zellaufschluss	Molekularbiologie/ Medizin	Zellaufschluss von Humanzellen
B-209	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Herstellung von Zelllysaten von eukaryotischen Zellen in unterschiedlichen Volumina

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-210	DNA-Isolierung	Molekularbiologie	Aufschluss von FFPE-Gewebe für die DNA-Isolierung
B-211	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss zur Enzymaufbereitung für E. coli oder Pilzkulturen
B-212	Probenvorbereitung	Molekularbiologie	Lösen von Peptiden als Probenvorbereitung für die Analytik
B-301	Gewebeaufschluss	Molekularbiologie	Homogenisieren von Mausgewebe zur RNA-Isolierung
B-302	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zeiteffizienter Aufschluss von Humanzellen
B-306	Zellaufschluss	Genetik	Zellaufschluss von Erythrozyten für die Vaterschaftsbegutachtung
B-308	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Staphylococcus aureus
B-309	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Streptococcus
B-310	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Pseudomonas aeruginosa
B-311	Zellaufschluss	Mikrobiologie	Zellaufschluss von Enterobacter zur Proteinisolierung
B-312	DNA-Fragmentierung	Mikrobiologie	Fragmentieren von Nukleinsäuren – Herstellen von künstlich degradierter DNA

Medizin / Toxikologie / Mikrobiologie / Algen

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-103	Sonstige	Medizin	Gewinnung von stromafreiem Hämolyt aus EDTA-Blut beim Vaterschaftstest
B-114	Probenvorbereitung	Medizin	Homogenisieren von Spermien zur Mengenbestimmung
B-202	Gewebeaufschluss	Toxikologie	Gewebeaufschluss – Homogenisieren von Organen in der Rechtsmedizin
B-203	Zellaufschluss	Algen	Zellaufschluss von Mikroalgen (Haematococcus pluvialis) zur Carotinoid-Analytik
B-207	Zellaufschluss	Algen	Zellaufschluss von Mikroalgen und Cyanobakterien
B-208	Desagglomeration	Mikrobiologie	Vereinzelung von Hefen zur Bestimmung der Lebendzellzahl

Lebensmittel

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-208	Desagglomeration/ Korngrößenanalyse	Lebensmittel	Homogenisieren fester Nahrungsergänzungsmittel in Wasser zur Probenvorbereitung für die Partikelgrößenanalyse
L-101	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Schnelle und schonende Isolierung von Fett zur Fettsäurebestimmung in Fleisch – Verfahrensverbesserung
L-102	Dispergieren/ Suspendieren	Lebensmittel	Herstellung von Hopfenemulsionen
L-103	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Bestimmung der Fettsäureverteilung in Kuhmilch
L-201	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur Bestimmung des Nitratgehalts in Käse (Xylenolverfahren)
L-202	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehalts in Käse
L-203	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehalts in Käse
L-204	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung/ Homogenisation von Käse und anderen Lebensmitteln und Extraktion relevanter Analyten

Pharma / Kosmetik

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-107	Dispergieren/ Suspendieren	Pharma	Herstellung von ultrafeinen pharmazeutischen Emulsionen
C-205	Probenvorbereitung	Kosmetik	Homogenisieren von Kosmetika in Lösungsmittel zur Probenvorbereitung für die Analytik
C-302	Probenvorbereitung	Kosmetik	Probenaufbereitung von Kosmetika in organischen und wässrigen Lösungsmitteln

Publikationen

SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren werden seit vielen Jahren in wissenschaftlichen Laboren erfolgreich eingesetzt. Entsprechend tauchen die Angaben dazu in mehreren Hundert wissenschaftlichen Publikationen zu den verschiedensten Themen auf. Diese Publikationen sind in den üblichen wissenschaftlichen Suchmaschinen mit den Suchoptionen SONOPULS und BANDELIN zu finden.

Probenvorbereitung zur Bestimmung von Partikelgrößen – Desagglomeration mit Ultraschallhomogenisatoren
Morten Schonert¹, Richard Winterhalter²,
Dr. rer. nat. Kirsten Siebertz³

-
- 1 Umicore AG & Co. KG, Automotive Catalyst, Hanau, Deutschland
 - 2 Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Chemikaliensicherheit und Toxikologie, Bayern, Deutschland
 - 3 TDCLAB Dr. Siebertz GmbH, Nidderau, Deutschland

Veröffentlicht in *GIT Labor-Fachzeitschrift*,
Ausgabe 01 / 2018, Seite 24–26

Probenvorbereitung mit dem Ultraschallhomogenisator – Einsatz im Analytiklabor nach Vergleich mit herkömmlicher Methode

(Einsatz des Ultraschallhomogenisators für die Probenvorbereitung Lebensmittel [Käse])
Susanne Zellermann¹, Hagen Nusche²,
Dr. rer. nat. Kirsten Siebertz³

-
- 1 Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei MV, Standort Neubrandenburg, Deutschland
 - 2 Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Nossen, Deutschland
 - 3 TDCLAB Dr. Siebertz GmbH, Nidderau, Deutschland

Vortrag *VDLUFA-Jahreskongress 2016 in Rostock*,
veröffentlicht in *VDLUFA-Schriftenreihe 73 (2016)*, Seite 598

Moderne Probenvorbereitung mit Ultraschallhomogenisatoren – Praxistest für Lebensmittel und Gewebe

Dr. Cora Wunder¹, Susanne Zellermann²,
Dr. rer. nat. Kirsten Siebertz³

-
- 1 Inst. f. Rechtsmedizin, Universität Frankfurt, Deutschland
 - 2 Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei MV, Standort Neubrandenburg, Deutschland
 - 3 TDCLAB Dr. Siebertz GmbH, Nidderau, Deutschland

Veröffentlicht in *GIT Labor-Fachzeitschrift*,
Ausgabe 11/2014, Seite 44–46



Ultraschallanwendungen in Technik und Produktion

Jochen Bandelin¹, Dr. rer. nat. Kirsten Siebertz²

-
- 1 BANDELIN electronic GmbH & Co. KG, Berlin, Deutschland
 - 2 TDCLAB Dr. Siebertz GmbH, Nidderau, Deutschland

Veröffentlicht in *LABO*, Ausgabe 09/2016, Seite 40–42

Effiziente Probenvorbereitung für die Partikelanalyse

Morten Schonert¹, Richard Winterhalter²,
Dr. rer. nat. Kirsten Siebertz³

-
- 1 Umicore AG & Co. KG, Automotive Catalyst, Hanau, Deutschland
 - 2 Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Chemikaliensicherheit und Toxikologie, Bayern, Deutschland
 - 3 TDCLAB Dr. Siebertz GmbH, Nidderau, Deutschland

Veröffentlicht in *Chemie Extra*, Ausgabe 06/2018

Preparing a Sample for Determining the Size of Particles

Morten Schonert¹, Richard Winterhalter², Dr. rer. nat.
Kirsten Siebertz³

-
- 1 Umicore AG & Co. KG, Automotive Catalyst, Hanau, Deutschland
 - 2 Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Chemikaliensicherheit und Toxikologie, Bayern, Deutschland
 - 3 TDCLAB Dr. Siebertz GmbH, Nidderau, Deutschland

Veröffentlicht im englischsprachigen *GIT Journal*:

[www.laboratory-journal.com/science/material-science/
preparing-sample-determining-size-particles](http://www.laboratory-journal.com/science/material-science/preparing-sample-determining-size-particles)

30. November 2018

Viel Energie, wenig Aufwand

M. Hamacher¹, Dr. rer. nat. Kirsten Siebertz²

-
- 1 Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Westfalen (CVUA), Standort Hagen, Deutschland
 - 2 TDCLAB Dr. Siebertz GmbH, Nidderau, Deutschland

Veröffentlicht in *LABO*, Ausgabe 02/2019, Seite 43–44

Service

Wir sind die Spezialisten für Ultraschall im Labor

05



SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren und Zubehör zur Miete

Mieten Sie einen unserer Ultraschallhomogenisatoren über einen bestimmten Zeitraum.

Seite 106



FAQ

Die wichtigsten Fragen, kurz beantwortet.

ab Seite 108



Ihre Ansprechpartnerin im Laborbereich

Lassen Sie sich kompetent und persönlich von unserer Expertin beraten.

Seite 110

SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren und Zubehör zur Miete

Sie benötigen zur Erprobung Ihrer Applikation einen Ultraschallhomogenisator? Wir stellen Ihnen ein Gerät 3 Wochen kostenlos zur Verfügung. Ab der 4. Woche wird eine Mietgebühr berechnet.

Hinweis: Eine Vermietung erfolgt nur innerhalb Deutschlands und wird nur gewerblichen Kunden angeboten.



In wenigen Schritten zum Mietgerät

1 Laden Sie auf unserer Website den Fragebogen herunter oder fordern ihn telefonisch oder per Mail an. Füllen Sie hier Teil A aus und senden ihn an uns per Mail zurück.

Zum Fragebogen:
[bandelin.com/fragebogen/
Fragebogen_Einsatz_SONO-
PULS_de_BANDELIN.pdf](http://bandelin.com/fragebogen/Fragebogen_Einsatz_SONOPULS_de_BANDELIN.pdf)



2 Wir wählen entsprechend Ihrer geplanten Applikation den passenden SONOPULS sowie das Zubehör dazu aus. Sie erhalten die Mietvereinbarung und senden diese unterschrieben zurück.

3 Dann geht es los: Der Ultraschallhomogenisator wird zum vereinbarten Zeitpunkt und Ort geliefert.

4 Nach der Anwendung retournieren Sie das Gerät **inklusive ausgefüllter Dekontaminationsbescheinigung** an uns zurück.

Download der Dekontaminationsbescheinigung:
[bandelin.com/fragebogen/
Dekontamination_DE_BANDELIN.pdf](http://bandelin.com/fragebogen/Dekontamination_DE_BANDELIN.pdf)



FAQ

FAQ zur praktischen Anwendung

Auswahl der Arbeitsfrequenz: 20 oder 40 kHz?

40 kHz werden allgemein zum Homogenisieren oder Mischen eingesetzt, da die gebildeten Kavitationsblasen kleiner sind als bei 20 kHz. Damit haben diese Blasen weniger Kraft während der Implosionsphase.

Gibt es technische Grenzen beim Einsatz von Ultraschall?

- A) Viskosität – je höher die Probenviskosität, umso geringer die Fähigkeit, die Schallwellen in die Probe zu übertragen. Maximale Viskosität ca. 1500 mPa s – bei höheren Viskositäten werden eigene Tests empfohlen.
- B) Temperatur – max. 80°C im Dauerbetrieb

Probenflüssigkeit spritzt aus dem Gefäß heraus.

Was muss ich verändern? Mögliche Ansätze:

- Einstellen einer geringeren Amplitude und Prüfung, ob das Ergebnis trotzdem noch zufriedenstellend ist
- Verwenden konischer Gefäße
- Erhöhen der Eintauchtiefe

Meine Probenflüssigkeit schäumt sehr stark.

Wie kann ich das verhindern?

- Erhöhen der Eintauchtiefe
- Hinzufügen von Glasbeads
- Verwendung eines konischen Gefäßes
- Positionieren von Draht auf die Probenoberfläche

Wie tief muss ich die Sonotrode eintauchen?

Normalerweise min. 0,5, max. 2 cm; ein zu tiefes Eintauchen bewirkt ein zu starkes Bedämpfen der Sonotrode. Ein ungenügender Leistungseintrag in die Probe ist die Folge. Bei Eppendorfcups so weit wie möglich dabei darauf achten, dass die Probe nicht schäumt!

Darf die Sonotrode während der Beschallung das Probengefäß berühren?

Nein. Es kann zu Schäden an der Sonotrode und am Gefäß (Anschmelzen, Bruch) kommen.

Darf die Sonotrode während des Beschallungsvorgangs mit den Händen berührt werden?

Nein. Es kann zu Schäden im Knochengewebe kommen.

Ich möchte Zellen vereinzeln / desagglomerieren, aber es werden dabei Zellen zerstört.

Was muss ich verändern?

Reduzieren Sie die Amplitude oder verwenden Sie eine Sonotrode mit größerem Durchmesser.

Wie erfolgt die Leistungsbestimmung bei SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren?

Für die Bestimmung der eingebrachten Leistung sollte das Gefäß, welches auch im Laboralltag verwendet wird, als Prüfgefäß fungieren. Dieses Gefäß wird mit Wasser gefüllt. Während einer definierten Zeitspanne wird das Wasser beschallt und die Temperaturerhöhung gemessen. Bei der kalorimetrischen Messung kann die Wärmemenge ΔQ mittels der Wärmekapazität C und der Temperaturdifferenz ΔT ermittelt werden. Daraus ergibt sich unter Berücksichtigung der Zeitdifferenz Δt die eingebrachte Leistung.

Dazu gilt folgende Formel¹:

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Es gilt:

P	Leistung [W]
ΔQ	zugeführte Energie, in diesem Fall die Wärmemenge [Ws]
Δt	Zeit [s]
c	spezifische Wärmekapazität [$\frac{J}{kg \cdot K}$]
ΔT	Temperaturdifferenz [K]
m	Masse der Prüfwassermenge [kg]

Unter Berücksichtigung des Wasservolumens lässt sich die volumetrische Leistungsdichte berechnen.

Genauere Hinweise können unter www.bandelin.com angefordert werden (Leistungsbestimmung SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren – 5169).

Können Lösungsmittel beschallt werden?

Ja, aber es muss ein sicherer Abzug der Dämpfe gewährleistet werden!

Nur kleine Mengen!

Flammpunkt beachten; gegebenenfalls Kühlung erforderlich!

¹ Die Formel ist nur zutreffend bei kleinen Volumina.

FAQ zu Geräten, Sonotroden, Sicherheitsaspekten

Was ist zu tun, wenn die Sonotrode bereits leicht zerklüftet ist?

Bis zu Tiefen von ca. 1 mm können die Sonotroden sehr gut eigenständig manuell nachbearbeitet werden, Anleitung siehe Gebrauchsanweisung.

Können Sonotroden in beliebigen Längen gefertigt werden?

Nein. Die Sonotroden sind immer auf die Resonanzfrequenz abgestimmt und durch die Konstruktion festgelegt. Sie schwanken im Millimeterbereich je nach den akustischen Eigenschaften der verwendeten Titanschmelze (Charge).

Muss ich bei der Entsorgung der Sonotroden etwas beachten?

Sonotroden können unkompliziert selbst entsorgt werden, es besteht kein Gefahrenpotenzial, sie enthalten kein Schwermetall und sind damit umweltfreundlich. Schrotthändler zahlen eine geringe Vergütung (Titan wiegt zwar wenig, ist aber wertvoll.)

Können Sonotroden auch aus einem anderen Material gefertigt werden?

Ja, aber mit jeweiligen Einschränkungen:

- **Quarzglas** – hier können nur sehr geringe Amplituden erreicht werden, da das Material hohen Amplituden nicht standhält.
- **Keramik** – höhere Amplituden als mit Quarzglas erreichbar, aber sehr bruchempfindlich.
- **Edelstahl** – ist sehr spröde bricht sehr schnell und hat stärkere Eigenerwärmung.
- **Aluminium** – zu weich. Eine bestimmte Härte ist wichtig, um die Kavitationserosion hinauszuzögern. Eingeschränkte Beständigkeit gegenüber Chemikalien.

Ist ein Gehörschutz erforderlich?

Der Ultraschallhomogenisator kann in einer Lärm-schutzbox betrieben werden, Erwerb über BANDELIN, bitte sprechen Sie uns an.

Alternativ sollte ein Gehörschutz eingesetzt werden: Kapselgehörschutz mit einem HM-Wert von 25–30 dB oder gleichwertige Gehörschutzstöpsel bzw. Otoplastiken, falls Kapselgehörschutz für den Einsatz ungeeignet sein sollte.

FAQ zu Normen und Richtlinien

Entsprechen Ultraschallhomogenisatoren den ROHS-Richtlinien?

Die Geräte entsprechen den ROHS-Richtlinien.

Ein Wort zum Schluss

Wir hoffen, Ihnen einen guten Überblick über die Möglichkeiten der praktischen Nutzung der SONOPULS Ultraschallhomogenisatoren vermittelt zu haben. Haben Sie noch Fragen, sprechen Sie uns gern für eine individuelle Beratung an. Geben Sie uns gern Ihre Ideen für weitere Inhalte im Applikationsguide weiter. Sehr gern nehmen wir Ihre individuelle Methode als Applikation in die Sammlung zum Nutzen der Community auf.

Unsere Einzelapplikationen können Sie entsprechend Kapitel 4 „Detaillierte Applikationen“ anfordern unter: marina.herrmann@bandelin.com

Ihre Ansprechpartnerin im Laborbereich

Wir beraten Sie gern persönlich!



Dipl.-Ing.
Marina Herrmann

Vertriebsleitung
Labor-Ultraschall

 +49 30 76880-18

marina.herrmann@bandelin.com

Kontakt

Anschrift:

BANDELIN electronic
GmbH & Co. KG
Heinrichstraße 3–4
12207 Berlin
DEUTSCHLAND

 +49 30 76880-0

info@bandelin.com

www.bandelin.com

Besuchen Sie uns auf Social Media:



Disclaimer / Bildnachweis

Technische Änderungen vorbehalten.
Maßangaben unterliegen Fertigungstoleranzen.
Abbildungen beispielhaft, nicht maßstabsgerecht.
Dekorationen nicht im Lieferumfang enthalten.

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.
Es gelten die AGB.
Fotos teilweise von: www.der-gottwald.de, Shutterstock.

Made in Germany

BANDELIN electronic
GmbH & Co. KG
Heinrichstraße 3–4
12207 Berlin
DEUTSCHLAND
☎ +49 30 76880-0
☎ +49 30 7734699
✉ info@bandelin.com

Zertifiziert nach
ISO 9001 und ISO 13485



Wir beraten Sie gern persönlich!
Fragen Sie unsere Experten.

+49 30 76880-0

www.bandelin.com

51082-002 de/2024-01