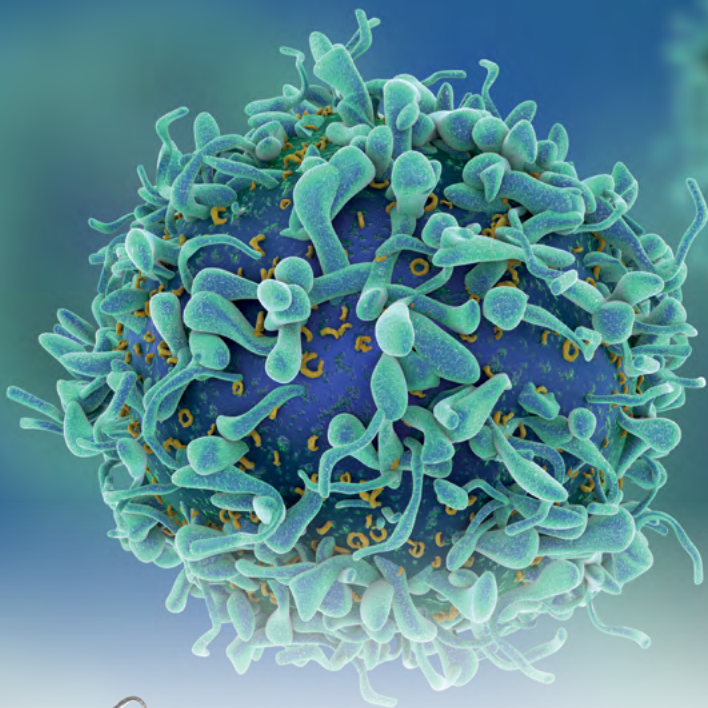


SONOPULS

Ultraschall-Homogenisatoren

Anwendungshinweise und Einsatzmöglichkeiten



- Homogenisieren
- Extrahieren
- Suspendieren
- Desagglomerieren
- Entgasen
- Emulgieren
- Aufschluss von Zellen und Gewebe
- Verfahrensoptimierung
- Beschleunigung chemischer Reaktionen

1964



Fertigung der
ersten Ultraschall-Homogenisatoren mit Röhrentechnik
SONOREX HE 1

Inhalt

1	Einführung	4
2	Quick Start für die Gerätenutzung im Labor	5
3	Grundlagen	6
4	Produkte und Anwendungsparameter	7
4.1	Prinzipieller Aufbau eines Ultraschall-Homogenisators	7
4.2	Wichtige Merkmale der Ultraschall-Homogenisatoren von BANDELIN.....	8
4.3	Produktauswahl.....	8
4.4	Wahl der Methodenparameter	17
4.5	Einstellen der Beschallungsparameter	18
5	Applikationsübersicht	19
5.1	Grundsätzliche Verfahren.....	19
5.2	Branchen mit Ultraschall-Anwendungen.....	22
6	Detaillierte Applikationen	25
6.1	Einordnung nach Verfahren	25
6.2	Einordnung nach Branchen / Arbeitsgebieten.....	28
6.3	Publikationen	31
7	FAQ	32
7.1	FAQ zur praktischen Anwendung.....	32
7.2	FAQ zu Geräten, Sonotroden, Sicherheitsaspekten.....	32
7.3	FAQ zu Normen und Richtlinien	33
8	Ein Wort zum Schluss	33

1986



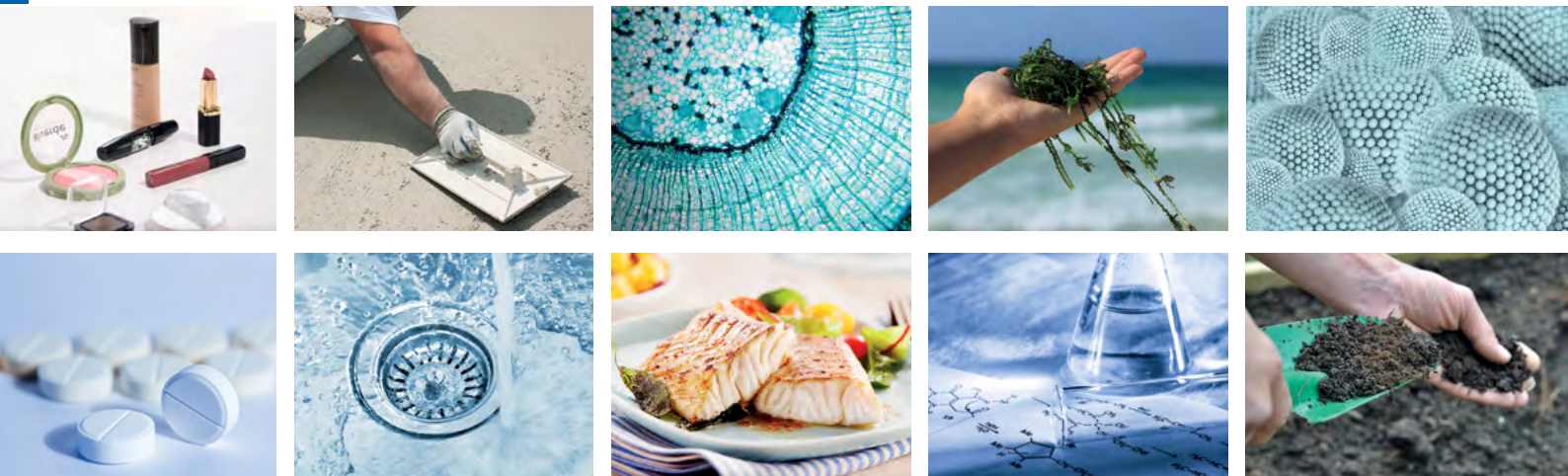
Einführung der
Ultraschall-Homogenisatoren
SD 9

1 Einführung

Herzlich willkommen zur dritten Ausgabe des Applikationsguides für den SONOPULS Ultraschall-Homogenisator. Sie interessieren sich vor dem Kauf für die vielfältigen Möglichkeiten seiner Anwendung, haben gerade das Gerät erworben und führen es nun als Routinemethode für einzelne oder gleich mehrere Anwendungen ein. Oder aber Sie nutzen die Methode der Ultraschall-Homogenisation schon lange erfolgreich für eine bestimmte Anwendung und haben nun entdeckt, wie vielfältig sie auch für weitere Applikationen in Ihrem Arbeitsumfeld genutzt werden kann.

Für viele Anwendungsgebiete werden Sie auf den folgenden Seiten die für Sie interessanten Informationen herauslesen und für Ihre Zwecke nutzen können. Und genau das ist unser Ziel.

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. In dieser dritten Ausgabe sind nicht zuletzt die Erkenntnisse und Erfahrungen aus unseren Ultraschall-Anwenderseminaren eingeflossen, in denen wir uns mit Theorie- und Praxisberichten in die Welt des Ultraschalls hinein begeben 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.



Die Methode der Ultraschall-Homogenisation, das heißt das direkte Einbringen von Ultraschall-Leistung in die Probe, hat sich als Ergänzung des altbekannten und bewährten Ultraschallbades im Labor seit Jahrzehnten in der Praxis bewährt. Lebensmittel, Boden, Abfall, Nanopartikel, Materialien, Kosmetik, Pharma, Biotech, Mikrobiologie, Life Science, Chemie: Diese und viele mehr sind Anwendungsgebiete, in denen der Ultraschall-Homogenisator, bereits seit 1964 von BANDELIN gefertigt, im Einsatz ist.

Wann immer es um

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

geht, ist der Einsatz des Ultraschall-Homogenisators interessant, **sofern ein flüssiges Medium vorhanden ist.**

2 Quick Start für die Gerätenutzung im Labor

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

Welche Applikationen grundsätzlich mit dem Ultraschall-Homogenisator möglich sind, siehe ab Pkt. 5.

1. Aufbau

a. siehe Gebrauchsanweisung

2. Auswahl der Sonotrode, passend zur Anwendung

- a. bereits bei der Kaufberatung ausgewählt
- b. oder siehe ab Pkt. 4.3.3

3. Gefäßauswahl

- a. Sie können bei entsprechender Wahl des Gerätes und der Sonotrode in der Regel die von Ihnen gewünschten Gefäße nutzen, z. B. passend für die Aktivitäten vor und/oder nach der Beschallung.
- b. Grundsätzlich sind schmale, höhere Gefäße besser geeignet als breitere, flache mit gleichen Volumina.
- c. Das Gefäß sollte nicht mehr als zu 2/3 mit Flüssigkeit gefüllt sein (Spritzgefahr).
- d. Weitere Details siehe gegebenenfalls ab Pkt. 4.3.3.

4. Weitere Hinweise für die Anwendung, Tipps und Tricks, siehe Pkt. 4.4.

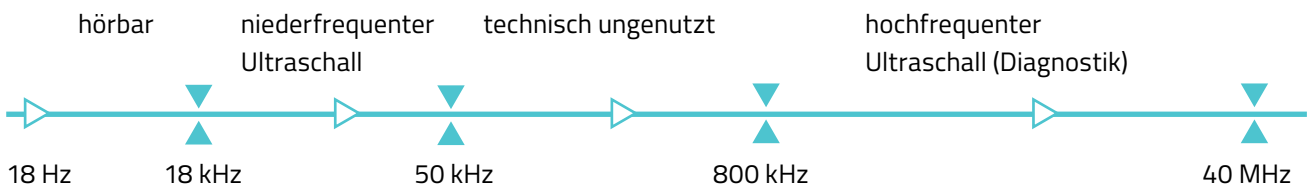
5. Verständnis für die Wahl der Beschallungsparameter, siehe Pkt. 4.5.

6. Übersicht über detaillierte Applikationen mit Angaben zu allen Details der Anwendung, siehe ab Pkt. 6.

7. Nutzen Sie bereits die Schallschutzbox für eine deutliche Reduktion der Geräusche während der Anwendung? Informieren Sie sich auf der Website www.sonopuls.info oder sprechen Sie uns an!



3 Grundlagen



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 höhere Frequenzbereiche genutzt werden.

Die niederfrequenten Ultraschall-Schwingungen führen in allen Flüssigkeiten zur Erzeugung von Millionen kleinster Vakuumbläschen, 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 gegenüber höheren Frequenzen um 35 kHz. Der Bereich des niederfrequenten Ultraschalls wird seit Jahrzehnten in vielfältigsten Ultraschallbädern angewendet. Der Prozess der Kavitation bewirkt, dass Schmutzreste sehr wirksam und zugleich schonend von den Oberflächen der in der Flüssigkeit vorhandenen Teile abgesprengt werden, auch aus Vertiefungen und Bohrungen.

Bei ausreichend hohen Beschallungsintensitäten können auch Infektionserreger in Verbindung mit Desinfektionspräparaten in kurzer Zeit deaktiviert werden. Andere Anwendungen sind z. B. das Entgasen oder das Vermischen von Flüssigkeiten.

Ultraschallbäder versus Ultraschall-Homogenisatoren

Im Vergleich zu den sehr verbreiteten Ultraschallbädern kann mit den sogenannten Ultraschall-Homogenisatoren 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 Vakuumbläschen, die sehr schnell wieder implodieren und dabei Schockwellen von mehr als 1000 bar auslösen, die zum Lösen von Partikeln oder Vermischen von Lösungsbestandteilen führen.

Folgende Tabelle verdeutlicht die Unterschiede zwischen Ultraschallbädern und -homogenisatoren.

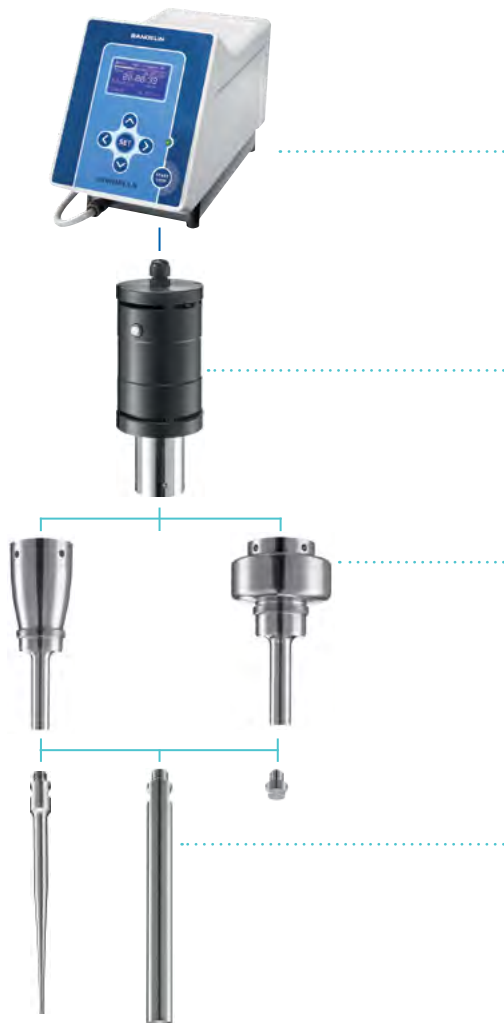
	Ultraschallbad	Ultraschall-Homogenisator
Probenvolumina	ca. 10 – 500 ml	ab 0,5 µl – 2 l (stationär)
Amplitude [µm]	ca. 4	max. 300
Intensität [W/l]	bis zu 50	bis zu 3.000
Frequenz [kHz]	35 Industrie: 25 oder 40	20 (30 / 40)
Schallverteilung	breitflächig	strahlenförmig
Fremdeintrag durch Kavitationserosion	unbedeutend, da i. d. R. indirekte Beschallung	ja, geringer Abtrag an der Sonotrodenspitze bei direkter Beschallung, Spuren kleinster Titanpartikel (TiAl6V4) in der Probe

4 Produkte und Anwendungsparameter

Ultraschall-Homogenisatoren erfüllen verschiedenste Aufgaben im Laboralltag. Entsprechend vielfältig ist auch das Geräteangebot. Das Verständnis über den prinzipiellen Aufbau der Homogenisatoren und der daraus resultierenden applikationsbezogenen Auswahl der einzelnen Komponenten ist die Basis für eine erfolgreiche Anwendung.



4.1 Prinzipieller Aufbau eines Ultraschall-Homogenisators



Aufbau und Arbeitsweise

Ultraschallgenerator (Steuerungsmodul)

Umwandlung aufgenommener niederfrequenter Netzspannung von 50 bzw. 60 Hz in eine hochfrequente Spannung von 20 kHz. Steuerung und Anzeige aller Prozessparameter und -abläufe.

Ultraschallwandler

Umwandlung der vom Generator gelieferten elektrischen Spannung in mechanische Schwingungen gleicher Frequenz.

Stufen- und Boosterhörner

Sie verstärken die vom Ultraschallwandler kommenden Schwingungen. Der Verstärkungsgrad der Amplitude ist abhängig von der Bauform.

Sonotroden

Sie übertragen die mechanischen Schwingungen in die Probe. Die Abstrahlfläche befindet sich nur an der Spitze, nicht an den Seiten. 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.

4.2 Wichtige Merkmale der SONOPULS Ultraschall-Homogenisatoren

Verständnis der Begriffe Leistung und Amplitude

Für die Auswahl eines Ultraschall-Homogenisators 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** der Sonotrode im Verhältnis zur Probenmenge. SONOPULS Ultraschall-Homogenisatoren liefern mit **gleicher elektrischer Leistungsaufnahme größere Amplituden der Sonotroden** als marktübliche Geräte.

Was bedeutet das?

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.

Das AMPLICHRON-Verfahren von BANDELIN garantiert eine **konstante Amplitude**, unabhängig von wechselnden Bedingungen in der zu beschallenden Probe und unterstützt reproduzierbare Ergebnisse. 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 Pkt. 4.4.2) oder zu hohe Viskosität des Mediums, ist das leicht erkennbar und liefert einen Rückschluss auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse!

Pulsierung

Alle SONOPULS Ultraschall-Homogenisatoren verfügen über eine Pulsfunktion. Diese ermöglicht, die Beschallungsdauer in aktive Beschallungszeiten und Ruhezeiten zu unterteilen. Durch diesen intermittierenden Prozess wird die Beschallung wärmeempfindlicher Proben erleichtert. Das ist besonders bei der Beschallung (Sonifizierung) von Kleinstmengen bzw. widerstandsfähigen Mikroorganismen mit langen Sonifizierungszeiten wichtig.

4.3 Produktauswahl

4.3.1 Einführung – Auswahlmöglichkeiten

Für die jeweilige Applikation kann durch die große Vielfalt von Geräten und Zubehör das optimale Equipment zusammengestellt werden:

- Auswahl der SONOPULS-Serie
- Sonotrodenart
- direkte oder indirekte Beschallung
- Beschallung im Durchfluss
- Kühlung während der Beschallung

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

4.3.2 Übersicht Einsatzbereiche und Ausstattung der Geräteserien

Aktuell sind drei SONOPULS-Serien verfügbar. Als grobe Richtlinien gelten folgende Kriterien:

Geräteserie HD 4000

Für Volumina von ca. 0,5 ml bis 3 l im stationären Betrieb oder bis zu 100 l/h im Durchflussbetrieb, erweiterte Bedienung und Einstellung von relevanten Parametern wie Amplitude / Leistung, Zeit und Pulsierung mit frei wählbaren Zeitintervallen, Temperaturmessung, Schnittstelle RS 232, + **Sequenzierung, unterschiedliche Ultraschallwandler-Typen anschließbar**. Die folgenden Ziffern kennzeichnen die Leistungsklasse des jeweiligen Gerätes: HD 4050 = 50 W, HD 4100 = 100 W, HD 4200 = 200 W, HD 4400 = 400 W.

Geräteserie HD 2000.2

Für Volumina von ca. 2 ml bis 1 l im stationären Betrieb oder bis zu 30 l/h im Durchflussbetrieb, einfache Bedienung und Einstellung von Basisparametern wie Amplitude, Zeit und Pulsierung mit frei wählbaren Zeitintervallen.

mini20

Geeignet für besonders kleine Probenvolumina von 0,1 – 25 ml, für Gefäße wie Eppendorfcups, Autosamplerröhrchen o. ä., bevorzugt für die manuelle Handhabung.

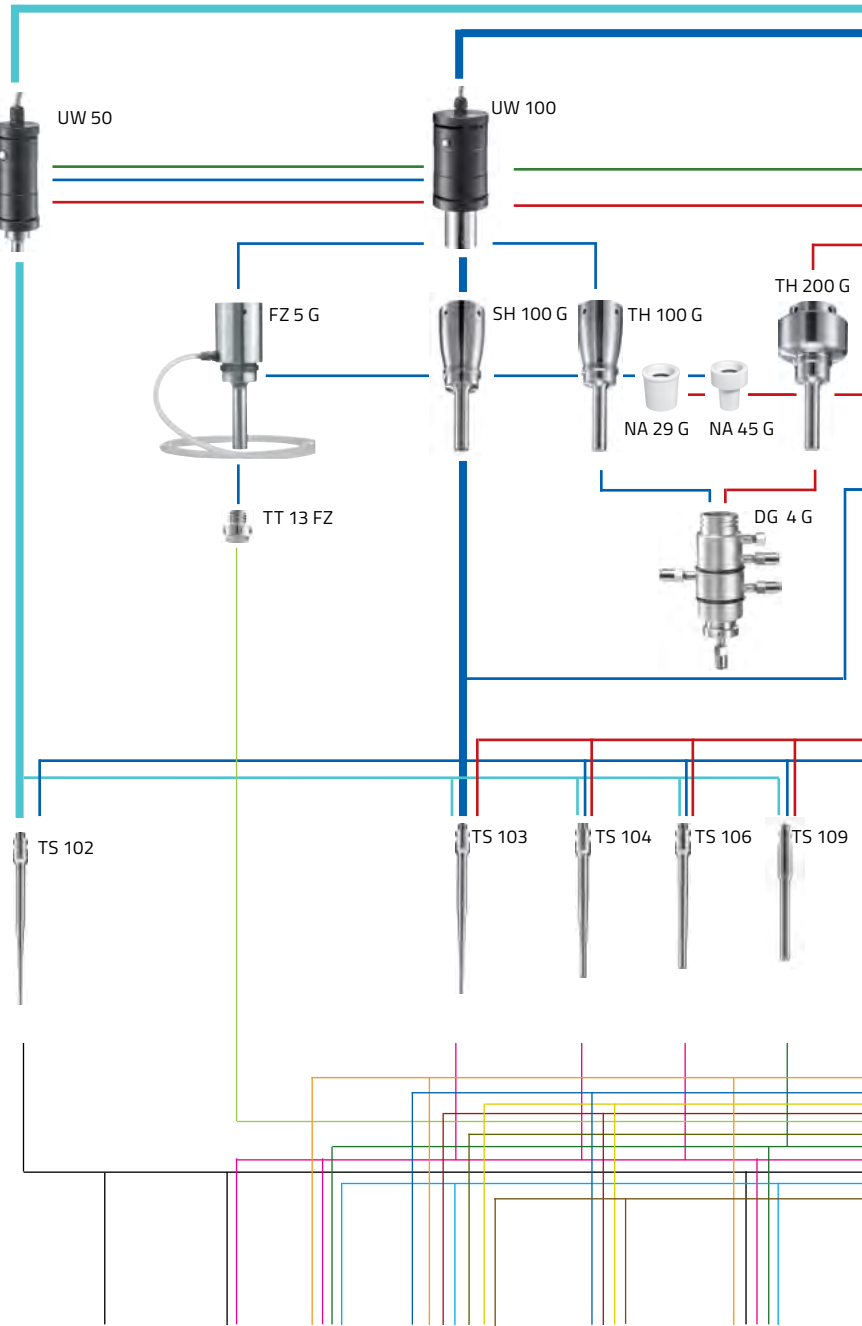
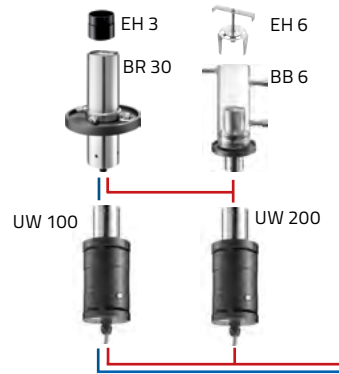
Eine detailliertere Übersicht über die Einsatzbereiche gibt die Tabelle auf der nächsten Seite.

■ Sprechen Sie uns für Produktempfehlungen zu Ihren Einsatzbereichen gern an!

SONOPULS Serien 4000, 2000.2 und mini20 Ultraschall-Homogenisatoren im Vergleich

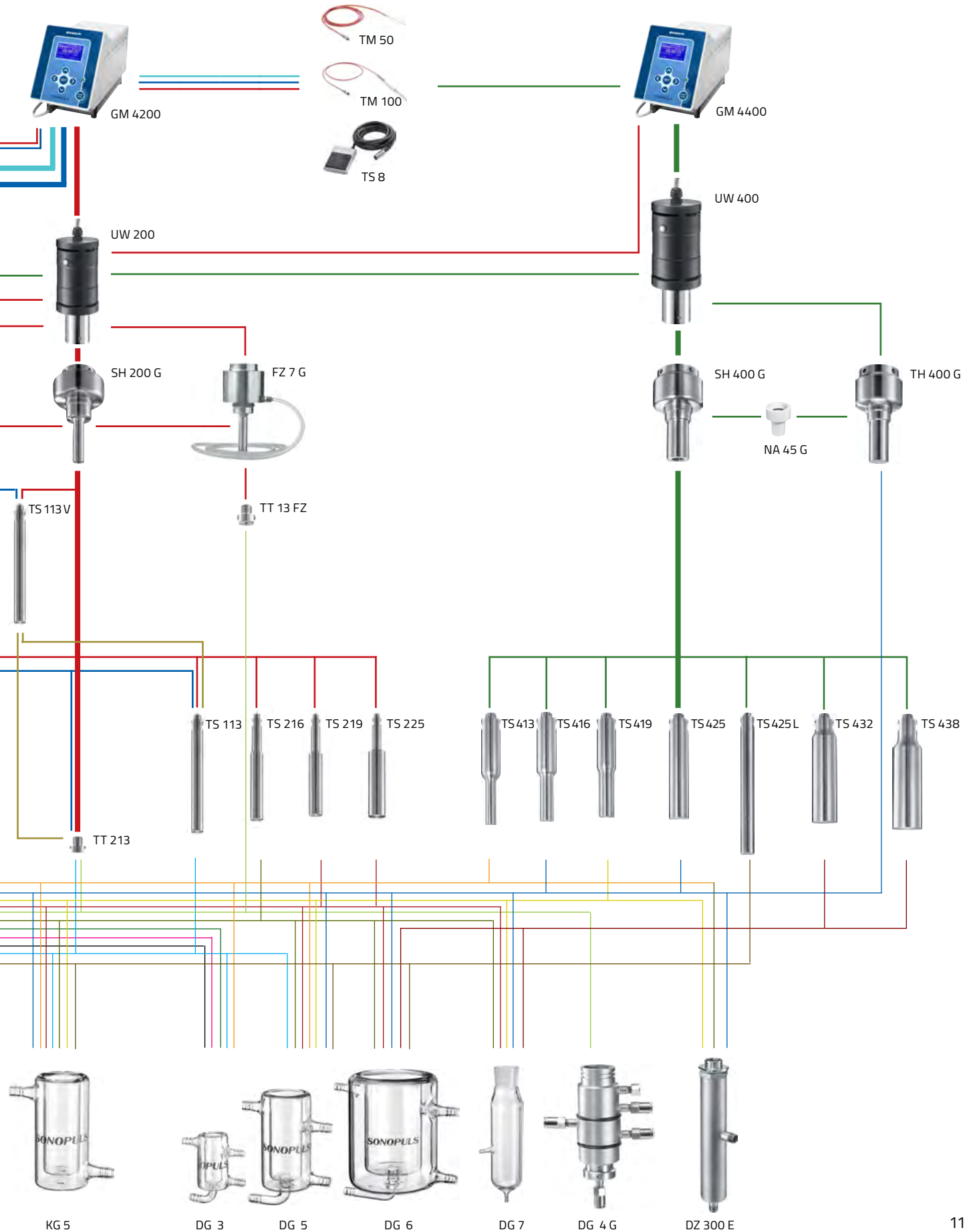


	Serie 4000	Serie 2000.2	mini20
	ADVANCED	BASIC	SPECIAL
Probenvolumina im - Batchbetrieb - Durchflussbetrieb	0,5 – 3000 ml bis 100 l/h	2 – 1000 ml bis 30 l/h	0,1 – 25 ml
mögliche Sonotroden Ø [mm]	2/3/4/6/9/13/16/19/25/32/38	2/3/6/13/19/25	1,5/2,0/2,5
mögliche Konfigurationen: Ultraschallgenerator GM Ultraschallwandler UW	GM 4200 + UW 200 oder UW 100 oder UW 50 GM 4400 + UW 400 oder UW 200	GM 2070.2 + UW 2070 GM 2200.2 + UW 2200	GM mini20 + UW mini20
Amplitudenvorgabe	10 – 100 %	10 – 100 %	10 – 100 %
automatische Amplitudenbegrenzung	nach Eingabe der montierten Sonotrode	nach Eingabe der montierten Sonotrode	nach Eingabe der montierten Sonotrode
Pulsierung	Arbeitsintervalle 0,2 – 600 s Ruheintervalle 0,3 – 600 s	Arbeitsintervalle 1 – 60 s Ruheintervalle 1 – 60 s	Arbeitsintervalle 0,1 – 60 s Ruheintervalle 0,2 – 60 s
Zeiteinstellung	9 h: 59 min: 59 s oder Dauerbetrieb	59 min: 59 s oder Dauerbetrieb	59 min: 59 s
Sicherheits- abschaltung	9 h: 59 min: 59 s	9 h: 59 min: 59 s	59 min: 59 s
Anzeigeelemente	alphanumerisches LC-Display für Amplitude, Pulsstufe, Zeit, Energieeintrag und Temperatur (optional)	alphanumerisches LC-Display für Amplitude, Pulsstufe und Zeit	alphanumerisches LC-Display für Amplitude, Pulsstufe, Zeit und Energieeintrag
Energieanzeige	in kJ	–	in kJ
Temperaturanzeige und Messung	optional, 0 bis 120 °C, Temperaturfühler erforderlich, wahlweise Signalton / Abschalten	–	–
Batchbetrieb Sequenzierung	✓ mehrere Batches nacheinander	–	–
Fernsteuerung mit PC	RS 232 (Sub-D)	–	RS 232 (Infrarot)
Fehlerdiagnose	✓	✓	✓
Arbeitsfrequenz	20 kHz	20 kHz	30 kHz
Programmspeicher	✓, 9	–	✓, 9
Funktionsprüfung	✓	–	✓
Netzanschluss	230 V~ (±10 %), alternativ 115 V~ (±10 %), 50/60 Hz	230 V~ (±10 %), alternativ 115 V~ (±10 %), 50/60 Hz	100-240 V~, 50/60 Hz

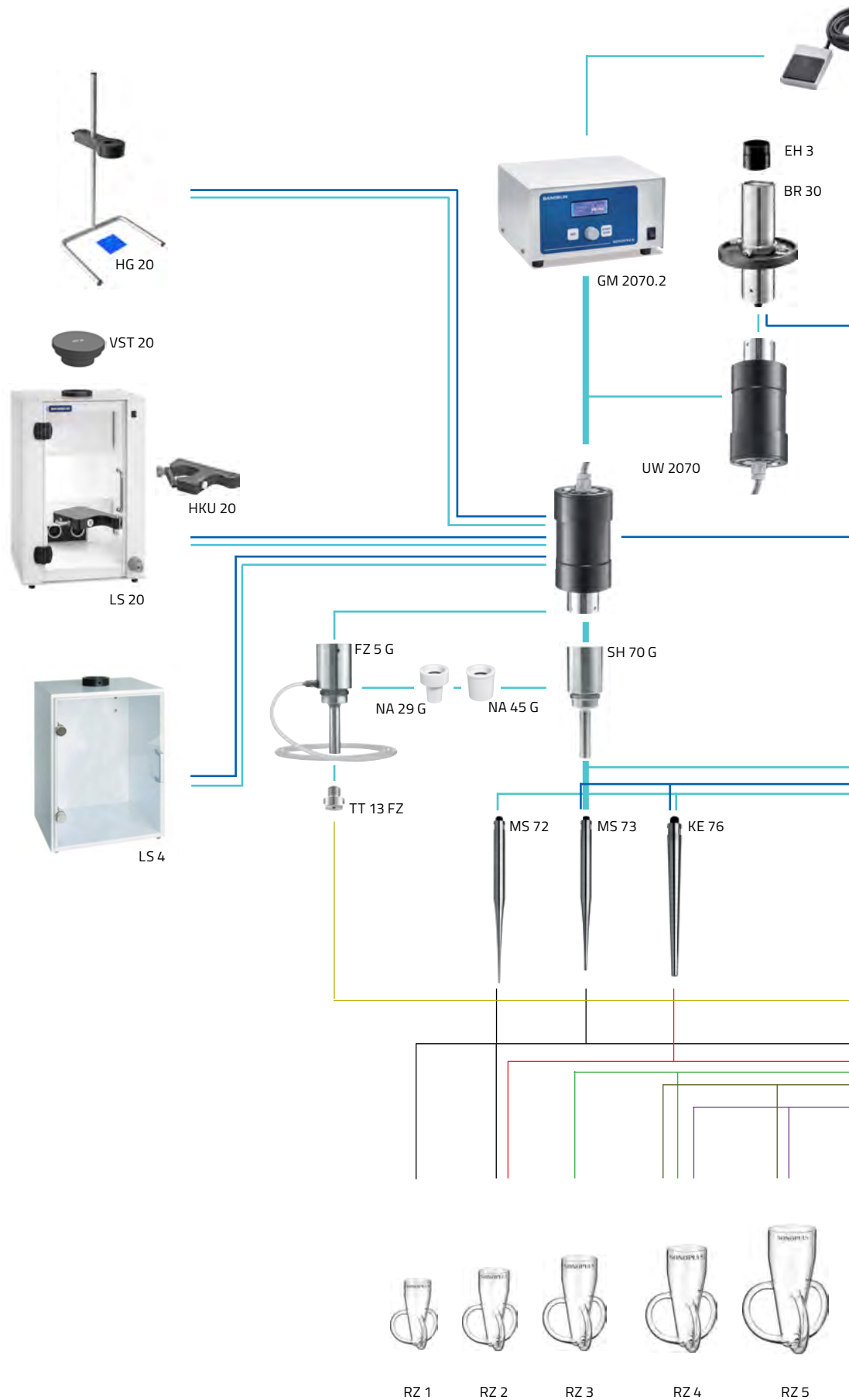


HD 4050
HD 4100
HD 4200

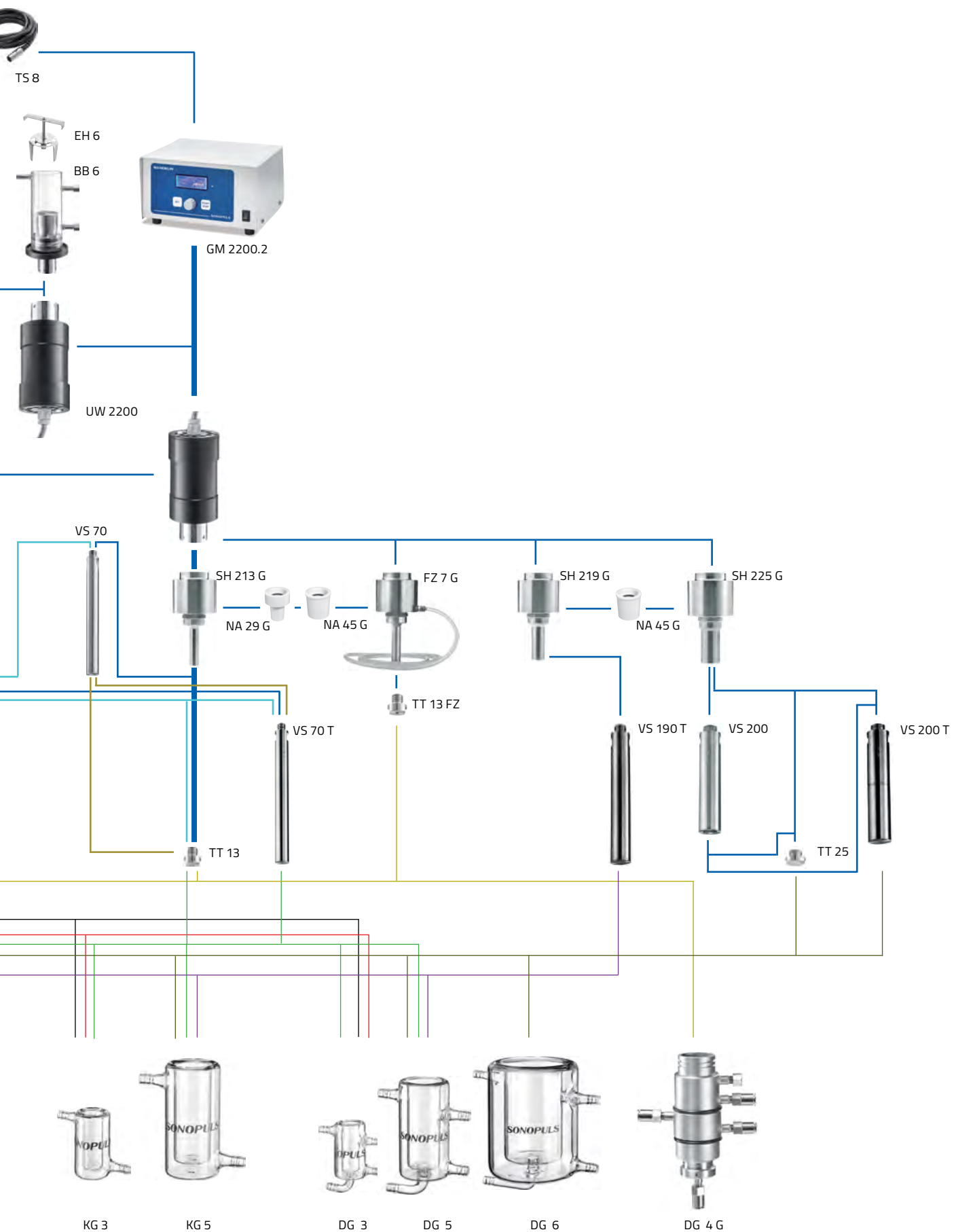
HD 4400



HD 2070.2



HD 2200.2



4.3.3 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) geliefert.

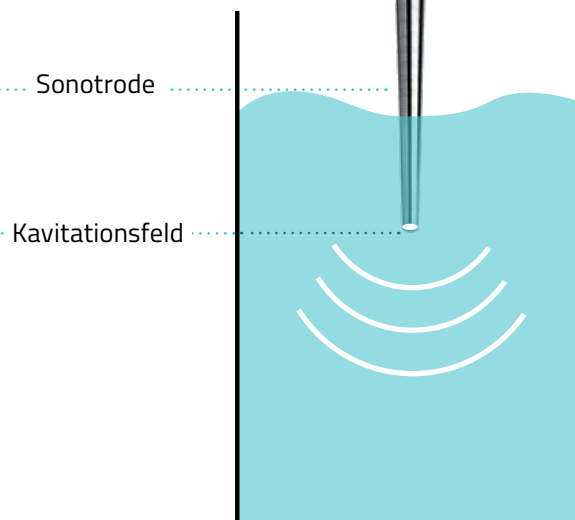
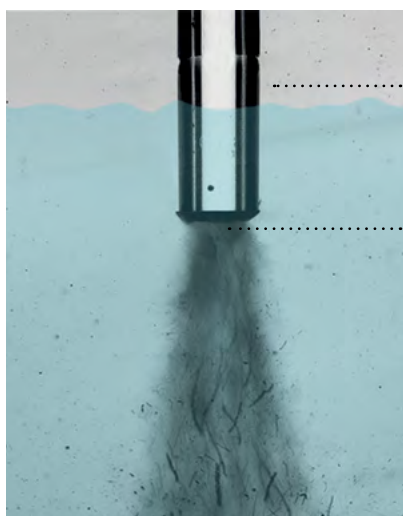
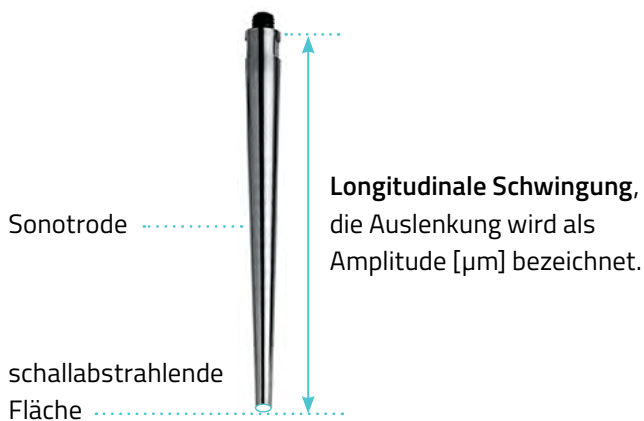
Welche Sonotrode ist am besten geeignet?

Die Auswahl der Sonotrode richtet sich nach dem Beschallungsvolumen und der gewünschten Leistungsdichte $[W/l]$. Je größer der Durchmesser der Sonotrode, umso größer kann das zu beschallende Volumen sein. Die Beschallung kleinster Probenmengen (μl – wenige ml) ist etwas schwieriger. 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 (Pkt. 4.3.4). Die Leistungsdichte nimmt aber ab. Um z. B. Hefezellen aufzuschließen, wird eine sehr hohe Leistungsdichte benötigt.

Die Abstrahlfläche befindet sich nur an der Sonotroden-
spitze, nicht an den Seiten!

Die Schallverteilung entspricht einer Aneinanderreihung von „Halbkugelschalen“, wobei diese mit zunehmendem Abstand von der schallabtretenden Fläche im Radius zunehmen (s. Abbildung unten). Gleichzeitig nimmt die Leistungsdichte ab.

Mit dem Kavitationsprozess ist ein erosiver Materialabtrag von der Sonotroden-
spitze verbunden. Diese ist nach einiger Betriebszeit sichtbar als eine „Kraterlandschaft“ an der schallabstrahlenden Fläche der Sonotrode (siehe Pkt 4.4.2). Je höher die Amplitude, umso höher ist auch der Materialabtrag und die Lebensdauer verkürzt sich entsprechend. Das heißt, je kleiner der Durchmesser, umso kürzer ist die Lebensdauer bei gleicher Leistung. Geht man von einer Dauerbeschallung (100 % Amplitude, ohne Pulsierung) aus, so kann eine Sonotrode mit kleiner Abstrahlfläche ca. 6 Stunden halten. Die meisten Applikationen liegen aber im Sekunden- oder Minutenbereich. In manchen Fällen ist dieser Abtrag unerwünscht, da er sich immer mit dem Beschallungsmedium vermischt (z. B. in der Probenvorbereitung für Metallanalytik o. ä.) – siehe „Indirekte Beschallung“.



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

Grundsätzliche Sonotrodenformen und deren Einsatzmerkmale

Die Bauform bestimmt zusammen mit der Leistung des Ultraschallgenerators die maximal mögliche Amplitude und den Leistungseintrag in das Medium. Daher steigt die in das Medium übertragene Schallintensität umgekehrt proportional zur Abstrahlfläche der Sonotrode. D. h. Sonotroden mit den kleinsten Abstrahlflächen übertragen durch hohe Amplituden die größeren Leistungen pro Fläche $[W/mm^2]$ in Abhängigkeit von der elektrischen Leistungsaufnahme des Ultraschallgenerators.

Mikrospitze

konische/gestufte Bauform, Einsatz bei Bearbeitung kleiner Volumina in Reaktionscups oder Zentrifugenröhrchen



TS 102

MS 1.5

Kegelspitze

konische Bauform, Einsatz bei Bearbeitung mittlerer Volumina in kleinen Bechergläsern



KE 76

lange Sonotrode

Stabform, Einsatz bei Bearbeitung größerer Volumina in Bechergläsern



TS 113

gestufte Sonotrode

breite Palette für kleinste bis größere Volumina von ca. μ l-Mengen bis 3 l



TS 225

4.3.4 Beschallung unter speziellen Bedingungen Kühlung der Probe



Kühlgefäß KG

Durch die Beschallung kommt es zur Umwandlung von mechanischer Leistung in Wärme (durch innere Reibung in der Flüssigkeit) und damit zu einer mehr oder weniger hohen Erwärmung der Proben. Bei temperaturempfindlichen Proben kann deshalb eine Kühlung des Mediums erforderlich sein.

Die Gefäße können z. B. im Eisbad platziert oder es können Gefäße mit Kühlmantel verwendet werden, für den Anschluss an einen externen Kühlkreislauf.

Beschallung der Probe im Durchfluss

Durchflussvolumina bis zu 100 l/h für die Beschallung größerer Probenmengen sind möglich. Gefäße werden sowohl aus Glas als auch aus Edelstahl angeboten. Letzteres wird beim Anschrauben an das Boosterhorn „hermetisch“ abgeschlossen (der Überlauf ist ebenfalls verschlossen), so dass auch infektiöse Substanzen beschallt werden können.

Die Lösung kann auch im Kreislauf für die Intensivierung des Beschallungsprozesses geführt werden. Eine Kühlung ist durch die doppelte Wand der Gefäße möglich.



Durchflussgefäße DG 5 aus Glas und DG 4 G aus Edelstahl zum dichten Anschluss an das Boosterhorn

Das Beschallungsmedium wird von unten, also frontal gegen die schallabstrahlende Fläche der Sonotrode geführt. Durch den geringen Abstand zwischen schallabstrahlender Fläche und Gefäßboden trifft das Beschallungsmedium auf das Kavitationsfeld. Um weiterfließen zu können, muss es durch das Kavitationsfeld hindurch.



Beispielaufbau mit Durchflussgefäß DG 4 G

Zusammenführung von zwei Medien (DG + FZ):

Anstelle eines Stufen- oder Boosterhorns wird ein Durchflusshorn FZ verwendet. Das erste Medium wird über den Zufluss der Durchflussszelle in die Beschallungskammer geführt, das zweite Medium über den Zufluss des Zerstäuberhorns. Dieses Medium gelangt über den Austritt in der schallabstrahlenden Fläche in die Beschallungskammer. Beide Medien können so gut vermischt werden, auch in unterschiedlichen Masseverhältnissen (s. Abbildung).



Beispielaufbau mit Durchflusshorn FZ 7 G und Durchflussgefäß DG 5

Indirekte Beschallung

Um eine Verschmutzung der Probe mit Sonotrodenabrieb oder eine Kreuzkontamination zu vermeiden, kann eine indirekte Beschallung vorgenommen werden, z. B. im Becherresonator BR 30, der auch eine Kühlung gestattet.



Der BR 30 funktioniert wie ein „Mini-Hochleistungs-Ultraschallbad.“ Das Probenmaterial befindet sich im verschlossenen Gefäß und wird von außen über ein Übertragungsmedium (z. B. Eiswasser) beschallt. Wir empfehlen den Anschluss eines Umlaufkühlers. Es ist wichtig, dass der Füllstand immer konstant bleibt und die Reaktionsgefäße nicht aufschwimmen. Sonst könnten Beschallungsergebnisse beeinträchtigt werden. 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 entweder oberhalb der Reaktionsgefäße oder an der Seite befinden. Unterhalb der Reaktionsgefäße können sie das Ergebnis negativ beeinflussen. Die eingetragene Leistungsdichte [W/l] ist um ca. 150 Mal größer als in einem „normalen“ Ultraschallbad, aber geringer als bei der direkten Beschallung mit einer Sonotrode.

Anschluss spezieller Laborgefäße

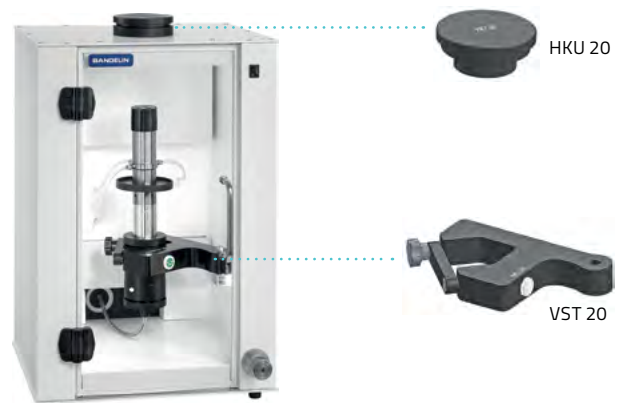


Im Labor werden oft für chemische Reaktionen Gefäße mit Normschliff NS 29 / 32 oder NS 45 / 40 verwendet. Um eine dichte Verbindung zwischen Gefäß und Homogenisator zu realisieren, bieten wir Normschliffadapter aus PTFE an.

Sie werden auf das Stufen- oder Boosterhorn-Außengewinde geschraubt und in das Gefäß eingesteckt.

Geräuschreduktion

Der Kavitationsprozess ist mit einer Geräuschentwicklung verbunden, die mit steigender Amplitude / Leistung entsprechend zunimmt, aber auch von anderen Faktoren abhängt, wie beispielsweise Temperatur, Beschallungsmedium, Volumen, Füllstand oder Eintauchtiefe der Sonotrode. Am Arbeitsplatz ist dies oft störend. Wenn viele Personen im Raum sind, empfiehlt sich der Einsatz einer Lärmschutzbox. Die Geräusche können um bis zu 20 dB-AU (nach IEC 61012) gemindert werden.



Beispielaufbau LS 20 mit BR 30 für eine indirekte Beschallung

Optimierte Bedienung

Anstelle der START-/STOPP-Taste am Ultraschallgenerator kann das Gerät auch mittels Fußschalter oder Taster am Ultraschallwandler bedient werden. Über die RS 232-Schnittstelle können Daten ausgelesen oder Befehle ausgetauscht werden, um das Gerät beispielsweise fernzusteuern oder Prozessparameter zu protokollieren.

4.4 Wahl der Methodenparameter

4.4.1 Einführung

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.

4.4.2 Grundsätzliche Hinweise für die Anwendung Auswahl der Gefäße

Sie können grundsätzlich alle Gefäße verwenden, auch jedes Material (Glas, Kunststoff etc.) ist möglich. Tendenziell werden aber bessere 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.



Darstellung der Intensitätsareale in einer Rosettenzelle
Quelle: Beuth Hochschule Berlin

Fixierung des Ultraschallwandlers

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

Eintauchtiefe der Sonotrode

Die Sonotrode sollte in der Regel etwa 1 cm in die zu beschallende Lösung eintauchen. Bei zu geringer Eintauchtiefe kann es zum Aufschäumen der Probe an der Spitze kommen. Ist die Eintauchtiefe zu groß gewählt, kommt es wiederum zu einer seitlichen Bedämpfung der Sonotrode bis hin zum Funktionsausfall.

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 Sonotrodenspitze (siehe Kap. 4.3.3). 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 Zerklüftung noch gering ist (siehe Gebrauchsanweisung). Wenn die Zerklüftung tiefer als etwa 1 mm ist, sollte die Sonotrode entsprechend Gebrauchsanweisung nachgearbeitet oder ersetzt werden.



Beispiel einer Sonotrode mit Kavitationserosion

Montieren der Sonotroden

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



<https://www.youtube.com/bandelin>

Sonstige Hinweise

Bei **Kleinstvolumina** ist die Sonotrode so weit wie möglich einzutauchen, damit keine starken Bewegungen 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 ($d = 0,5 \text{ mm}$) hinzugefügt werden. Diese Kügelchen sinken nach der Beschallung auf den Boden und können abzentrifugiert werden. Ein konisches Gefäß oder ein Gefäß mit unregelmäßiger Innenoberfläche ist ebenfalls gut geeignet, um das Schäumen zu verhindern.

4.5 Einstellen der Beschallungsparameter

4.5.1 Amplitude

Mit dem Einstellen der Amplitude wird die Höhe des Leistungseintrags und das Maß der Kavitationsstärke gesteuert. Die Einstellung erfolgt in Prozent von der maximalen Amplitude der Sonotrode. Die Amplitude muss hoch genug sein, um ein gutes Beschallungsergebnis zu erzielen. Sind Amplitude und Beschallungszeit, 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.

4.5.2 Pulsierung

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 es sollen in den Pausen Reaktionen ablaufen.

4.5.3 Beschallungsdauer

Die Beschallungsdauer liegt im stationären Betrieb in der Regel zwischen 15 s und 5 min. Ähnlich wie für die gewählte Amplitude gilt, dass eine zu kurze Beschallung ggf. 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 aufgeführten Applikationen in Kapitel 6 eine Tendenz für die Beschallungsdauer auszuwählen, dann aber in kleinen Testreihen zu analysieren, welcher Dauer für die eigene Applikation optimal ist, da in der Regel keine 100%ige Übereinstimmung hinsichtlich Gefäß, Probenvolumen, Konzentration u. ä. vorhanden ist.

4.5.4 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.

4.5.5 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 (\emptyset 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.

5 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 Ultraschall-Homogenisator im Labor oder der Sonoreaktor im Produktionsmaßstab angewendet werden, sind untenstehend aufgeführt. Sehen Sie es als Anregung für Ihre individuelle Situation, in der der Ultraschall-Homogenisator oder der Sonoreaktor eine Lösung darstellen können.

5.1 Grundsätzliche Verfahren

5.1.1 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 Ultraschall-Homogenisators 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 gegenüber anderen Methoden weder zu einer Klümpchen- oder Traubenbildung, Sedimentation noch unerwünschten Lufteinschlüssen. 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 bzgl. 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 feinstdisperser 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 Lufteinschlüssen. Mit dem Ultraschall-Homogenisator wird eine physikalisch stabile Emulsion erzeugt! Die Ausbeute der Tröpfchenzerkleinerung wird maßgeblich von der applizierten Amplitude bestimmt.

5.1.2 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.

5.1.3 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 oder
- 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 war bereits nach 10 s vollständig erfolgt, im üblichen Überkopfschüttler wird 1 h geschüttelt.

5.1.4 Desagglomerieren

Agglomerate lassen sich mit einem Ultraschall-Homogenisator 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.

5.1.5 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 Ultraschall-Homogenisator 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).



5.1.6 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 ist extrem einfach und unkompliziert. Es ist kein Demontieren des Gerätes 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 kohlesäurehaltigen Getränken für eine störungsfreie Analytik der Inhaltsstoffe

Dabei können Volumina von μl Mengen bis 3000 ml stationär oder mit einem Durchflussgefäß aus Edelstahl

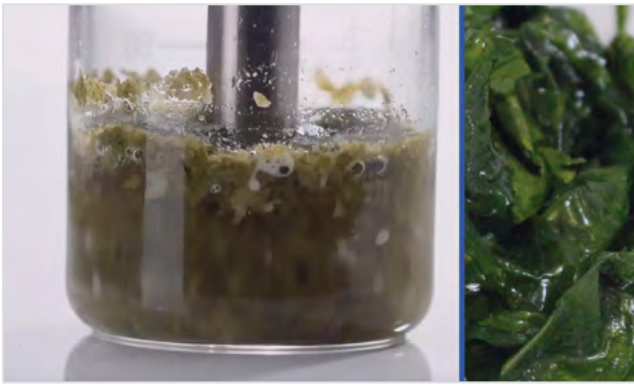
oder Glas bis zu 30 l/h beschallt werden. Dabei kann die zu behandelnde Lösung auch mehrfach im Kreislauf durch das Beschallungsgefäß geführt werden. Bei grobstückigem Gut ist in der Regel eine Vorzerkleinerung sinnvoll. Falls notwendig, ist auf einfache Weise eine Kühlung möglich (Eisbad, Durchfluss-Kühlmantel). 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.

5.1.7 Aufschluss von Zellen, Mikroorganismen und Gewebe

Der Ultraschall-Homogenisator 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 Leistungseintrages 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 Ultraschall-Homogenisator 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 ja 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, d. h. 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, so dass 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 Kunststoffvials wird sehr häufig erfolgreich mit dem SONOPULS mini20 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 zum Beispiel Gehirn, Leber, Blase, Aorta, Niere, Lunge, Haut, Muskel, Knochen, Herzmuskel und Fibrinen. 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 ist ein dünnes 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 ein Eis-Wasser-Bad kann die Temperatur des Gewebes 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 $0,5\text{ mm}$) 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 zum 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 Kreiselbewegungen vermeiden. Sehr kleine Gewebestücke können mit einer Mikrospitze 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 Hochgeschwindigkeitsmixer 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 Beschallungszeit eventuell erhöhen.

5.1.8 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 Reaktionsweges. Teilweise finden Reaktionen überhaupt erst statt, wenn Leistung mittels eines Ultraschall-Homogenisators eingebracht wird. Die Effekte sind nachvollziehbar extrem individuell, eine Erprobung und Methodenentwicklung kann sehr lohnenswert sein.

5.2 Branchen mit Ultraschall-Anwendungen

5.2.1 Biologie – Mikrobiologie – Life Science – Humanmedizin

Der Aufschluss von Zellen oder Gewebe ist für die vielfältigsten Zell- und Gewebearten eine etablierte Methode mit guten Ergebnissen. Bezüglich der Volumina gibt es keinerlei Einschränkungen, sei es das Mikrovial im Labor oder die Anwendung im Produktionsmaßstab. Nähere Ausführungen zum Zell- und Gewebeaufschluss finden Sie unter Pkt. 5.1.7.

Fermentationsprozesse können aktiviert oder beschleunigt, Zellen im Großmaßstab aufgeschlossen werden. Ein spezieller Aufbau optimiert den Umsatz in Biogasanlagen.

5.2.2 Nanomaterialien

So weit verbreitet, wie heute der Einsatz von Nanomaterialien sowie so groß deren Produktvielfalt ist, so vielfältig ist auch der Einsatz des Ultraschall-Homogenisators 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. Ultraschall-Homogenisatoren 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 Mikrovial im Labor oder die Anwendung im Produktionsmaßstab.

5.2.3 Lebensmittel & Getränke

Für die Analytik von Lebensmitteln müssen diese häufig in einer flüssigen Phase homogenisiert werden, was mit dem Ultraschall-Homogenisator 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 Ultraschall-Homogenisatoren 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 Ultraschall-Homogenisator eine weit verbreitete Anwendung, sei es für die anschließende Analytik oder anderweitige Weiterverarbeitung. 0,5 l Bier wird 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 Sonoreaktor mit individuellem Aufbau prozessiert werden.

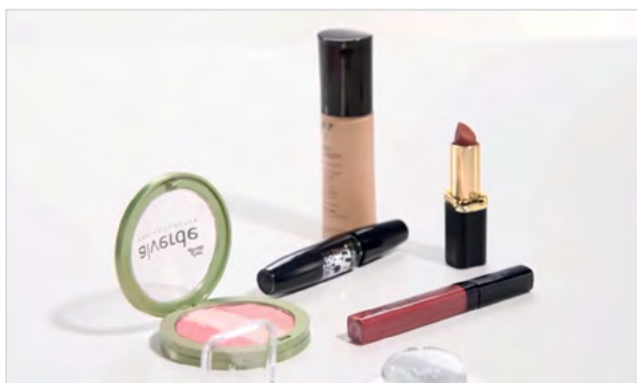
In Zusammenarbeit mit Universitäten, verschiedenen Firmen und Untersuchungsämtern wurden diverse Referenzuntersuchungen durchgeführt. An einer Universität wurde beispielsweise zur Bestimmung des intramuskulären Fettes und des Fettsäuremusters im Schweinefleisch ein Verfahren zur schnellen und schonenden Isolierung von Fett entwickelt. Hierzu wurden 50 Kotelett-Proben von Schweinen untersucht. Es wurde püriertes Fleisch mit ultraschallhomogenisiertem Fleisch verglichen.



Durch den Einsatz des Ultraschall-Homogenisators 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 nachgewiesen sehr zuverlässige Analyseergebnisse erhalten.

5.2.4 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 Ultraschall-Homogenisator 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 Ultraschall-Homogenisator als besonders erfolgreich. Diese Prozesse sind sowohl im Labormaßstab als auch im Produktionsbereich mit individuell ausgerichteten Technik-Konstellationen realisierbar. Der Ultraschall-Homogenisator 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 weiteren Analysetechniken.

5.2.5 Chemie und Pharma

Aus der breit gefächerten Vielfalt der Produkte und Prozesse in diesen zwei Branchen resultiert die große Zahl von möglichen Anwendungen der vorn beschriebenen Verfahren mit dem Ultraschall-Homogenisator im Labor- und den Sonoreaktoren 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 hoch, 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.



5.2.6 Tinte & Inkjet

Eine hervorragend eingeführte Applikation des Ultraschall-Homogenisators ist die Dispersion von Tintenpigmenten. Weil Partikelgrößen bis in den niedrigen Nanometer-Bereich 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 ist sehr gut möglich.



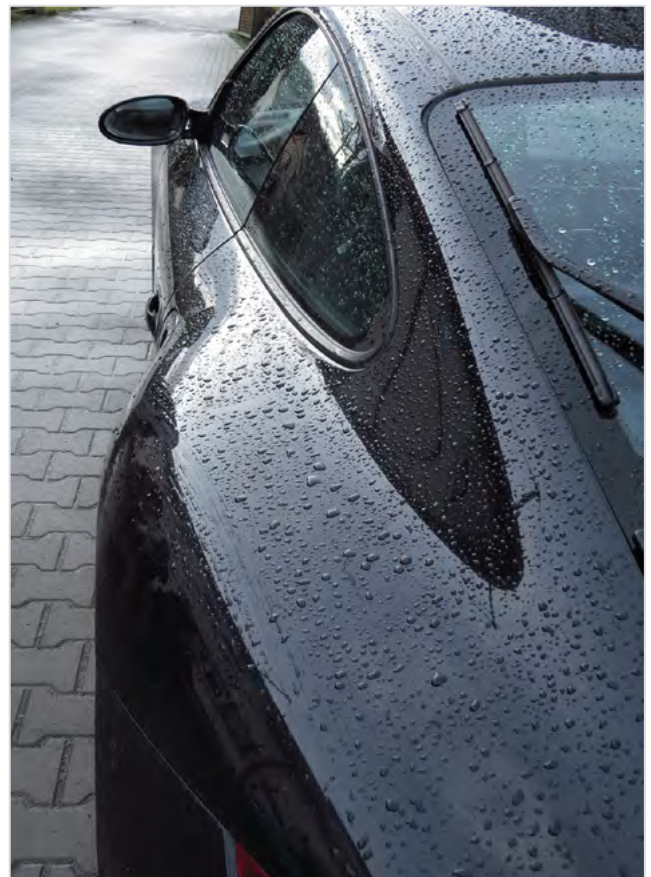
5.2.8 Baustoffindustrie

Keramik-, Zementhersteller u. ä. setzen Ultraschall-Homogenisatoren vielfältig ein. Das Vordispersieren 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.



5.2.7 Farben & Lacke, Oberflächenbeschichtung

Pigmente, Füllstoffe, Additive aller Art lassen sich sehr wirkungsvoll mit Hilfe von Ultraschall in Lacke, Farben oder andere Beschichtungsmaterialien einbringen. Auch für die Thematik Nanopartikel werden Ultraschall-Homogenisatoren 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 Ultraschall-Homogenisator erfolgreich einsetzbar. Im Bereich der Synthese sind ebenfalls Einsatzmöglichkeiten vorhanden, die Mini-Emulsionspolymerisation ist nur ein Stichwort dazu.



6 Detaillierte Applikationen

Ein Wort vorab

Die Anzahl der Applikationen in einem bestimmten Anwendungsbereich steht nicht in engem Zusammenhang mit der Eignung des Ultraschall-Homogenisators für diese Applikationen. Es ist weitestgehend darauf zurückzuführen, in welchem Segment sich die Verwendung des Ultraschall-Homogenisators 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 der Entgasung 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.

6.1. Einordnung nach Verfahren

6.1.1 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 Walled 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

6.1.2 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 Wasser-Sedimentproben als Vorbereitung zur Korngrößenanalyse
C-111T	Desagglomeration / Korngrößenanalyse	Materials	Desagglomerieren als Probenvorbereitung Korngrößenanalyse – Tabellarische Übersicht
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

6.1.3 Entgasen, Entschäumen

siehe Pkt. 5.1.5

6.1.4 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

6.1.5 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
L-103	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Bestimmung der Fettsäureverteilung in Kuhmilch
L-201	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur Bestimmung des Nitratgehaltes in Käse (Xylenolverfahren)
L-202	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehaltes in Käse
L-203	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehaltes in Käse
L-204	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung/ Homogenisation von Käse und anderen Lebensmitteln und Extraktion relevanter Analyten

6.1.6 Probenvorbereitung Korngrößenanalyse

siehe Pkt. 6.1.2

6.1.7 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 Westernblotverfahren z. B. Nachweis von HIV oder anderen Infektionen
B-112	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von eucaryontischen Zellen als Vorstufe zur Proteinisolierung
B-113	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von Insektenzellen als Vorstufe zur Proteinisolierung
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 eucaryotischen Zellen in unterschiedlichen Volumina
B-211	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss zur Enzymaufbereitung für E. coli oder Pilzkulturen

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

6.1.8 Sonstiges

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-103	Sonstige	Medizin	Gewinnung von stromafreiem Hämolyat 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 Freuds Adjudanz
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

6.2 Einordnung nach Branchen / Arbeitsgebieten

6.2.1 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
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 Walled 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

6.2.2 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

6.2.3 Umwelt

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
C-106	Desagglomeration / Korngrößenanalyse	Wasser / Abwasser	Desagglomeration von Wasser-Sedimentproben 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

6.2.4 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 Hämolyat 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 Westernblotverfahren z. B. Nachweis von HIV oder anderen Infektionen
B-112	Zellaufschluss	Molekularbiologie	Zellaufschluss von eucaryontischen 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 Freuds Adjudanz
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 eucaryotischen Zellen in unterschiedlichen Volumina
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	Proben-vorbereitung	Molekularbiologie	Lösen von Peptiden als Probenvorbereitung für die Analytik

6.2.5 Medizin / Toxikologie / Mikrobiologie / Algen

Nummer	Arbeitsgebiet	Branche	Titel
B-103	Sonstige	Medizin	Gewinnung von stromafreiem Hämolysat 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

6.2.6 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 Nitratgehaltes in Käse (Xylenolverfahren)
L-202	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehaltes in Käse
L-203	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung zur potentiometrischen Bestimmung des Chloridgehaltes in Käse
L-204	Probenvorbereitung	Lebensmittel	Probenvorbereitung/ Homogenisation von Käse und anderen Lebensmitteln und Extraktion relevanter Analyten

6.2.7 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

6.3. Publikationen

SONOPULS Ultraschall-Homogenisatoren 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 der Suchoption SONOPULS und BANDELIN zu finden.

Probenvorbereitung zur Bestimmung von Partikelgrößen – Desagglomeration mit Ultraschall-Homogenisatoren

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 Ultraschall-Homogenisator – Einsatz im Analytiklabor nach Vergleich mit herkömmlicher Methode

(Einsatz des Ultraschall-Homogenisators 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), 598*

Moderne Probenvorbereitung mit Ultraschall-Homogenisatoren – 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

7 FAQ

7.1 FAQ zur praktischen Anwendung

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 Beschallungsvorganges 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 Ultraschall-Homogenisatoren?

Bei der Leistungsbestimmung soll das Beschallungsgefäß für die üblichen Versuche verwendet werden. Dieses Gefäß wird mit Wasser gefüllt. Während einer festgelegten Zeitspanne kann die Temperaturerhöhung gemessen und nach der bekannten Formel die Berechnung der Leistungsdichte aus Volumen, Temperaturerhöhung und verstrichener Zeit erfolgen.

Dazu gilt folgende Formel¹: $P/V = \frac{c\Delta\theta}{\Delta t}$

P/V Leistungsdichte im Wasser [W/cm³]

c spezifische Wärmekapazität des Wassers

Δt Zeitspanne zwischen den beiden Temperaturmessungen

$\Delta\theta$ Temperaturdifferenz zwischen den beiden Temperaturmessungen

V Volumen der Prüfwassermenge

Mit dieser Methode lässt sich der Leistungseintrag in Versuchsreihen dokumentieren. Genauere Hinweise können unter www.bandelin.com angefordert werden (Leistungsbestimmung SONOPULS Ultraschall-Homogenisatoren – 5169).

Können Lösungsmittel beschallt werden?

- Ja, aber es muss ein sicherer Abzug der Dämpfe gewährleistet werden!
- Nur kleine Mengen!
- Flammpunkt beachten; gegebenenfalls Kühlung erforderlich!

7.2 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 Titan-schmelze (Charge).

Muss ich bei der Entsorgung der Sonotroden etwas beachten?

- Sonotroden können unkompliziert selbst entsorgt werden, es besteht kein Gefahrenpotential, es ist kein Schwermetall und damit umweltverträglich.
- Schrotthändler geben geringe Vergütung (Titan wiegt zwar wenig, ist aber wertvoll)

¹ Hinweis: Die Formel ist nur für kleine Volumina hinreichend genau.

Können Sonotroden auch aus einem anderem 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 hinaus zu zögern. Eingeschränkte Beständigkeit gegenüber Chemikalien.

Ist ein Gehörschutz erforderlich?

Der Ultraschall-Homogenisator kann in einer Schallschutzbox 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.

Sicherheitsaspekte zum Einsatz des Ultraschall-Homogenisators in lösungsmittelhaltigen Proben

Siehe Kapitel FAQ – praktische Anwendung

7.3 FAQ zu Normen und Richtlinien

Sind Ultraschall-Homogenisatoren als Medizinprodukt nach der Richtlinie für In-vitro -Diagnostik 98/79 EG geeignet?

Ja, Ultraschall-Homogenisatoren sind funktentstört und mit CE-Kennzeichnung, auch als Medizinprodukt nach der Richtlinie für In-vitro -Diagnostik 98/79 EG, klassiert.

Entsprechen Ultraschall-Homogenisatoren den ROHS-Richtlinien?

Die Geräte entsprechen den ROHS-Richtlinien.

8 Ein Wort zum Schluss

Wir hoffen, Ihnen einen guten Überblick über die Möglichkeiten der praktischen Nutzung der SONOPULS Ultraschall-Homogenisatoren vermittelt zu haben. Haben Sie noch offene 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 Einzel-Applikationen können Sie entsprechend Punkt 6 "Detaillierte Applikationen" anfordern unter: Marina.Herrmann@bandelin.com.

1991



Ultraschall-Homogenisatoren
SONOPULS HD

2018



Ultraschall-Homogenisatoren
SONOPULS Serie 4000
HD 4050

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

5972e DE/2019-06

Netzbetriebene Geräte und Medizinprodukte mit CE-Kennzeichnung.

Technische Änderungen vorbehalten.

Abbildungen beispielhaft, nicht maßstabsgerecht.

Dekorationen nicht im Lieferumfang enthalten.

Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen.