

# Substrataufbereitung mittels Ultraschall und Plasma

Norbert Rossow

PRE Power Recycling Energyservice GmbH  
info@pre-mv.de  
www.pre-mv.de

Klaus Nickel

ULTRAWAVES - Wasser- und Umwelttechnologien GmbH  
info@ultrawaves.de  
www.ultrawaves.de



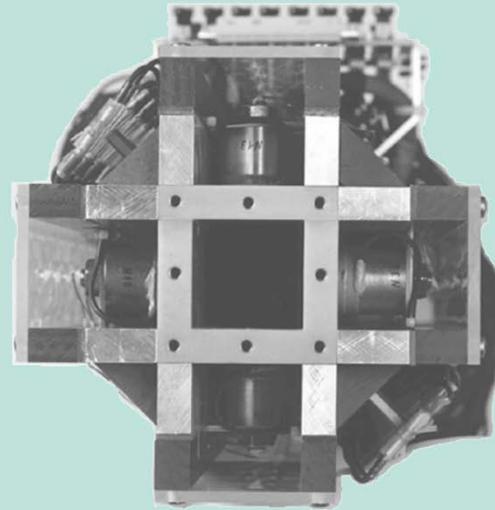
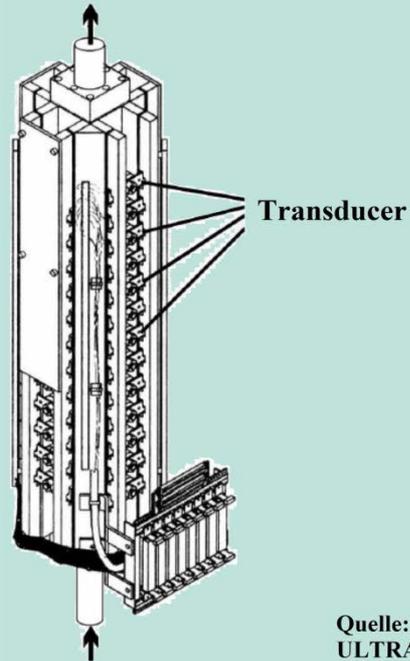
Graz, 10. Dezember 2021



# Hochleistungsuptraschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -

- 1998: Technische Universität Hamburg (TUHH) - Full-Scale Ultraschall-Reaktor



Quelle: Basiswissen zum Ultraschall und seiner Anwendung -  
ULTRAWAVES GmbH, Juli 2020

# Hochleistungsumschall zur Biomassebehandlung

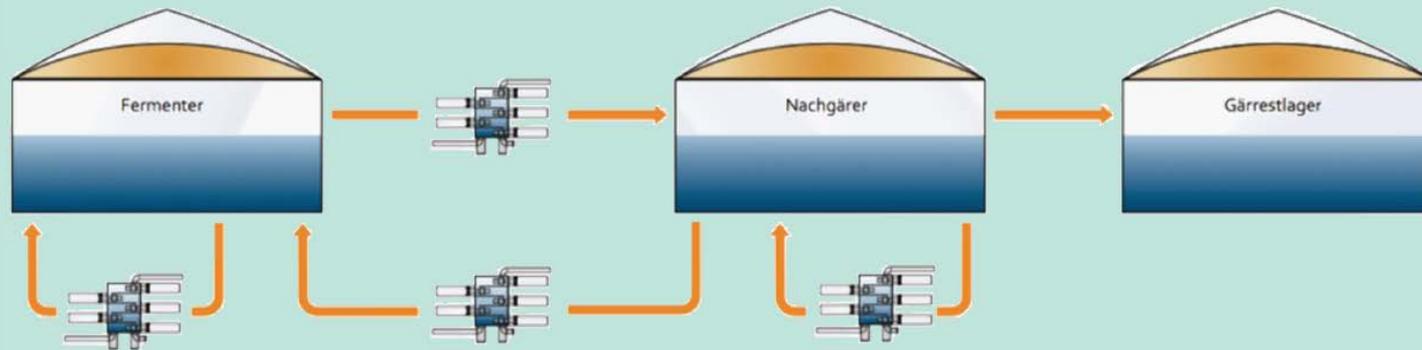
## - Historische Entwicklung -

- 1998: Technische Universität Hamburg (TUHH) - Full-Scale Ultraschall-Reaktor
- 2002: ULTRAWAVES GmbH - Erstmaler Einsatz der Ultraschalltechnologie auf einer Kläranlage zur Klärschlammbehandlung

# Hochleistungsumschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -

- 1998: Technische Universität Hamburg (TUHH) - Full-Scale Ultraschall-Reaktor
- 2002: ULTRAWAVES GmbH - Erstmaler Einsatz der Ultraschalltechnologie auf einer Kläranlage zur Klärschlammbehandlung
- 2011: Erste Überlegungen / Versuche zum Einsatz von Hochleistungsumschall im Biogasbereich



Einbindung der Ultraschalltechnologie in Biogasanlagen - ULTRAWAVES Gml

# Hochleistungsumschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -

- 1998: Technische Universität Hamburg (TUHH) – Full-Scale Ultraschall-Reaktor
- 2002: ULTRAWAVES GmbH - Erstmaler Einsatz der Ultraschalltechnologie auf einer Kläranlage zur Klärschlammbehandlung
- 2011: Erste Überlegungen / Versuche zum Einsatz von Hochleistungsumschall im Biogasbereich
- 2011: Entwicklung Biosonator: ZIM-Forschungsprojekt

# Hochleistungsschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -



Biosonator



# Hochleistungsumschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -

- 1998: Technische Universität Hamburg (TUHH) - Full-Scale Ultraschall-Reaktor
- 2002: ULTRAWAVES GmbH - Erstmaler Einsatz der Ultraschalltechnologie auf einer Kläranlage zur Klärschlammbehandlung
- 2011: Erste Überlegungen / Versuche zum Einsatz von Hochleistungsumschall im Biogasbereich
- 2011: Entwicklung Biosonator: ZIM-Forschungsprojekt
- 2013: Entwicklung der Wave-Box: ZIM-Forschungsprojekt

# Hochleistungsuptraschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -



WaveBox-Prototyp - PRE GmbH, 2013

# Hochleistungsultraschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -



# Hochleistungsuptraschall zur Biomassebehandlung

## - Historische Entwicklung -



# Hochleistungsultraschall zur Biomassebehandlung

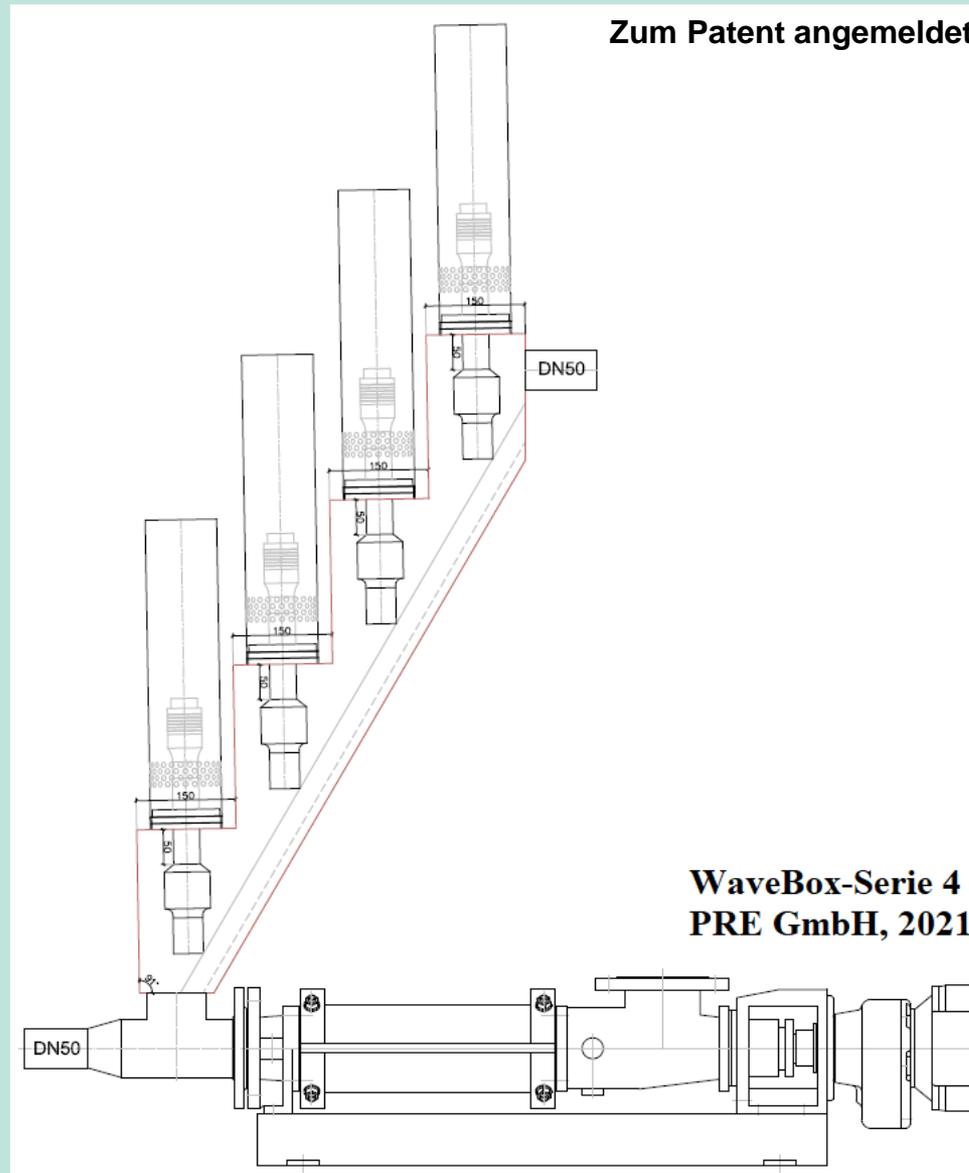
## - Historische Entwicklung -



WaveBox-Serie  
3 - PRE GmbH

# Hochleistungsultraschall zur Biomassebehandlung

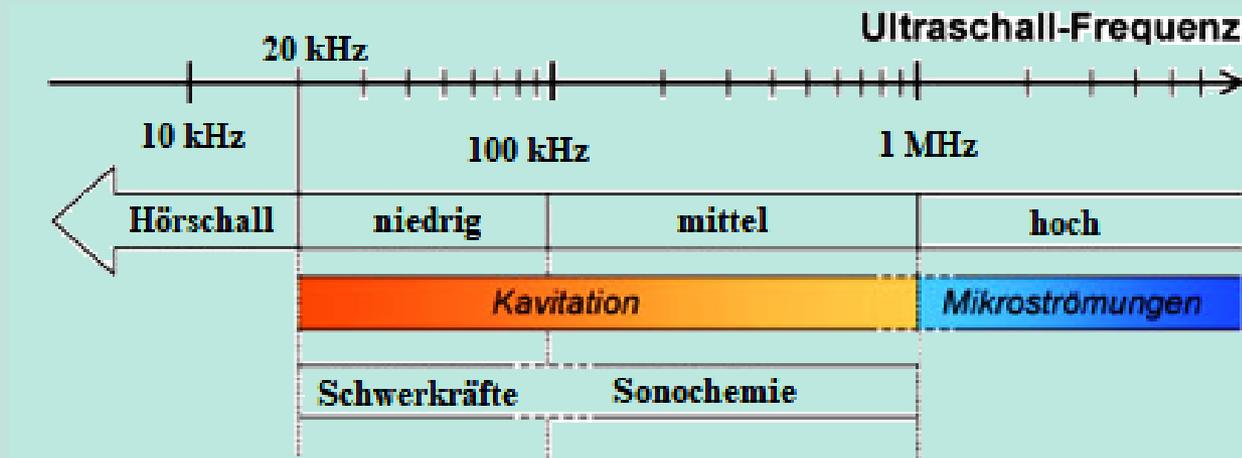
## - Historische Entwicklung -



# Hochleistungultraschall zur Biomassebehandlung

- Funktion -

Frequenzen 20 kHz – 10 MHz

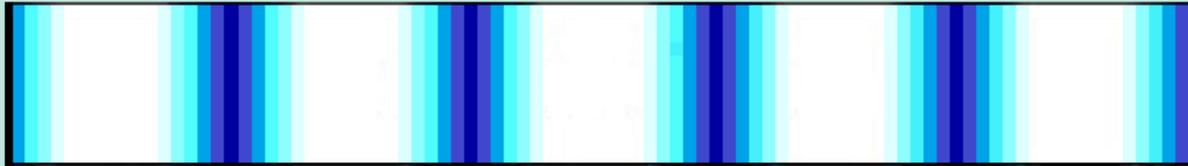


Prinzip Ultraschall und Kavitation - ULTRAWAVES GmbH

# Hochleistungsschall zur Biomassebehandlung

## - Funktion -

Kompressionswellen



Schalldruckpegel



Kavitationsblasenexpansion



Physikalischer Prozess der Kavitation - ULTRAWAVES GmbH

# Hochleistungsschall zur Biomassebehandlung

- Effekte -

## Beschleunigung des Abbaus:

- Deutlich höhere Abbaugeschwindigkeit für Lignocellulose-Verbindungen
- Verringerter Anteil an organischer Substanz am Ende des Gesamtprozesses

## Verringerung der Viskosität:

- Reduktion von Rührzeiten im Fermenter und Gärrestlager
- Kürzere Pumpzeiten, Verschleiß verringert, Instandsetzungsaufwand gemindert

## Physikalisch-chemische Stabilität:

- Keine bio-chemischen Zusatzstoffe erforderlich
- Freisetzung von Endo-Enzymen und Spuren-Elementen

# Hochleistungsschall zur Biomassebehandlung

## - Effekte -

BERATUNG | ANALYTIK | PLANUNG



WESSLING GmbH  
Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
www.wessling.de

CAL-21468-20 / PRE / Validierung Zusammenhang CSB zu Biogasertrag  
02.12.2020 / koe / Seite 6 von 7

### 3 Auswertung

In Tabelle 2 und Tabelle 3 sind die Ergebnisse der durchgeführten Analysen zusammengefasst ausgewertet worden:

**Tabelle 2: Vergleich CSB ohne und mit Ultraschallbehandlung**

Durchschnittswerte CSB, filtriert		
unbehandelt	behandelt	Steigerung
17.333 mg/l	20.000 mg/l	15%

**Tabelle 3: Vergleich Gasertrag ohne und mit Ultraschallbehandlung**

Gasertrag oTS		
unbehandelt	behandelt	Steigerung
11 l/kg oTS	17 l/kg oTS	54%

Durch die Steigerung des noch zu erwartenden Gasertrags nach 30 Tagen um 54% kann der effizienzsteigernde Effekt der Ultraschallbehandlung gezeigt werden..

Für die Bestimmung des CSB ist je Analyse eine Messunsicherheit von bis zu 20% angegeben. Aus diesem Grund ist hier im Vorfeld ein Mehrfachansatz gewählt worden. Letztendlich bildet der Durchschnitt aus drei unbehandelten Proben und zwei behandelten Proben eine Steigerung von 15% die auch bei einer Messunsicherheit von 20% für die einzelne Probe eine eindeutige Tendenz darstellt.

BERATUNG | ANALYTIK | PLANUNG



WESSLING GmbH  
Oststraße 7 · 48341 Altenberge  
www.wessling.de

CAL-21468-20 / PRE / Validierung Zusammenhang CSB zu Biogasertrag  
02.12.2020 / koe / Seite 7 von 7

Die Ergebnisse lassen somit den Rückschluss zu, dass durch die Behandlung des Gärsubstrats mit den Ultraschallsonden sowohl eine Steigerung des CSB als auch eine Steigerung des Biogasertrags (unter den beschriebenen Voraussetzungen) zu erwarten ist und so ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Kenngrößen besteht.

03.12.2020 17:17

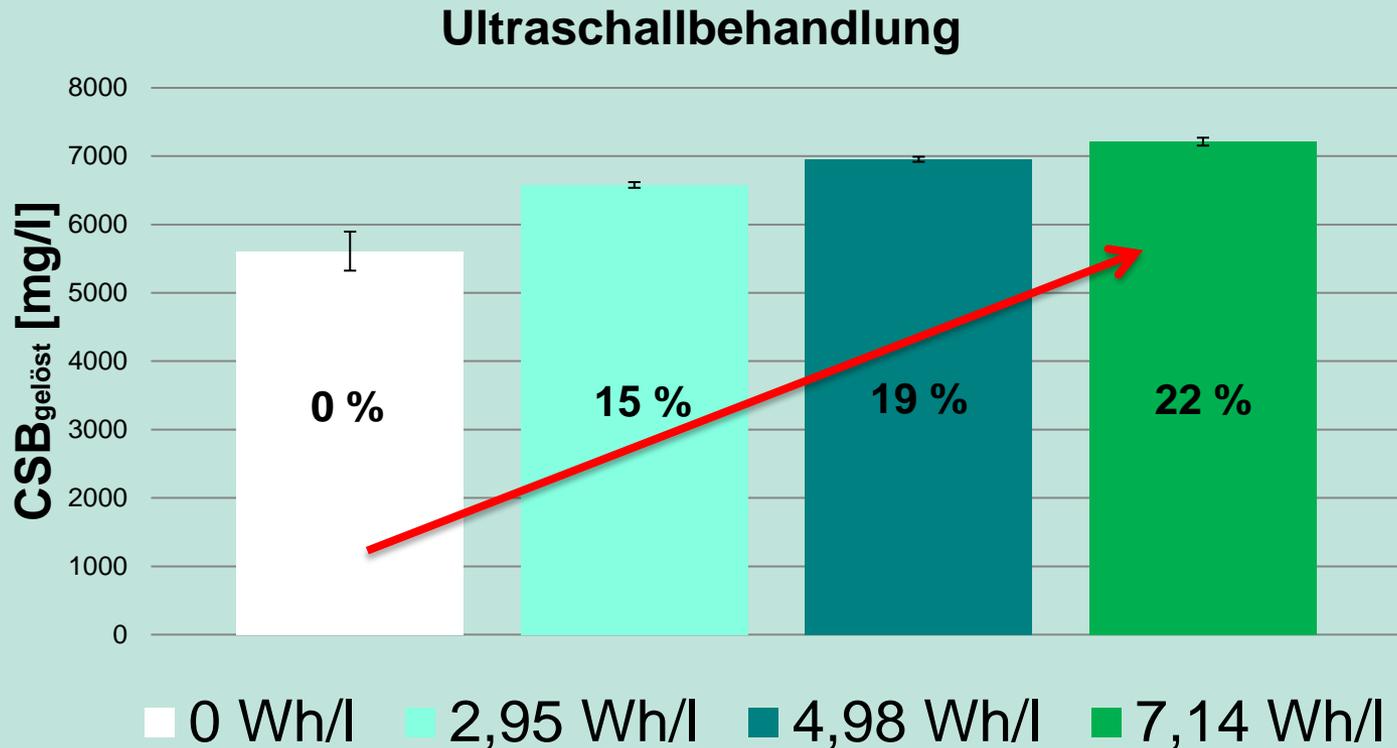
**Michael Andrees**  
Geschäftsfeldleiter  
Unternehmensberatung; Energie

03.12.2020 17:18

**Gerrit Körner**  
B. Eng. Energie und Umwelttechnik  
Abteilungsleiter

# Hochleistungultraschall zur Biomassebehandlung

- Anstieg des gelösten CSB durch ultraschallbehandelte Gärreste bei unterschiedlichem Energieeinsatz -



# Hochleistungsultraschall zur Biomassebehandlung

## - Referenzen -

Aktueller Stand: 14 Wave-Boxen im Betrieb seitens PRE



**Mehr als 110 Anlagen weltweit sind durch Ultrawaves bereits mit der Ultraschalltechnologie ausgestattet, auf der die Wave-Box basiert**

Referenzen Wave-Box

Standort	Elektrische Leistung	Substrate	Wave-Box Inbetriebnahme
Biogasanlage Zarrentin 1 (Mecklenburg-Vorpommern)	500 kW	Rindergülle Maissilage	06/2016
Biogasanlage Görzitz (Brandenburg)	600 kW	Rindergülle Rindermist Gras-/Maissilage	07/2016
Biogasanlage Zarrentin 2 (Mecklenburg-Vorpommern)	500 kW	Rindergülle Maissilage	08/2016
Biogasanlage Rechlin (Mecklenburg-Vorpommern)	500 kW	Maissilage	02/2016
Biogasanlage Demmin (Mecklenburg-Vorpommern)	716 kW	Maissilage Rindergülle	04/2017
Biogasanlage Warsow (Brandenburg)	536 kW	Rindergülle Rindermist Gras-/Maissilage	04/2017
Biogasanlage Caronenhof (Mecklenburg-Vorpommern)	1.022 kW	Maissilage Rindergülle	09/2017
Biogasanlage Liepen (Mecklenburg-Vorpommern)	665 kW	Geflügelmist Rindergülle Maissilage	11/2017
<a href="#">Biogasanlage Blumberg</a> (Brandenburg)	605 kW	Schweinegülle Maissilage	02/2018
<a href="#">Biogasanlage Sandhagen</a> (Mecklenburg-Vorpommern)	370 kW	Rindergülle	07/2018
Biogasanlage Retzin (Mecklenburg-Vorpommern)	600 kW	Rindergülle Geflügel-/Rindermist Gras-/Maissilage	02/2019
Biogasanlage Fraddon (Großbritannien)	250 kW 350 m³/h Biomethan	Schweinegülle Maissilage Reststoffe	10/2019
<a href="#">Biogasanlage Woserow</a> (Mecklenburg-Vorpommern)	600 kW	Rindergülle Rindermist Gras-/Maissilage	12/2020

Stand: 2021

# Hochleistungultraschall zur Biomassebehandlung

- Referenzen -

## Kläranlage Bamberg



# Hochleistungsschall zur Biomassebehandlung

- Referenzen -

## Kläranlage Bamberg

### Kenndaten:

- Anschlusswert: 220.000 EW
- Tatsächlicher Anschlusswert: 330.000 EW
- 150 m<sup>3</sup>/d Primärschlamm, 250 m<sup>3</sup>/d eingedickter Überschussschlamm
- 3 Faultürme mit 18 d Faulzeit
- 35 % oTR-Abbaugrad

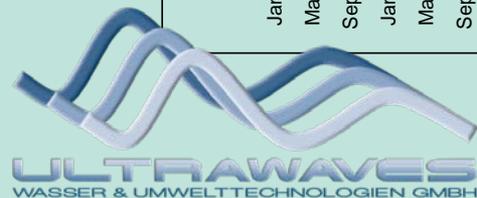
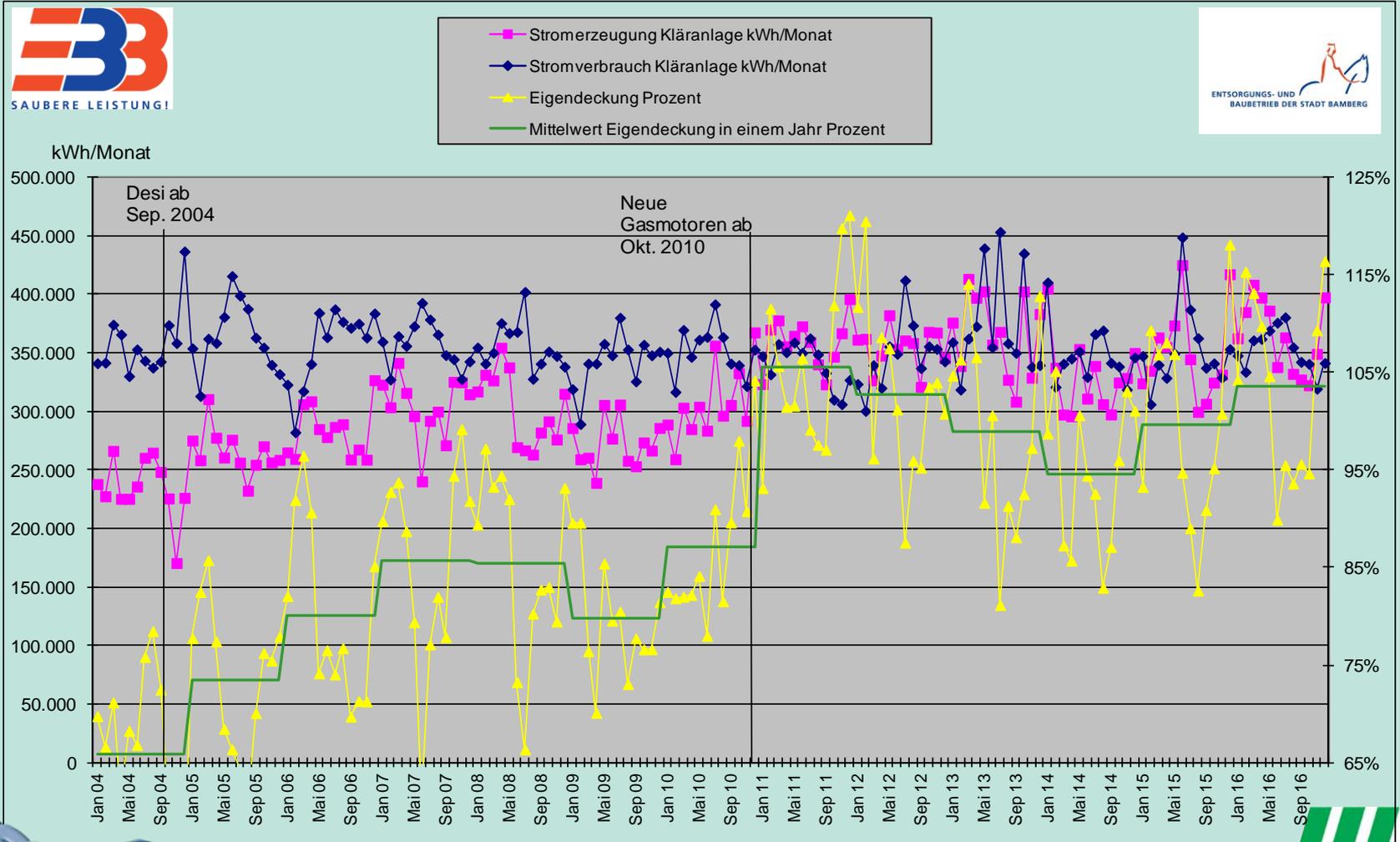
### Ziel:

- Steigerung des oTR-Abbaugrads auf min. 40 %
- Lösung 1: Bau eines weiteren 3.000 m<sup>3</sup> Faulturms
- Lösung 2: Schall-Desintegration für intensivierten oTR-Abbau

# Hochleistungultraschall zur Biomassebehandlung

## - Referenzen -

### Kläranlage Bamberg



# Die Wave-Box

- Beispielanlage Sandhagen -



# Die Wave-Box

## - Beispielanlage Sandhagen -

### Anlagendaten

- Monofermentation von ca. 100 m<sup>3</sup>/d Rindergülle
  - Ø Verweilzeit: 37 Tage
  - Ø Raumlast: 1,81 kg oTS/m<sup>3</sup> \*d
- 
- ▶ 1. Ausbauphase: 250 kW Anlage
  - ▶ 2. Ausbauphase: 370 kW Anlage

### Fazit:

1. Erhöhung der elektrischen Leistung durch den Betrieb der Wave-Box um 17 - 18 % (unter Einsatz von ca. 3,5 kW elektr. Leistung)
2. Erhöhung der Biogasproduktion um 14 %
3. Verhältnis vom Energieeinsatz zum Energiemehrertrag liegt bei 1 : 12,5  
(4 kW Energieeinsatz: 50 kW elektr. Mehrertrag)

# Die Wave-Box

## - Beispielanlage Göritz -



### Göritz vor Wave-Box

76 m<sup>3</sup>/d Rindergülle

6 t/d Rindermist

9 t/d Maissilage

8 t/d Grassilage

CH<sub>4</sub>-Gehalt 52 %

### Göritz mit Wave-Box

76 m<sup>3</sup>/d Rindergülle

10 t/d Rindermist

3 t/d Maisrückstand

4 t/d Grassilage

CH<sub>4</sub>-Gehalt 56 %

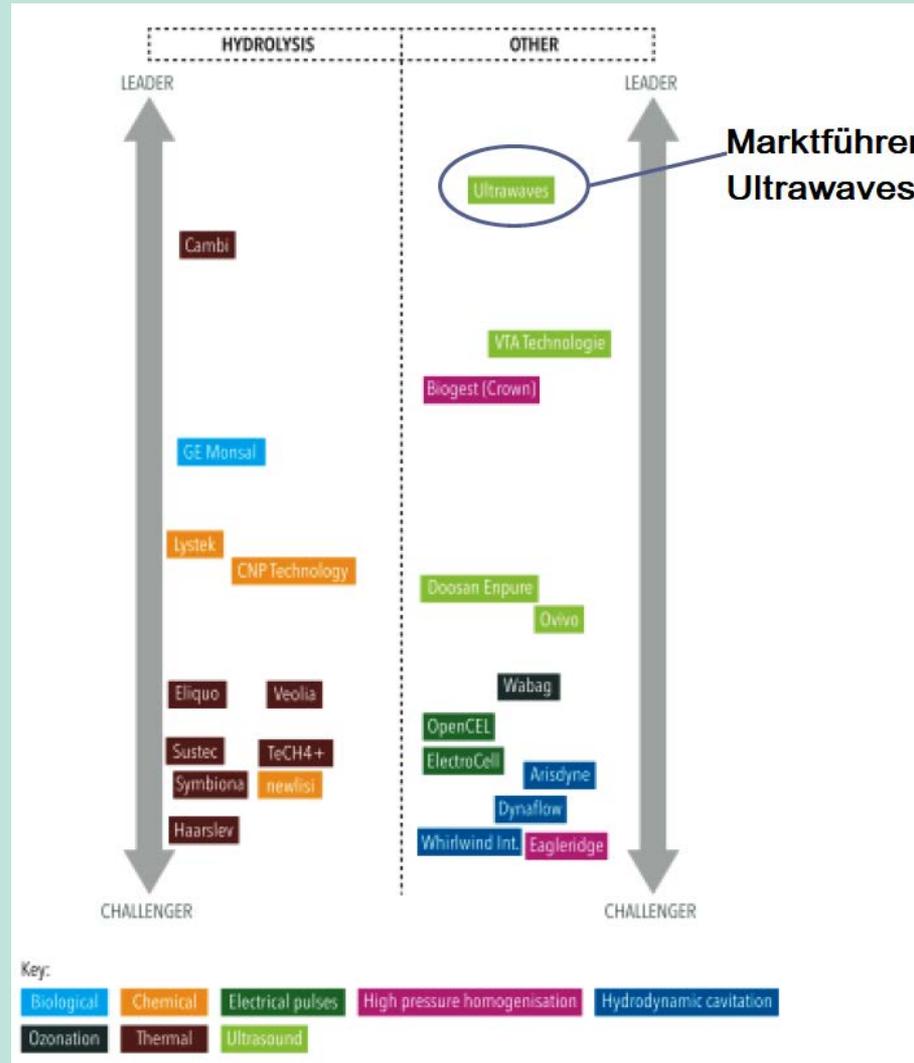
# Die Wave-Box

## - Wirtschaftlichkeit -

- **Zusätzliche CO<sub>2</sub>-freie Energieerzeugung**
- **Einsparung von Maissilage**
- **Reduzierung von Gärresten**
- **Minimaler “footprint”**
- **Keine Chemikalien**
- **Lange Intervalle für Austauschteile**
- **Erhöhung faserreicher Substrate als Input (Stroh, Gras)**

# Hochleistungsschall zur Biomassebehandlung

- Differenzierung zum Wettbewerb -

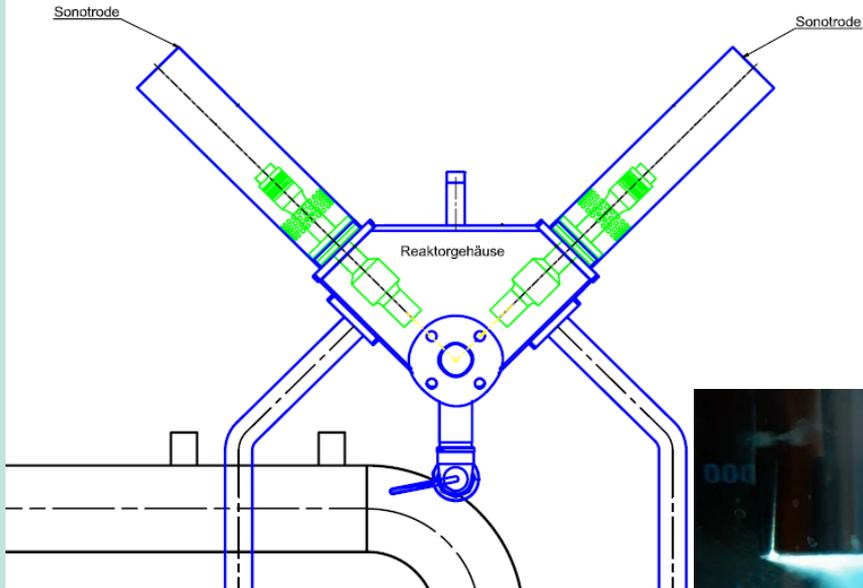


Global water intelligence report:  
„The Battle of Hydrolysis“, 2017

# Die Wave-Box

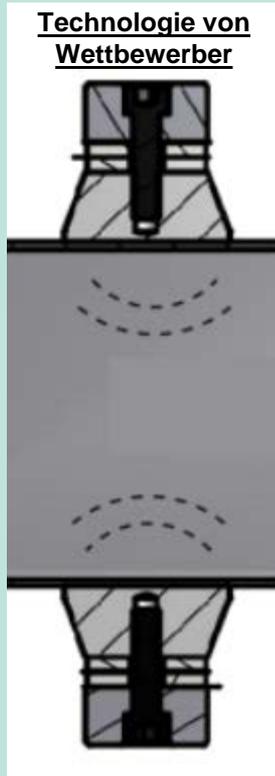
- Differenzierung zum Wettbewerb -

Zum Patent angemeldet



# Die Wave-Box

- Differenzierung zum Wettbewerb -

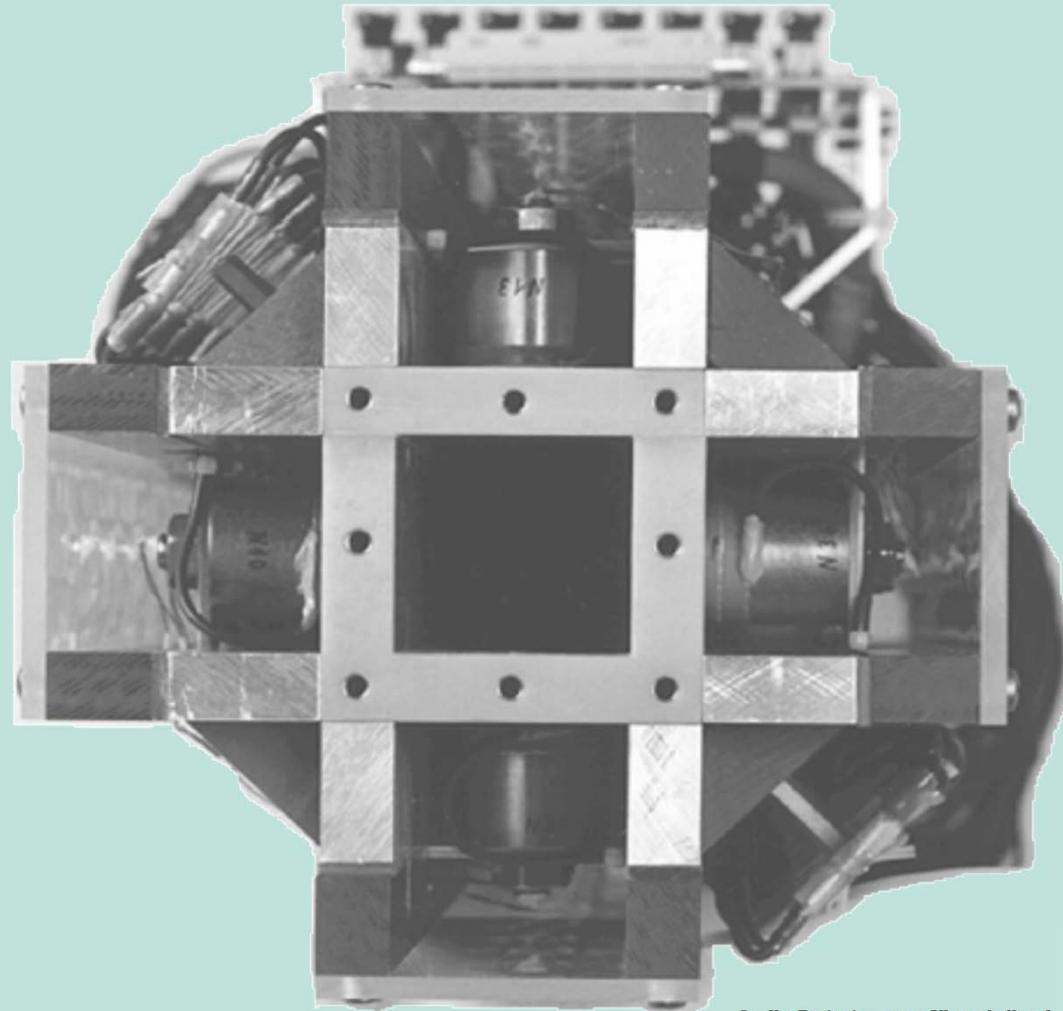
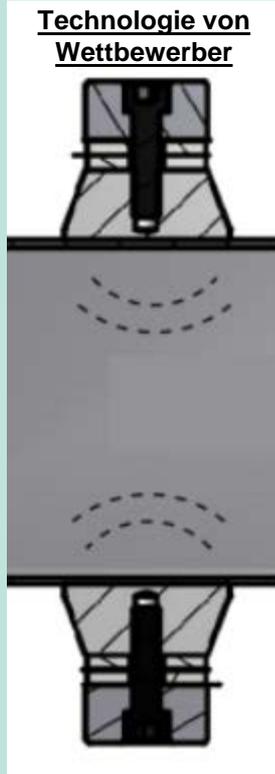


## Schallelemente an der Außenwand des Substratführungsrohrs

- Keine direkte Leistungsabgabe ins Substrat
- Aufschlusseffekte sind kaum bis gar nicht messbar
- Hoher Materialverschleiß an den Sonotroden (Tonpilzen)

# Die Wave-Box

- Differenzierung zum Wettbewerb -



Quelle: Basiswissen zum Ultraschall und  
seiner Anwendung - ULTRAWAVES  
GmbH, Juli 2020

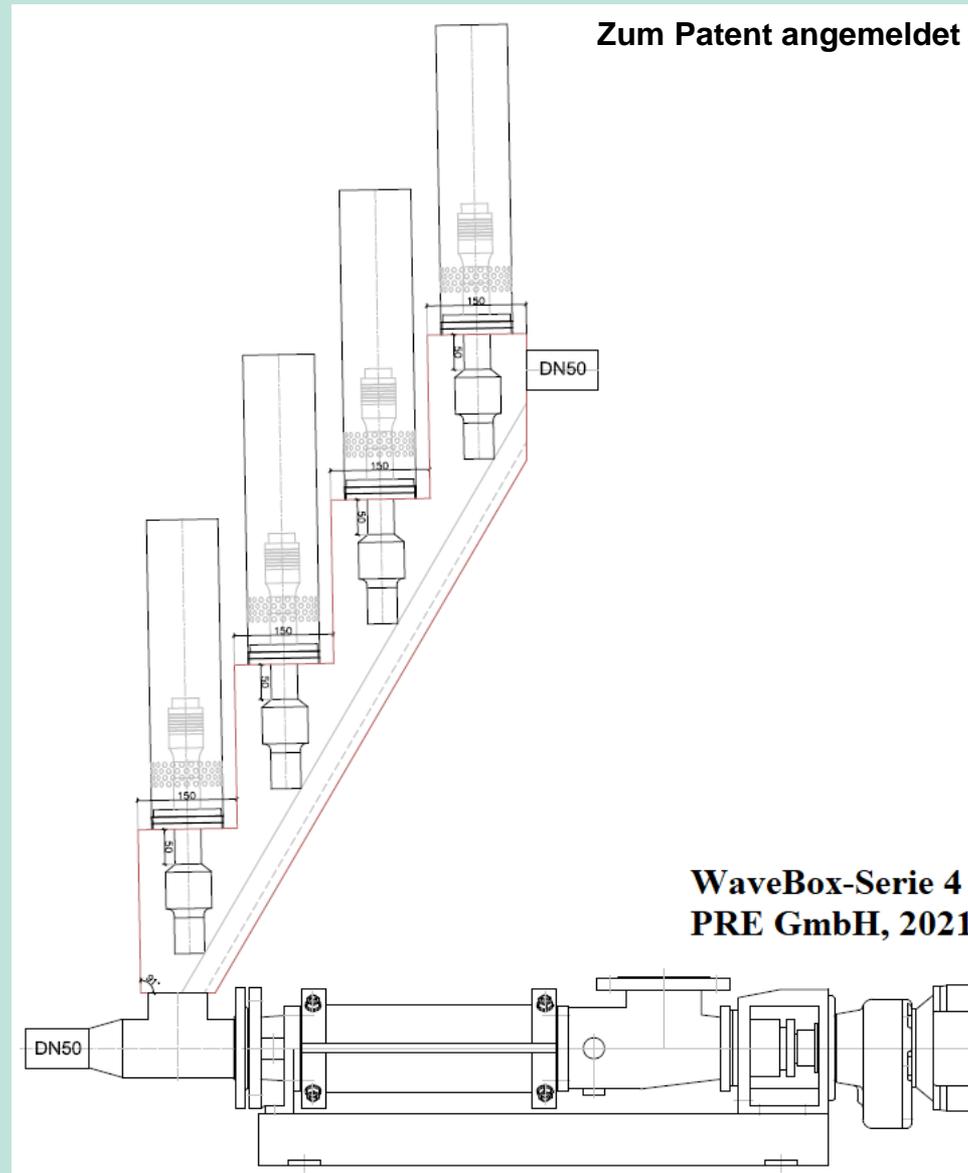
# Sepogant-Wave-Box Kombination

- Entwicklung Wave-Box -



# Sepogant-Wave-Box-Kombination

## - Entwicklung Wave-Box -



# Sepogant-Wave-Box-Kombination

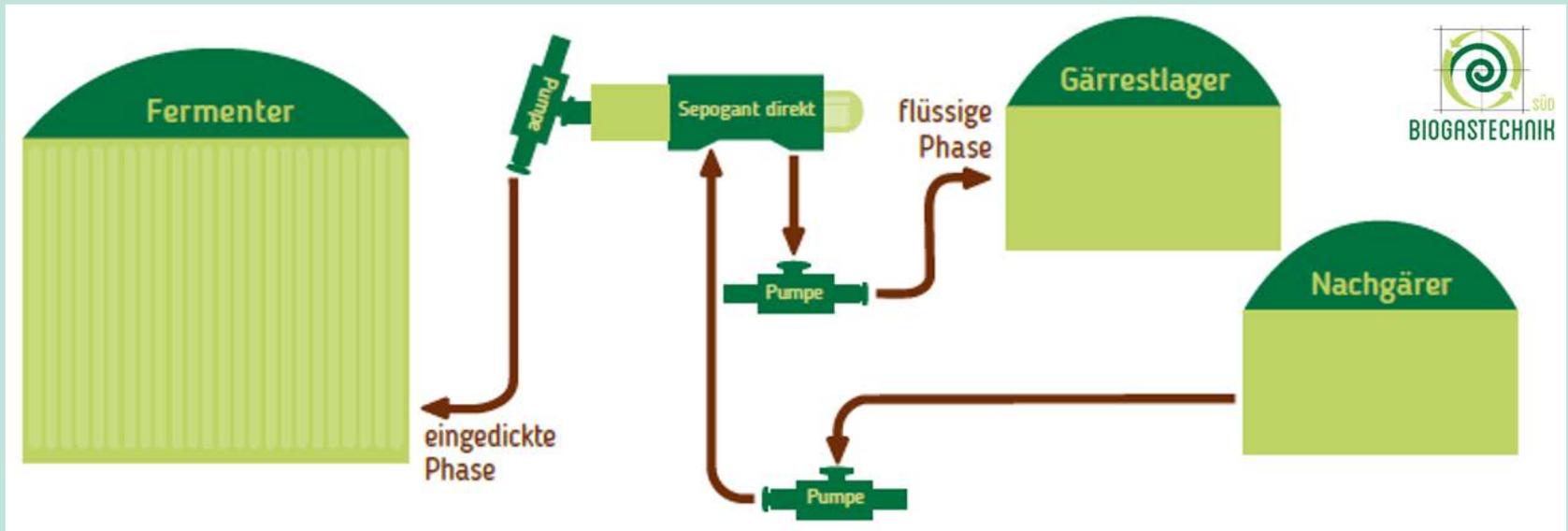
## - Vorteile Wave-Box -

- Beschleunigung des Abbaus / größerer Aufschluss
- Deutlich höhere Abbaugeschwindigkeit für Lignocellulose-Verbindungen
- Höherer Abbau / Ausnutzung der organischen Bestandteile
- Größerer spezifischer Biogasertrag
- Kompakter Reaktor > keine Verbindungselemente zwischen den US-Behandlungseinheiten
- Substrat befindet sich während der gesamten Behandlungszeit im Kavitationsfeld
- Hohe Energiedichte
- Kein Schlupf / gesicherte Sediment- und Gasentfernung

# Sepogant-Wave-Box-Kombination

## - Vorteile Sepogant Direkt -

- Geschlossener emissionsfreier Kreislauf in der Gülle- / Gärrestseparation

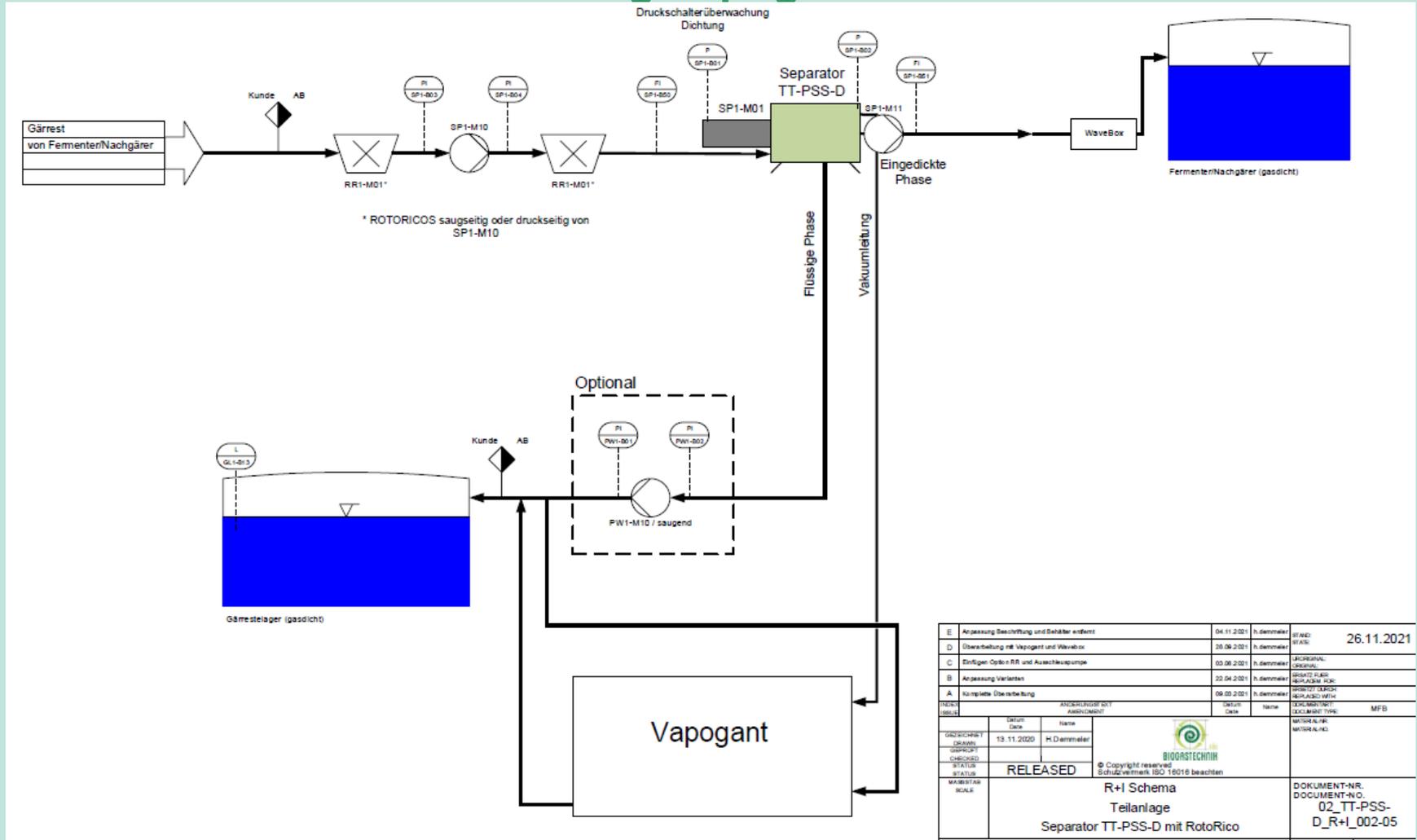


Neu: Prozessablauf einer Biogasanlage mit Sepogant Direkt, Biogastechnik Süd 2021

- Zwischen 8 % - 15 % des anfallenden Gärrestes sind Fasern, die bei der Separation anfallen und nicht vergoren bzw. abgebaut sind

# Sepogant-Wave-Box-Kombination

## - Entwicklung Sepogant Direkt-



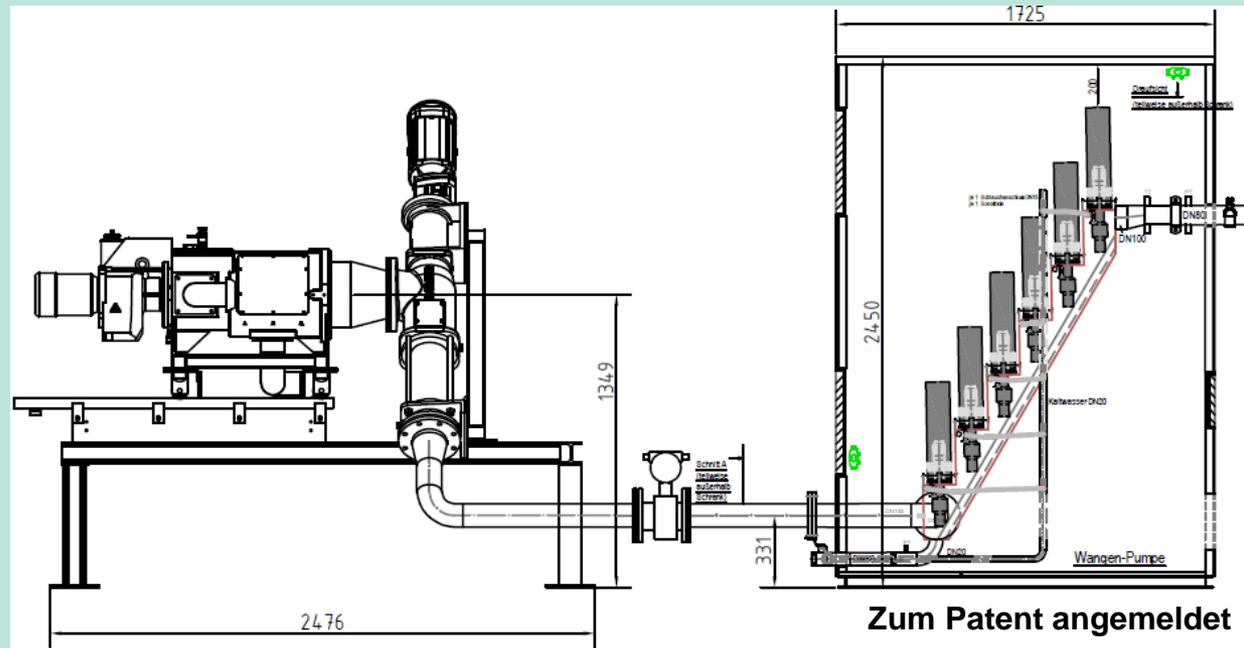
Neu: Prozessablauf einer Biogasanlage mit Sepogant Direkt, WaveBox und Vapogant, Biogastechnik Süd, 2021

# Weltneuheit:

## Sepogant Direkt-Wave-Box-Kombination

### Vorteile:

- Kein Feststoffaustrag
- Rückführung nicht abgebauter Organik in den Fermenter/Nachgärer
- Emissionsfreier Betrieb
- Zusätzlicher Organikabbau

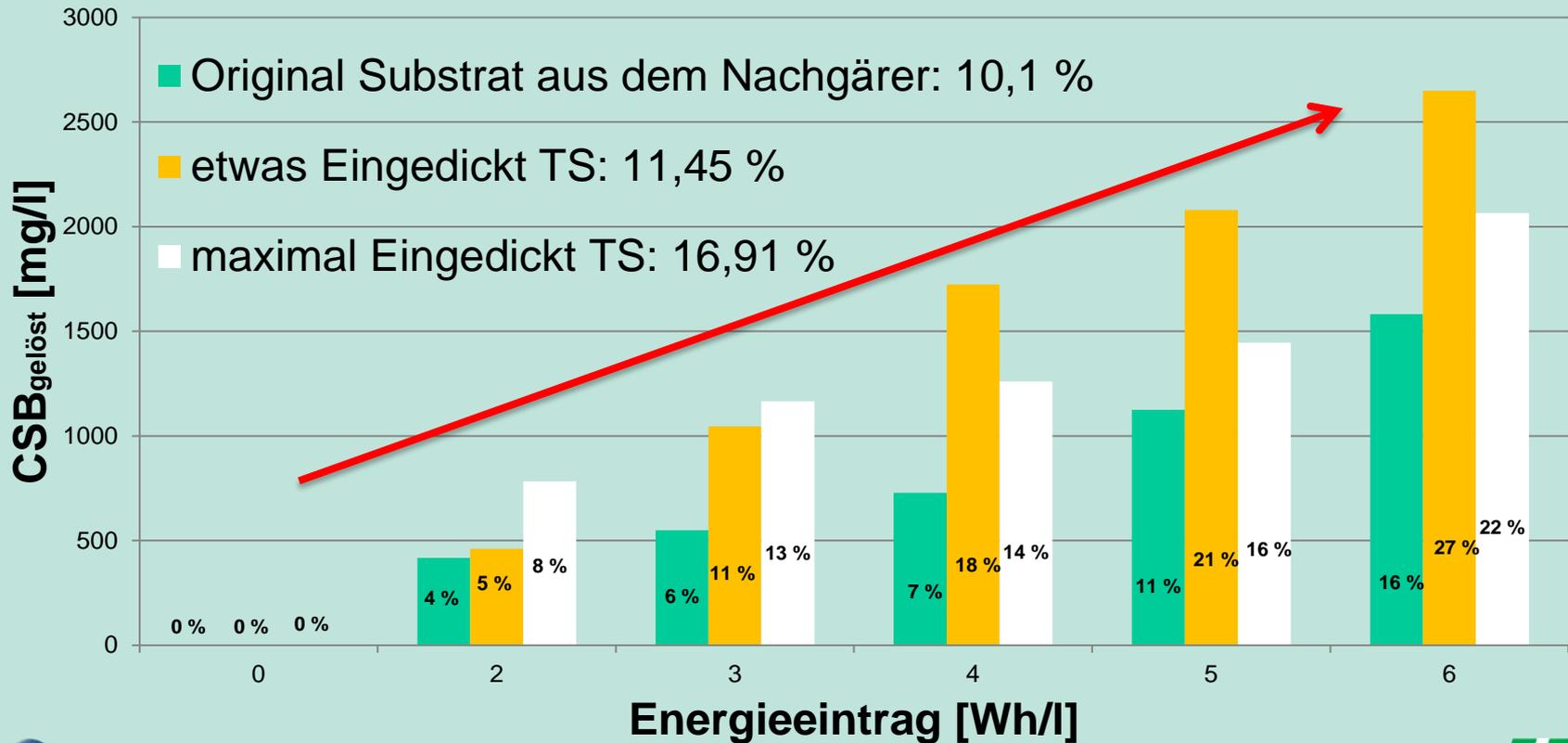


Sepogant Direkt-Wave-Box-Kombination

# Sepogant-Wave-Box-Kombination

- Zusätzlicher gelöster CSB von OS des Nachgärers vs. Gärsubstraten eingedickt aus dem "Vapogant"-Separator -

## Ultraschallbehandlung

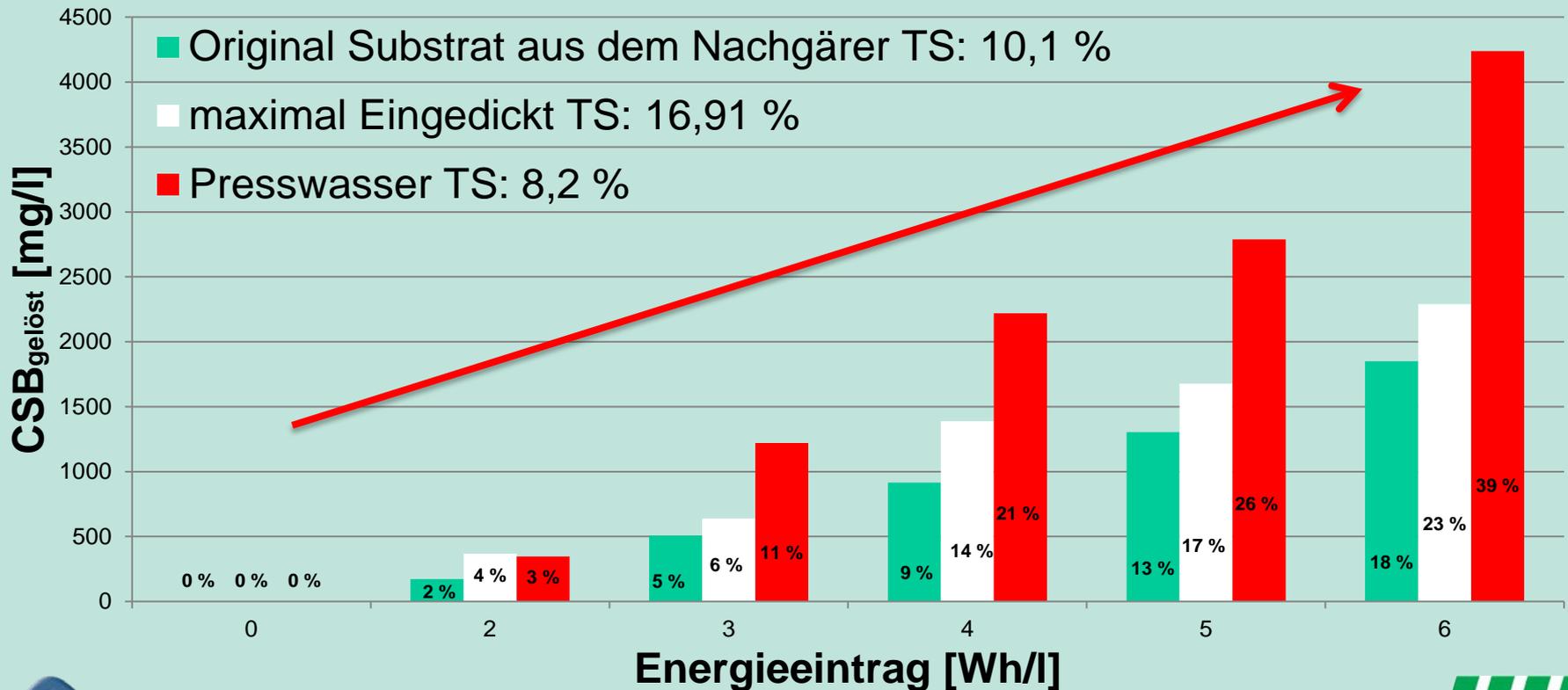


Vermerk: Die Proben stammen von der BGA Isny (Baden-Württemberg) - Mai 2021

# Die Wave-Box

- Zusätzlicher gelöster CSB von OS des Nachgärers vs. Presswasser und Eingedicktem aus dem "Vapogant"-Separator -

## Ultraschallbehandlung



Vermerk: Die Proben stammen von der BGA Isny (Baden-Württemberg) - Juni 2021

# Sepogant-Wave-Box-Kombination

- Technologische Aspekte -

## Effekte für die Ultraschallbehandlung

- Effizienzsteigerung durch Erhöhung des Wirkungsgrads der Wave-Box
- Deutliche Minderung des TS-Gehaltes im Gesamtsystems > Minderung der Betriebskosten
- Einsparungseffekte durch erhöhten organischen Abbau

# Sepogant-Wave-Box Kombination

## - Ökologische Aspekte -

- Emissionen aus Separationssystem werden vermieden
- Erhöhung des Gasbildungspotenzials der Einsatzstoffe
- Minderung des Restgaspotenzials im Gärrest

### Normale BGA

Abbau der Organik

75 %

### BGA mit Sepogant und Wave-Box

Abbau der Organik

90 %

**20 % mehr Biogas aus  
Originalsubstanz**

# Kombi-Max

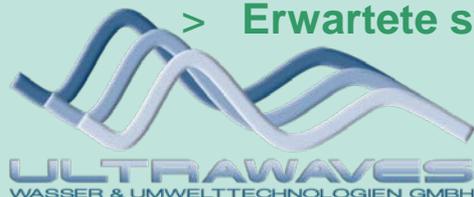
“Entwicklung eines Kombigerätes zur zielgerichteten chemo-physikalischen Veränderung von Inhaltsstoffen in Suspensionen durch Ultraschall und kaltes Plasma”



Unterstützt durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung

## F&E Förderprojekt:

- > Partner : PRE Power Recycling Energyservice GmbH  
University Rostock - Agrartechnologie und Verfahrenstechnik  
Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V.  
(INP Greifswald)
- > Kombination von Ultraschall- und Plasmatechnik
- > Kavitation und Ionisation in einer Reaktionskammer
- > Erwartete synergistische Effekte (physikalisch und chemisch)



# Kombi-Max

- Demonstratorversuche -

## Laborversuche (Batchtests)



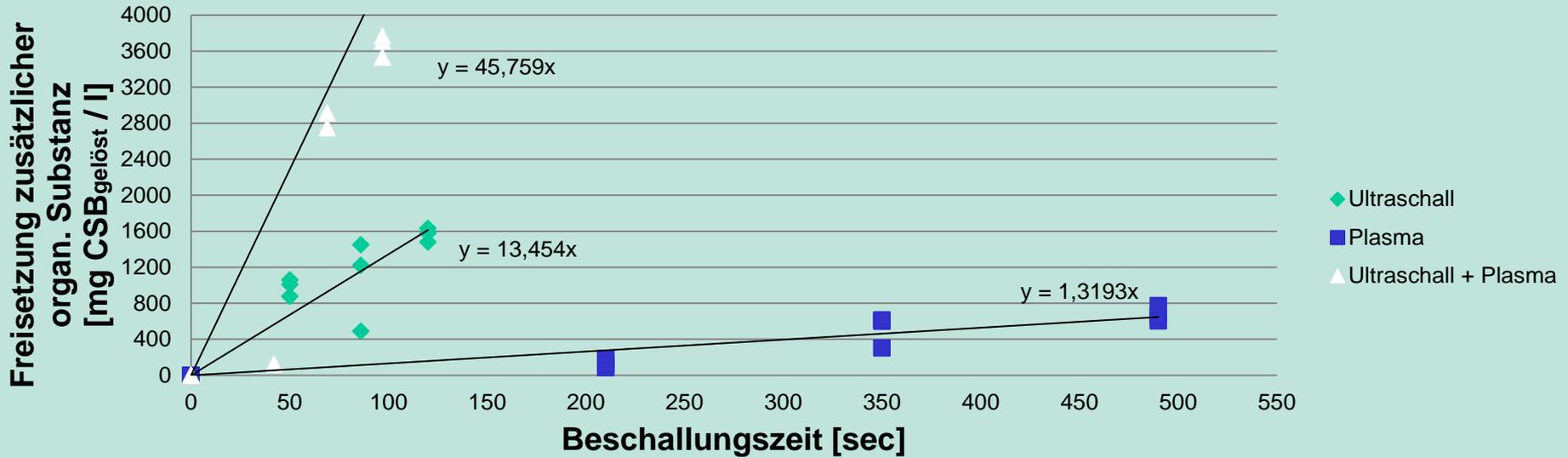
## Industriennahe Testungen



# Kombi-Max

- Ergebnisse/Perspektiven -

## Übersicht - Testreihen



Ultraschall: Aufschluss der Biomasse --> bis zu 20 % Steigerung

Plasma: Aufschluss der Biomasse --> bis zu 10 % Steigerung

Ultraschall + Plasma: Aufschluss der Biomasse --> bis zu 30 - 34 % Steigerung

=> deutlich schnellerer Aufschluss

# Kombi-Max

- Ergebnisse/Perspektiven -

## Weiterentwicklung des Reaktorraums

- > Steigerung des Biogasertrags und der Abbaurate
- > Weitere Steigerung der Effizienz bei der Biomassevergärung
- > Verbesserte Sediment- und Gasabführung
- > Skalierbarkeit für große Volumenströme



### Kombi-Max (zum Patent angemeldet) Wasserstoff-Produktion: Laborergebnisse



Abb. 1: Versuchsaufbau (Ultraschall + Plasma)

- 9,5 l --> Plasma + Ultraschall für 30 sec
- Proben des entstehenden Gases wurden in einer Kartusche (siehe Abbildung 2) aufgefangen
- Analytik mittels Gaschromatografie (GC) --> Firma „Gatron GmbH“



Abb. 2: Probenahme-Vorrichtung

Gase	G53452
	Angaben in Vol. %
H <sub>2</sub>	34,32
O <sub>2</sub>	6,53
N <sub>2</sub>	34,65
CO	7,97
CO <sub>2</sub>	14,2
CH <sub>4</sub>	1,18
Summe	98,85

Abb. 3: Ergebnis der Gasbildung

# PRE

**Trust ultrasound - your benefit!**

**Watch our plasma solutions!**

***Vielen Dank!***

**ULTRAWAVES**

**Wasser- und Umwelttechnologien GmbH**

**Becker-Göring-Straße 17-25**

**D - 76307 Karlsbad**

**Germany**

**Phone: +49 7248 9166 171**

**Fax: +49 7248 9166 6351**

**E-mail: [info@ultrawaves.de](mailto:info@ultrawaves.de)**

**Web: [www.ultrawaves.de](http://www.ultrawaves.de)**

**PRE**

**Power Recycling Energyservice GmbH**

**Lindenhof 2c**

**D - 17033 Neubrandenburg**

**Germany**

**Phone: +49 395 7074709**

**Fax: +49 395 7782138**

**E-mail: [info@pre-mv.de](mailto:info@pre-mv.de)**

**Web: [www.pre-mv.de](http://www.pre-mv.de)**

