

# Antifoulingkonzepte für Mehrparameter- Analysenmess- und Wasserentkeimungssysteme

## AntiPARAM

Verbundpräsentation  
*Alexander Scholte, iba Heiligenstadt e.V.*

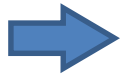


Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main





## MachWas

MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT

Materialien für eine nachhaltige  
Wasserwirtschaft



## AntiParam

Antifoulingkonzepte für Mehrparameter-  
Analysenmess- und Wasserentkeimungssysteme



4H-Jena engineering GmbH  
Jena  
FKZ: 03XP0044A

Entwicklung von Mess- und  
Analysesystemen



UV-Technik Speziallampen GmbH  
Wolfsberg  
FKZ: 03XP0044B

Entwicklung von Spezial-UV-  
Lampen



seit 1558  
**JCSM**  
Jena Center for Soft Matter

FSU Jena, IOMC  
Jena Center for Soft Matter (JCSM)  
FKZ: 03XP0044F

Institut für Organische und  
Makromolekulare Chemie



IFB Halle GmbH  
Halle/ Saale  
FKZ: 03XP0044C

Bioanalytik,  
Umwelttoxikologie  
und Biotechnologie



iba Heiligenstadt e.V.  
Heilbad Heiligenstadt  
FKZ: 03XP0044E

Biotechniques at Interfaces

Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main





Entwicklung von Analyse-  
und Messsystemen u.a.  
zum Gewässermonitoring

Messsonden für Leitfähigkeit, Druck, Strömung und Temperatur auf einem Sensorgestell nach 6-monatigem Einsatz in der Nordsee vor Sylt.

Sensorsysteme werden binnen kurzer Zeit mit einer Bewuchsschicht aus verschiedensten Organismen (Biofilm) bedeckt

- Einschränkung der Funktionsfähigkeit / Zuverlässigkeit
- Häufige und aufwändige Wartung / Reinigung erforderlich

Die Erhöhung der Langzeitstabilität sensorischer Funktionsflächen ist demnach eines der vordringlichsten Probleme beim Einsatz im Bereich des Gewässer- und Umweltmonitorings.



## Entwicklung von Spezial-UV-Lampen u.a. zur Gewässerdesinfektion

- Beim Einsatz in wässrigen Umgebungen bilden sich auf den jeweiligen Grenzflächen Verschmutzungen und Verkrustungen mit anorg. / org. Material → Biofouling und Scaling
- Biofouling und Scaling führt zur Absorption der UV-Strahlung → Desinfektionswirkung nimmt ab + Fehlmessung UV-Leistung



Vor dem Einsatz



Nach dem Einsatz



Ziel des Vorhabens:

- Etablierung eines hocheffektiven Antifoulingkonzeptes auf der Basis von spezifisch funktionalisierten Hydrogelen
- Praxis- und technologieorientiert Umsetzung entsprechend der Kundenanforderungen (Wartungsintensität, Langzeitstabilität)

## Materialien:

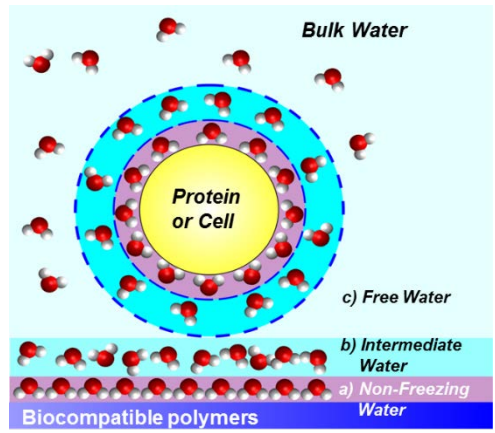
Borosilikatglas (Borofloat B33)	4H-Jena
Polierter Edelstahl V4A	4H-Jena
Quarzglas	UV-Technik und 4H-Jena

## Anforderungen:

- Kovalente Anbindung der antiadhäsiven Beschichtung
- Chemisch inert im Messmedium, beständig gegen kurzzeitige Behandlung mit verdünnten Säuren
- Abrasionsbeständigkeit
- Optische Transparenz  $\geq 90\%$  im Bereich 280 - 880 nm (Glas)
- Reduktion der Adhäsion um 70%
- ... (Pflichtenheft)

Verbundpartner:

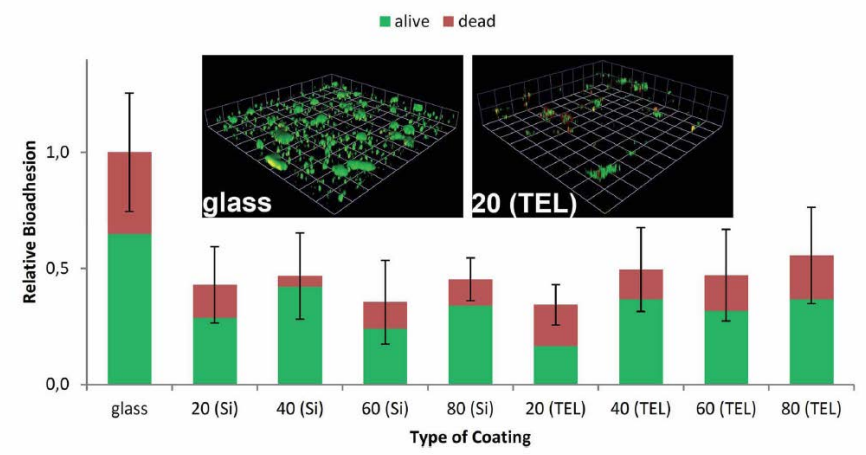
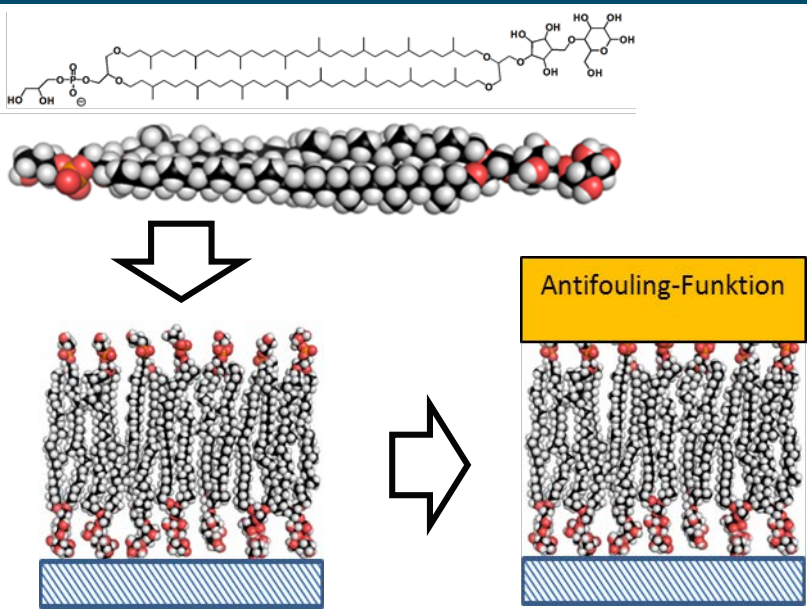
Wechselwirkung zwischen Wasser und polyhydrophilen Oberflächen



Hydrated Water (Water in polymer)

- Freezing Water (Crystallizable)
  - Free Water (Crystallizes at ca. 0 °C, and is slightly affected by polymer or Non-Freezing Water)
  - Freezing-Bound Water or Intermediate Water (Crystallizes in heating process below 0 °C, and will be intermediately affected by polymer and/or Non-Freezing Water)
- Non-Freezing Water (non-crystallizable even at -100 °C due to strong interaction with polymer)

Tanaka et al., Polymer Journal (2013) 45



L. Tauhardt et al., J. Mater. Chem. B 2014, 2, 4883-4893.

Verbundpartner:

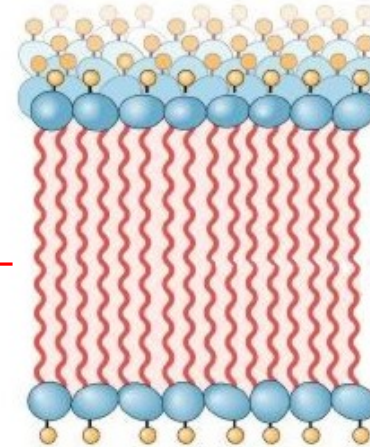
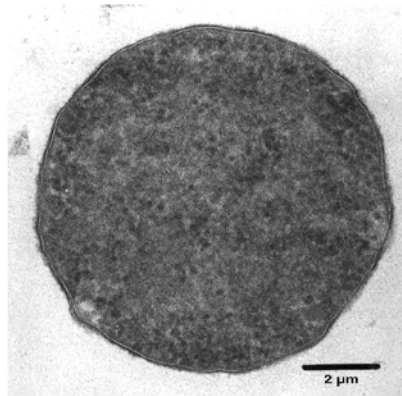


2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



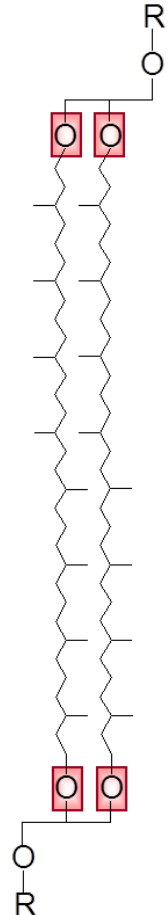


- Hauptbestandteil der Plasmamembran von Archaeen
- Archaeen leben in biologischen Nischen
- herausragende evolutive Stabilitätseigenschaften (pH, Säure und Temperatur)



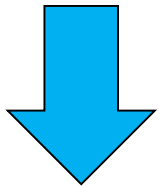
## Vorteile durch optimierten Aufbau der Lipidmembran:

1. Etherbindungen
2. Komplett gesättigte Kohlenwasserstoffketten
3. Monomolekularer Lipidlayer

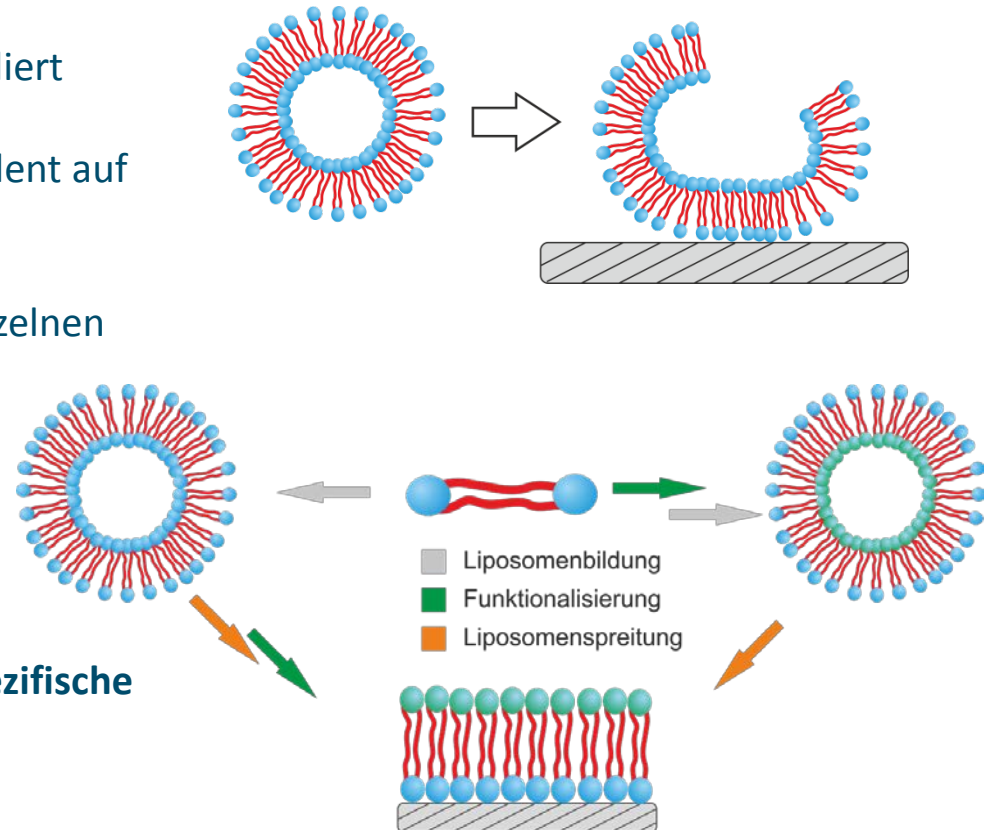




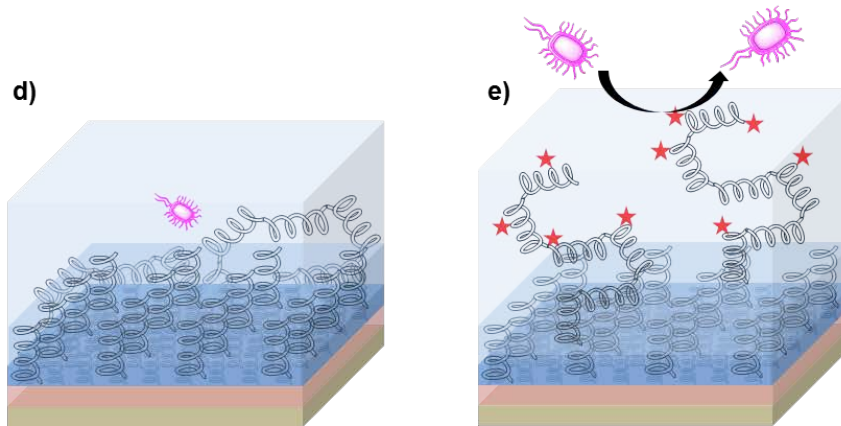
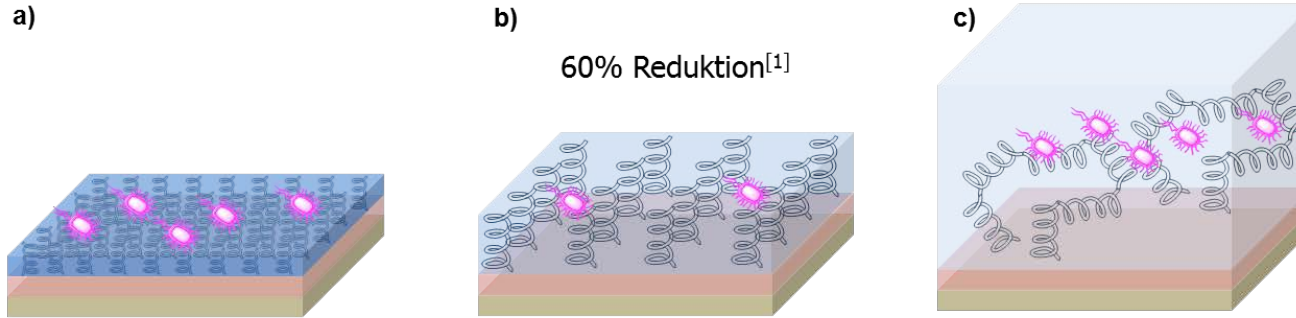
- TEL weisen aufgrund ihres bolaamphiphilen Charakters ein hohes Self-Assembly-Potential auf
- Liposomale Beschichtungsstrategien sind etabliert
- Es können dichte Monolayer erzeugt und kovalent auf Substraten fixiert werden
- Eine Funktionalisierung von Schichten und einzelnen TEL ist möglich



Es resultieren verschiedenste, anwendungsspezifische Funktionsschichten







- > Zwitterionische Gruppen (Carboxy- oder Sulfobetaine)
- > Kombination aus PEG oder POx mit unterschiedlichen  $M_n$
- > TEL-Beschichtung
- > Substrat

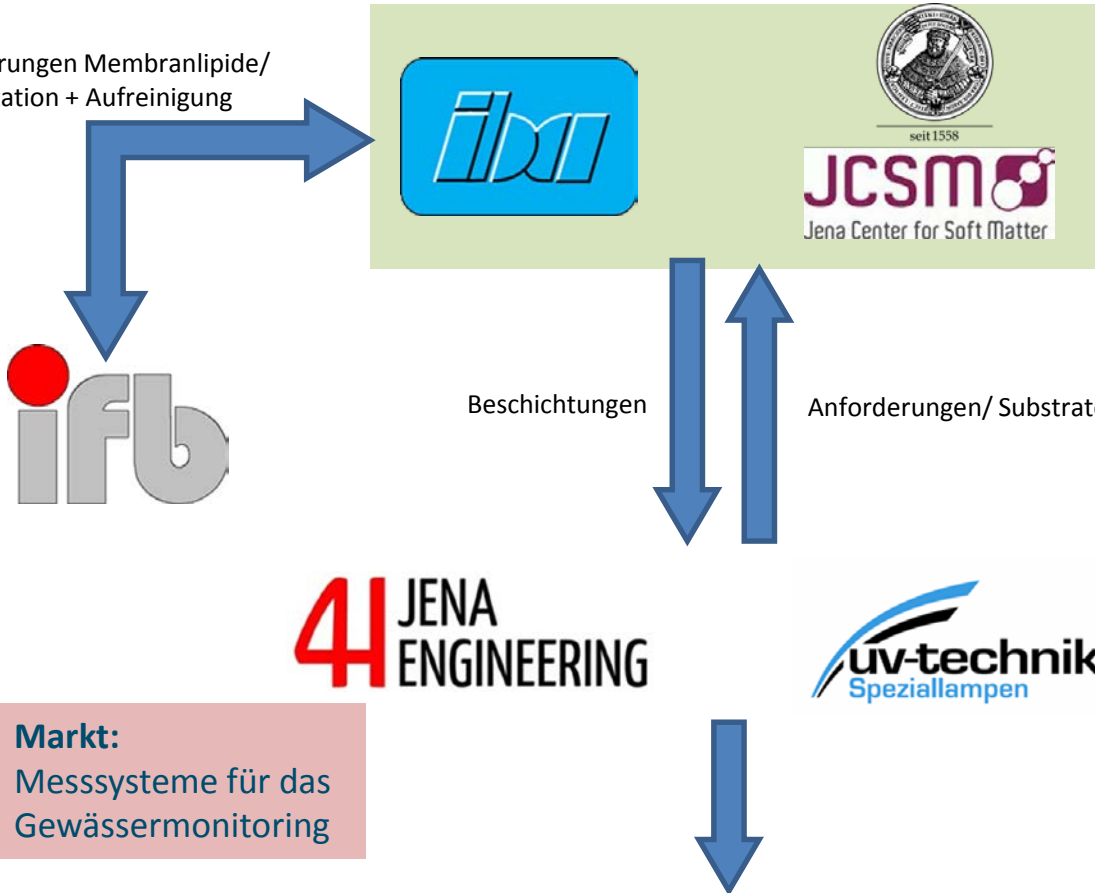
Kombinationsschichtsysteme aus hydrophilen und zwitterionischen Polymeren (e) zur kovalenten Anbindung an Bauteile und Sensoren für die Wasseraufbereitung sowie das Gewässermonitoring

[1] L. Tauhardt, M. Frant, D. Pretzel, M. Hartlieb, C. Bücher, G. Hildebrand, B. Schröter, C. Weber, K. Kempe, M. Gottschaldt, K. Liefeth, U. S. Schubert, "Amine end-functionalized poly(2-ethyl-2-oxazoline) as promising coating material for antifouling applications", *J. Mater. Chem. B* **2014**, 2, 4883-4893.



Forschung  
Entwicklung  
Anwendung

Anforderungen Membranlipide/  
Fermentation + Aufreinigung



Effektive Antifouling-Beschichtung für das Wassermanagement

Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



MachWas  
MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT

GEFÖRDERT VOM  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Etablierung eines Verfahrens zur kontinuierlichen Fermentation und Aufreinigung von Archaeen sowie Adaption und Optimierung isolierter Membranlipide zur Anwendung in industriellen Bioprozessen



## Zielstellung:

- Umsetzung einer erfolgreichen kontinuierlichen Fermentation einer Archaea-Spezies
- Bereitstellung der geforderten Tetraetherlipid (TEL)-Mengen in gewünschter Reinheit

## Auswahl einer geeigneten Archaeen-Spezies (IFB Halle GmbH)

- Zellmembran muss TEL enthalten
- möglichst einfache Kultivierung
- möglichst geringe Kontaminationsgefahr
- hohe Zelldichte erreichbar
- Stammhaltung / Konservierung möglich
- *Thermoplasma acidophilum*
- *Thermoplasma volcanium*
- *Picrophilus oshimae*
- *Sulfolobus acidocaldarius*
- *Sulfolobus solfataricus*
- *Sulfolobus metallicus*

Tabelle: Fermentationsparameter Temperatur und pH ausgewählter Archaeen  
Quelle: Huber et. al, Oren in: The Prokaryotes, A Handbook on the Biology of Bacteria:  
Archaea. Bacteria: Firmicutes, Actinomycetes, Volume 3, Third Edition, Springer 2006



	Temperatur- bereich/ Optimum [°C]	pH-Bereich/ Optimum
<i>Thermoplasma acidophilum</i>	45-63 / 59	0,5 – 4/ 1 - 2
<i>Thermoplasma volcanium</i>	33 - 67 / 60	1 – 4/ 2
<i>Picrophilus oshimae</i>	47 - 65 / 60	0 – 3,5/ 0,7
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	55 - 85 / 70 - 75	1 – 6/ 2 - 3
<i>Sulfolobus solfataricus</i>	50 - 87 / 85	2 – 5,5/ 3 – 4,5
<i>Sulfolobus metallicus</i>	50 - 75 / 65	1 – 4,5/ 2 – 3



Extreme Optima in den Wachstumsparametern verringern die Kontaminationsgefahr

- Keine gentechnische Modifizierung (z.B. Einbau von Antibiotikaresistenzen) notwendig
- Möglichkeit der kontinuierlichen Kultivierung (auch unter nicht vollkommen aseptischen Bedingungen)

Beispiel *Picrophilus oshimae*

## Vorteile:

- pH-Optimum bei 0,7 → geringe Kontaminationsgefahr
- Kultivierungstemperatur 60°C → Schüttelkulturen in handelsüblichen Brutschränken möglich (max. regelbare Temperatur häufig < 70°C)
- vergleichsweise hohe Zellmasseausbeute (ohne Optimierung)
- TEL gut und in hoher Reinheit isolierbar
- TEL weist ähnliche Eigenschaften zu dem aus *Thermoplasma acidophilum* gewonnenen auf (s. z.B. Stabilität bei Extraktion und Lagerung)

## Nachteile:

- Hoher Verbrauch an Schwefelsäure (Fermentation) und Natronlauge (Downstreaming)
- hohe Anforderungen an Equipment

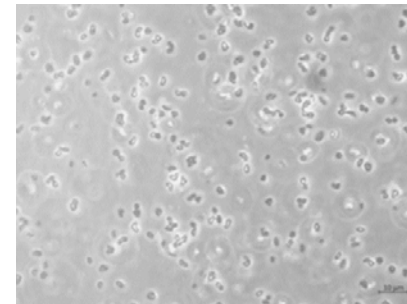


Abb.: Mikroskopisches Bild einer gesunden Kultur von *Picrophilus oshimae* in kontinuierlicher Fermentation

Verbundpartner:



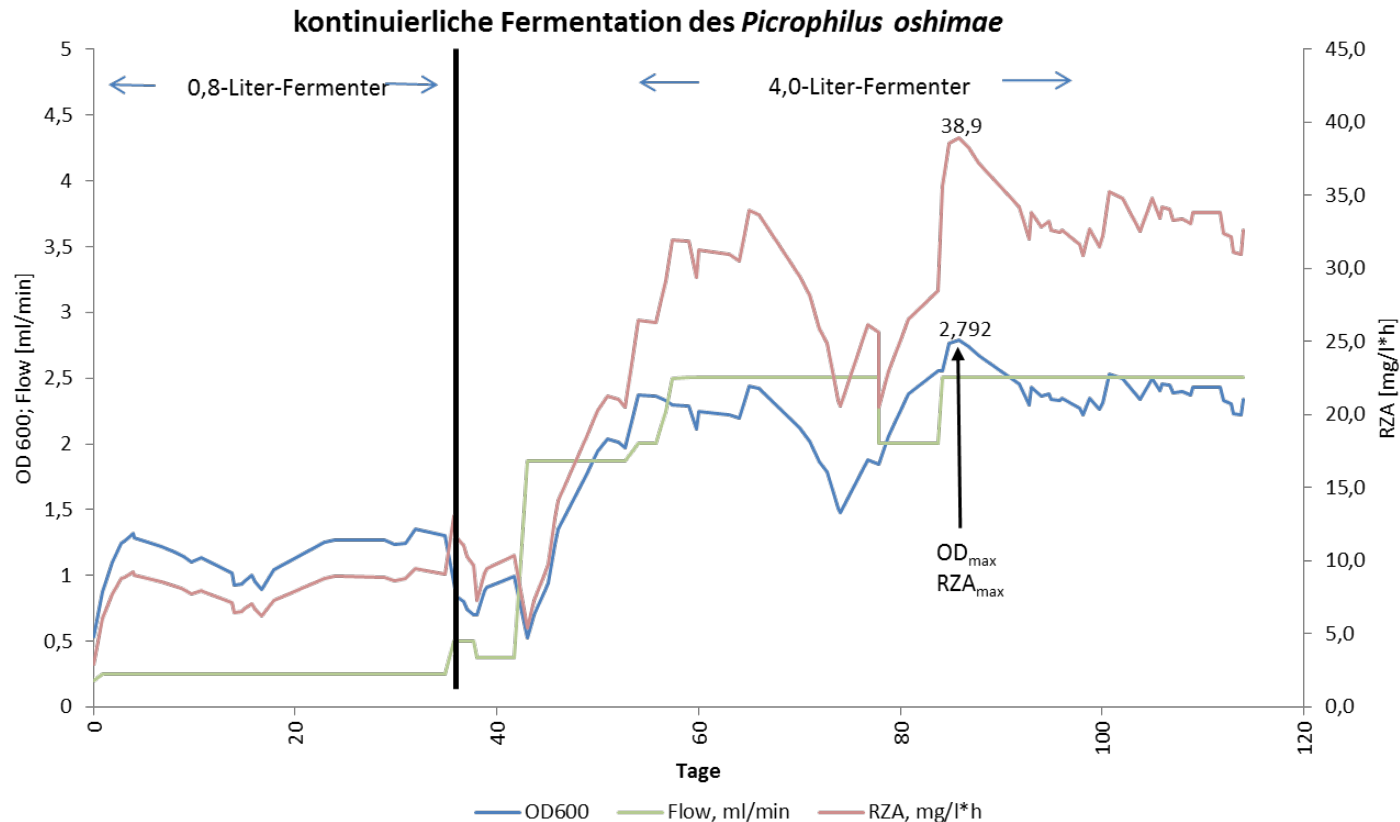
2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



## Etablierung einer kontinuierlichen Fermentation von *Picrophilus oshimae*

### 1. Weiterführung der kontinuierlichen Fermentation und Upscaling

- Herkunft des Archaeons: Solfataric field; Japan, Hokkaido, Kawayu (6536). Type strain DSM #9789  
→ Leibniz Institut DSMZ - Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH



Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/Main



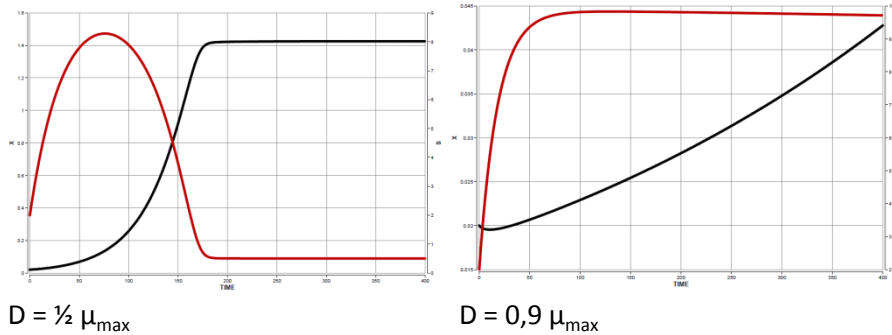


## Etablierung einer kontinuierlichen Fermentation von *Picrophilus oshimae*

### 2. Optimierung der kontinuierlichen Fermentation

Optimierung der Fermentation durch

- Computersimulierte Variation von Prozessparametern (z.B. der Durchflussrate D)



■ Substratkonzentration  
■ Zelldichte

- reale Variation der Parameter Substratkonzentration(en), Begasungsrate, Temperatur, pH, Durchflussrate



### Ergebnisse (Stand Mai 2018):

- wiederholter stabiler Betrieb über mehr als 120 Tage
- Upscaling vom 0,8 l in den 4 l Fermenter
- max. spez. Wachstumsrate ( $\mu_{max}$ ): 0,08 h<sup>-1</sup>
- Sättigungskonstante (KS): 1,5 g Kohlenstoff/l
- Raumzeitausbeute von 0,185 g/l\*h bei einer Durchflussrate von 0,05 h<sup>-1</sup>
- Erhöhung der Kohlenstoffkonzentration (Glucose) um den Faktor 5 → Biomassegehalt in kontinuierlicher Fermentation um Faktor 11 > als im Batchbetrieb (Biotrockenmasse 0,35 g/l □ max. 3,9 g/l).
- (semi)kontinuierliche Ernte der Kultur (Biomasseabtrennung) mittels Durchflusszentrifuge



## Etablierung einer kontinuierlichen Fermentation von *Picrophilus oshimae*

### 3. Bereitstellung der geforderten Tetraetherlipid (TEL)-Mengen in gewünschter Reinheit → Entwicklung einer optimierten Aufbereitung der kontinuierlich anfallenden Zellsuspension

Bearbeitung folgender Teilprozesse:

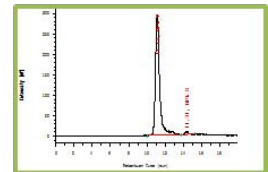
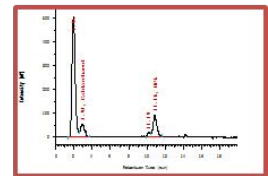
- Trennung der Zellen vom Medium → Filtration, Zentrifugation
- Lyophilisierung der Zellmasse
- Extraktion der TEL aus der Zelltrockenmasse → Soxhletextraktion, Extraktion im Ultraschallbad
- Isolation der Zielsubstanzen aus dem Extrakt → LC, HPLC

Ergebnisse (Stand Mai 2018):

- Gewinnung von > 250 g Zelltrockenmasse
- Verbesserte Rohextraktgewinnung durch MeOH/THF-Extraktion
- Chromatographische Aufreinigung von Rohextrakten und Bereitstellung von hochreinem Tetraetherlipid
- Zur Herstellung von 1 g Tetraetherlipid (Reinheit > 98%) müssen 100 g Biotrockenmasse aufgearbeitet werden.

aktuelle Problemstellungen / Ausblick:

- weitere Optimierung der Fermentation (Stellgröße: Temperatur)
- eventuell Modifikation der Extraktion → Kombination mit Hydrolyse zur Caldarchaeol-Gewinnung



Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



**MachWas**  
MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT



## 1. Strukturbestimmung und Funktionalisierung der TEL



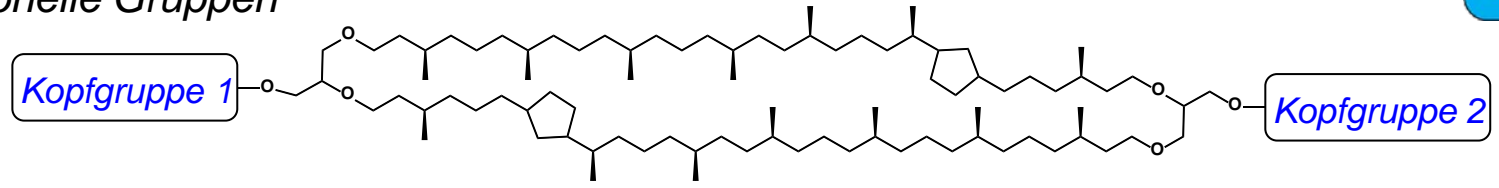
Stamm	Lieferant	Biomasse	TEL	Struktur		
				Lit.	Exp.	
<i>Thermoplasma acidophilum</i>	IFB Halle	+	+	+ <sup>[2]</sup>	+	Lipid 1
<i>Thermoplasma volcanium</i>	IFB Halle	+	+	+ <sup>[2]</sup>	+	
<i>Picrophilus oshimae</i>	IFB Halle	+	+	+ <sup>[3]</sup>	+	
<i>Sulfolobus solfataricus</i>	IFB Halle	+	+	- <sup>[4]**</sup>	-	Lipid 2
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	IFB Halle	+	+ <sup>***</sup>	(+)	+ <sup>***</sup>	
<i>Sulfolobus metallicus</i>	IFB Halle	+	+ <sup>***</sup>	-	+ <sup>***</sup>	

\* - nach der Literatur<sup>[5]</sup> (und industrieller Verwendung) handelt es sich um einen *Sulfolobus metallicus*, dies konnte im iba (u.a. durch das DSMZ per 16S rRNA-Analyse) nicht überprüft/bestätigt werden und wird daher als gesonderter Punkt behandelt. \*\* - keine MPL-Bestimmung, nur Lipid-Extrakt. \*\*\* - vorwiegend Hydrolyseprodukte, s. entsprechende Abschnitte.

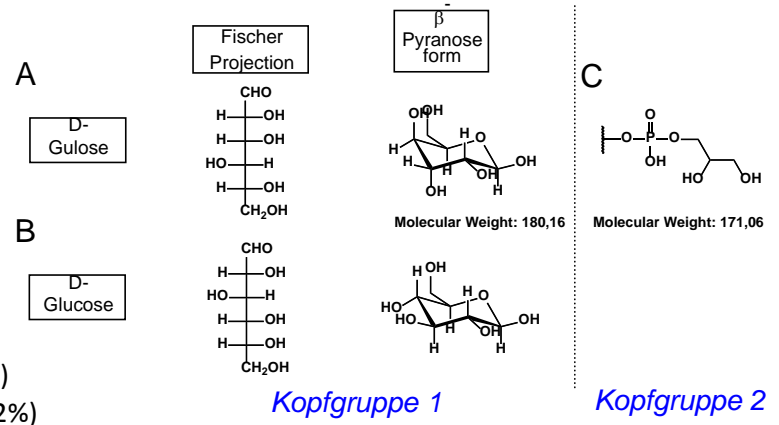
## 1. Strukturbestimmung und Funktionalisierung der TEL

### Lipid 1 - Analytik

#### Funktionelle Gruppen



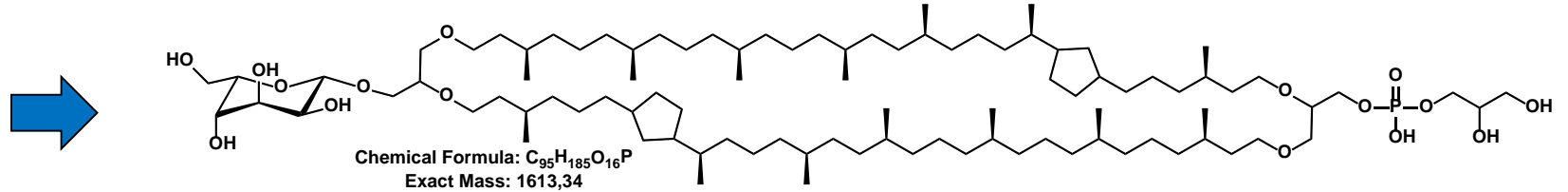
Stamm des MPL	Kopfgruppe 1	Kopfgruppe 2
<i>Thermoplasma acidophilum</i>	Gulose	Glycerophosphat
<i>Thermoplasma volcanium</i>	Gulose	Glycerophosphat
<i>Picrophilus oshimae</i>	Glucose	Glycerophosphat



### Cyclisierung

- *Thermoplasma acidophilum* 40°C → vorwiegend bicyclisch (62%)
- *Picrophilus oshimae* 45°C → acyclisch:monocyclisch 1:1 (je 32%)
- *Thermoplasma volcanium* 45°C → vorwiegend acyclisch (65%)

### Bsp. *Thermoplasma acidophilum*



Verbundpartner:



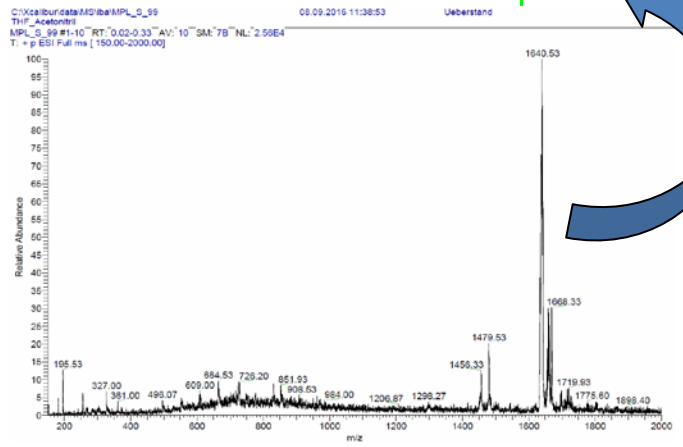
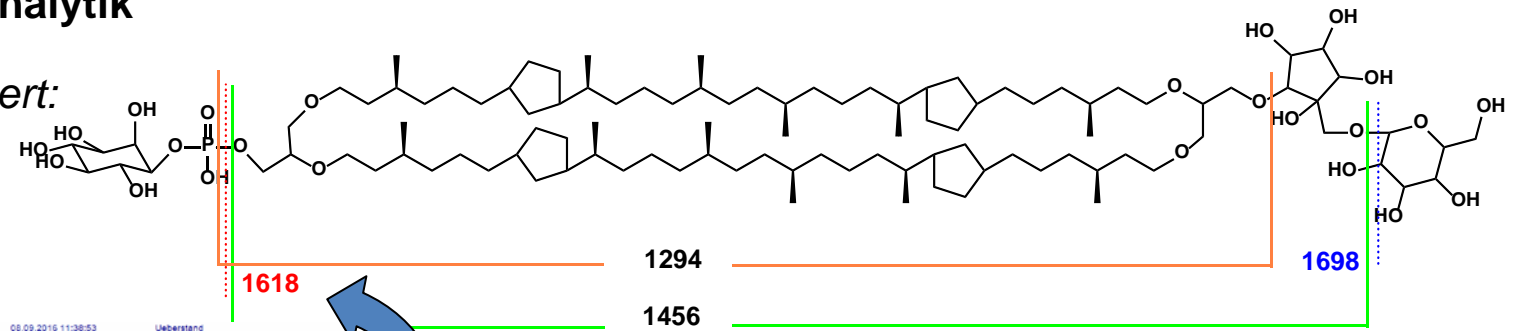
2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



## 1. Strukturbestimmung und Funktionalisierung der TEL

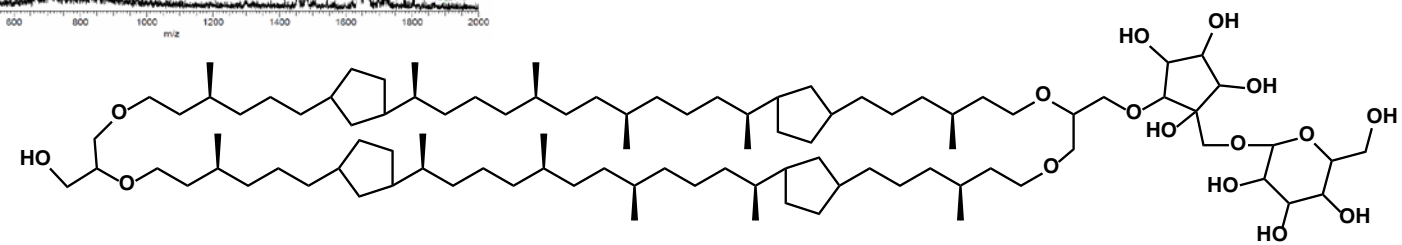
### Lipid 2 - Analytik

Publiziert:



- MPL ohne Phosphatgruppe
- Unterschiedliche Bindungsstärken der polaren Gruppen (MS/MS)

→ Hydrolyseprodukt: GDNT+Hexose



Chemical Formula:  $C_{98}H_{184}O_{16}$   
Molecular Weight: 1618,53

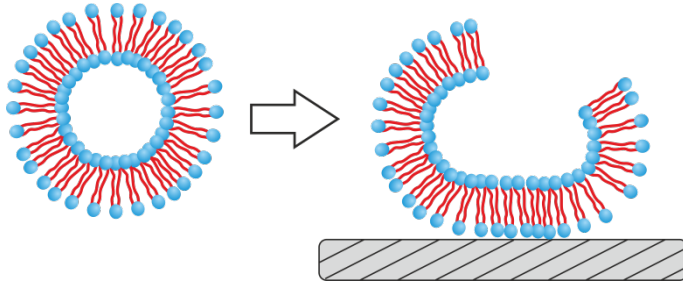
Verbundpartner:



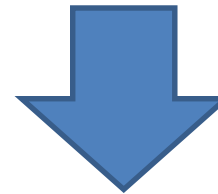
2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



## 2. Entwicklung einer Beschichtungstechnologie auf Liposomenbasis



TEL in reiner Form bilden kaum Liposomen!

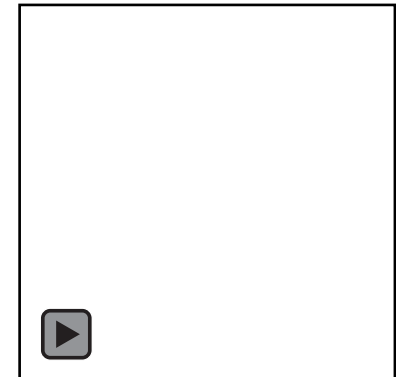


ABER:  
Stabilere Aggregate mit verbesserten Eigenschaften!

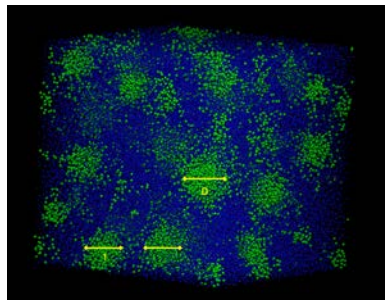
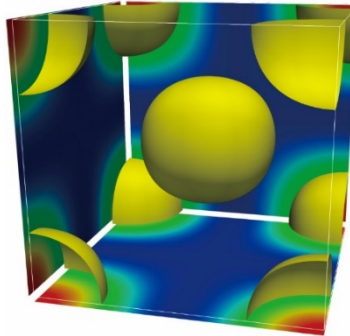
Hexosomen



Definiert aggregierte Liposomen



Mizellen/Cubosomen



MPL-A:  
<D> = 5.2 nm  
  
MPL-B:  
<D> = 5.7 nm

Mittlere Aggregationszahl <N> = 15 +/- 3

Verbundpartner:

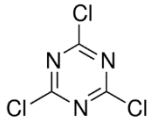
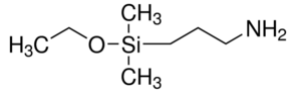


2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main

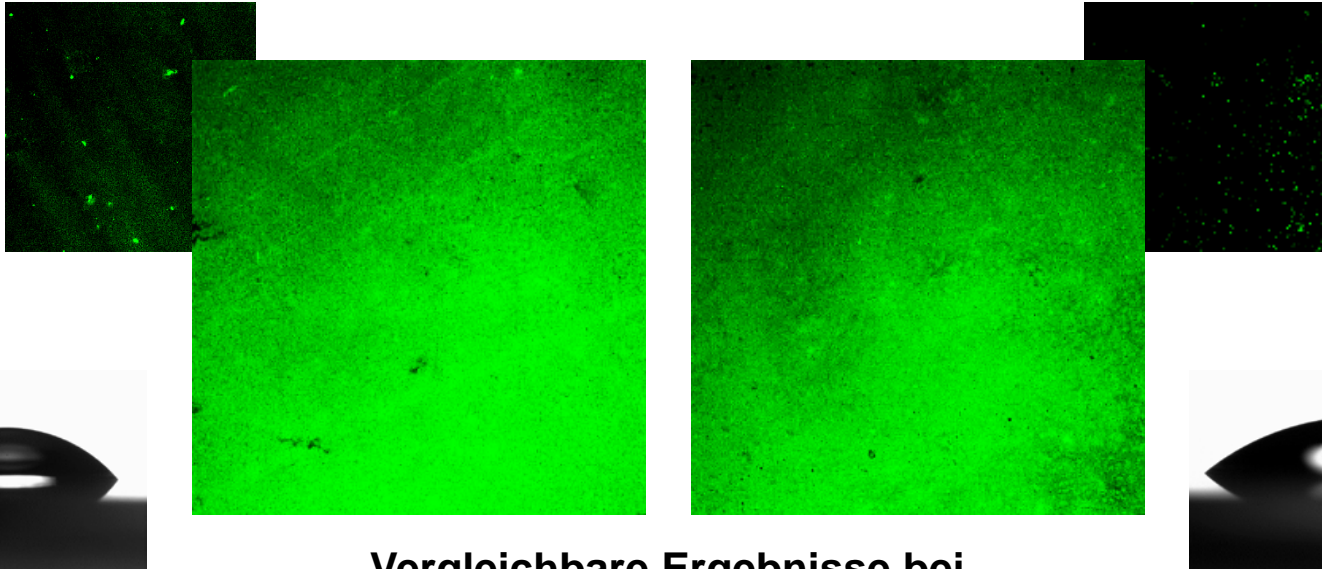
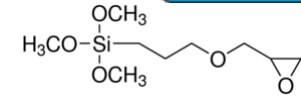




## 2. Entwicklung einer Beschichtungstechnologie auf Liposomenbasis Optimierung der TEL-Anbindung

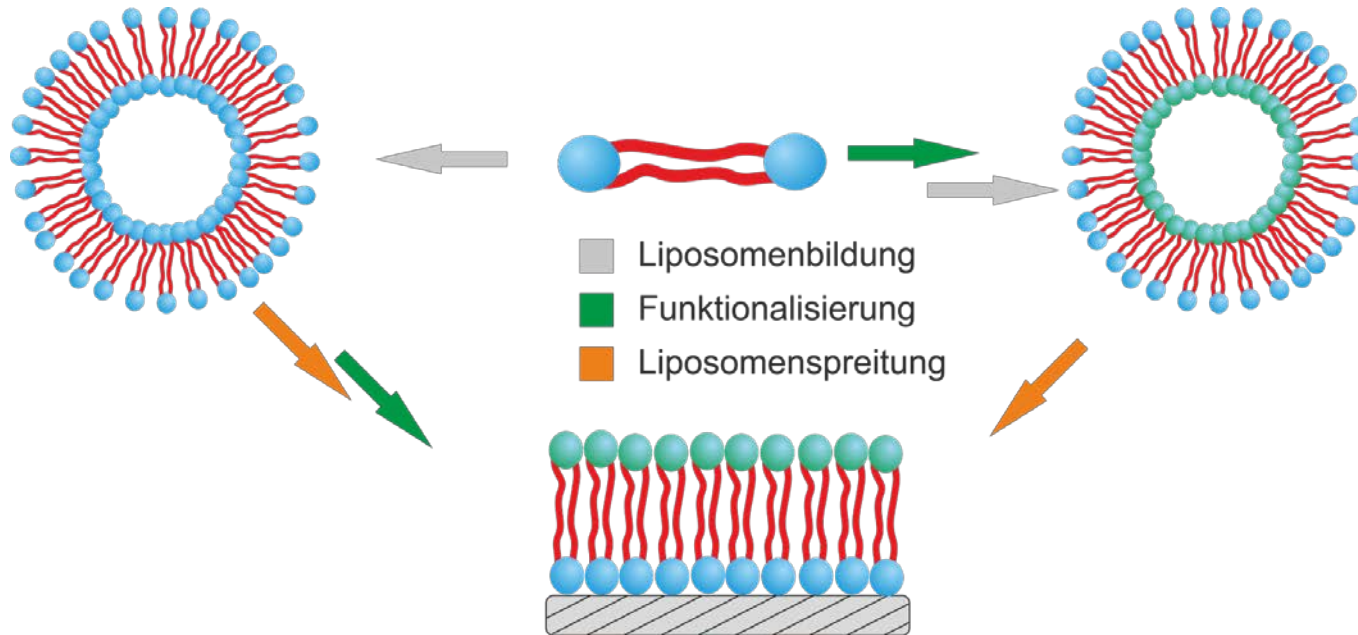


	via Cyanurchlorid	via GOPTMS
Stufen	2	1
Lösungsmittel	1. Chloroform 2. Aceton	Iso-Propanol
Sonstige Bedingungen	1. 24h / 70°C 2. 0°C / 30 min	1. 5min in Lösung 2. 1h Trocknen/ 65°C

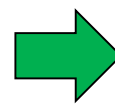


➔ **Vergleichbare Ergebnisse bei geringerem Aufwand + bessere Übertragbarkeit in die Praxis**

## 3. Funktionalisierung



Funktionalisierung:



Antiadhäsive  
Funktionschicht



Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/Main



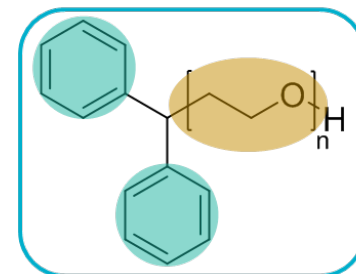
MachWas  
MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT



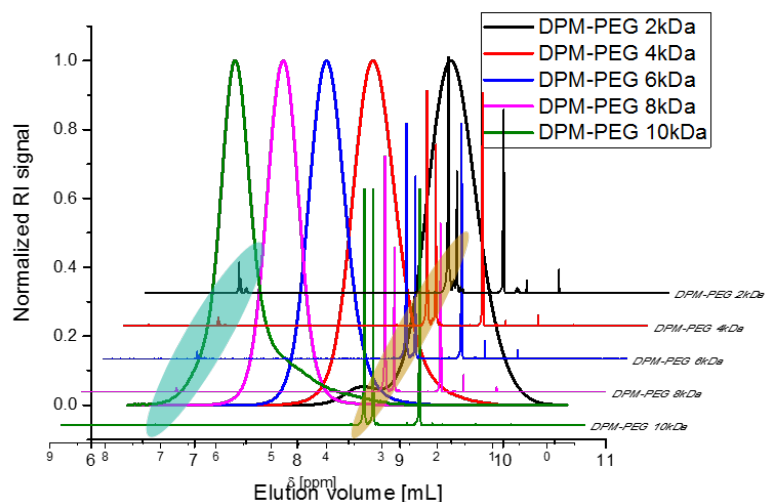
## Polymersynthese/ Bibliotheksaufbau – DPM-PEGs



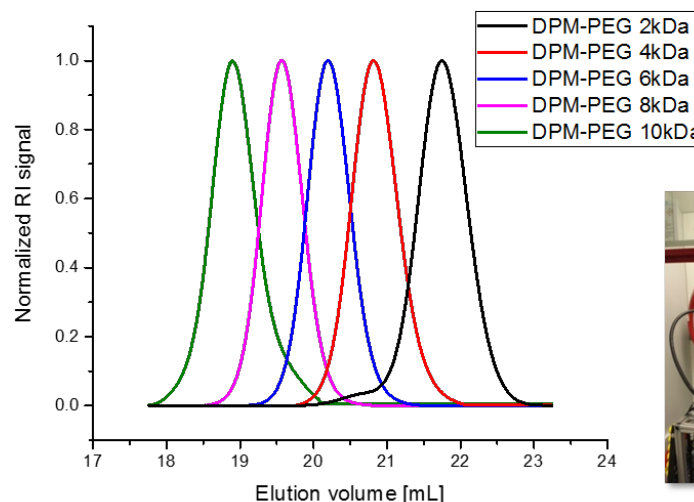
seit 1558  
**JCSm**  
Jena Center for Soft Matter



Polymer	SEC1			SEC9			Mass [g]
	Mn [g/mol]	Mw [g/mol]	PDI	Mn [g/mol]	Mw [g/mol]	PDI	
DPM-PEG 2kDa	1,900	2,000	1.06	1,700	1,800	1.07	~14
DPM-PEG 4kDa	3,300	3,400	1.05	3,200	3,400	1.05	~8
DPM-PEG 6kDa	5,000	5,200	1.03	4,800	5,000	1.04	~14
DPM-PEG 8kDa	7,700	8,000	1.03	7,300	7,500	1.04	~10
DPM-PEG 10kDa	11,500	12,700	1.14	11,000	11,600	1.06	~10



SEC1: chloroform/*iso*-propanol/triethylamine, PEG calibration  
<sup>1</sup>H NMR: 300 MHz / DMSO-d<sub>6</sub>



SEC9: DMAc + 0.21% LiCl, PEG calibration



Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



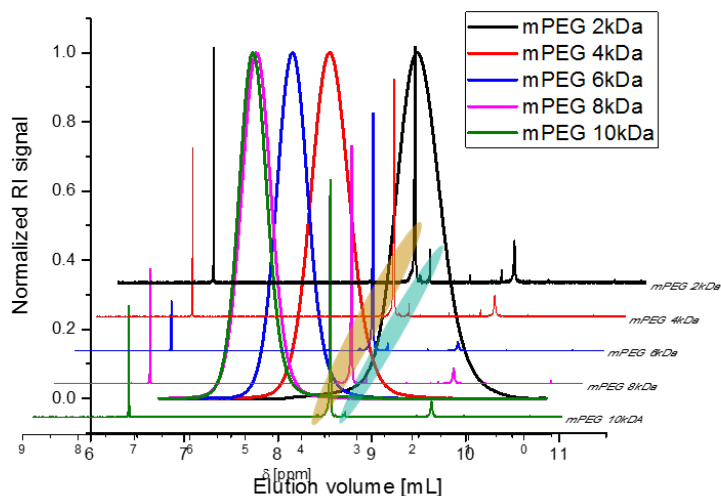


seit 1558

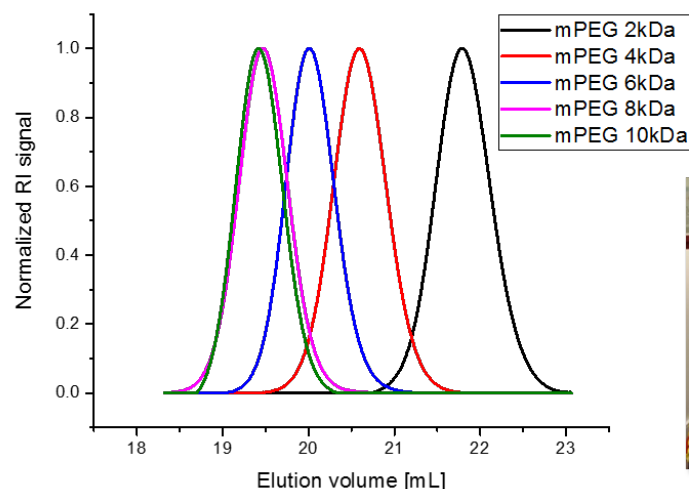
**JCSM**  
Jena Center for Soft Matter

## Polymersynthese/ Bibliotheksaufbau – OMe-PEGs

Polymer	SEC1			SEC9			
	Mn [g/mol]	Mw [g/mol]	PDI	Mn [g/mol]	Mw [g/mol]	PDI	Mass [g]
mPEG 2kDa	1,800	1,900	1.05	1,600	1,700	1.05	~4
mPEG 4kDa	3,900	4,100	1.04	3,700	3,900	1.04	~15
mPEG 6kDa	5,700	5,900	1.03	5,400	5,600	1.04	~8.5
mPEG 8kDa	8,500	8,800	1.04	7,800	8,000	1.04	~14
mPEG 10kDa	8,700	9,000	1.04	8,000	8,200	1.04	~11



SEC1: chloroform/*iso*-propanol/triethylamine, PEG calibration  
<sup>1</sup>H NMR: 300 MHz / CDCl<sub>3</sub>



SEC9: DMAc + 0.21% LiCl, PEG calibration



Verbundpartner:

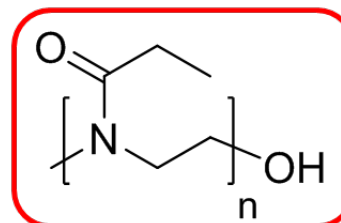
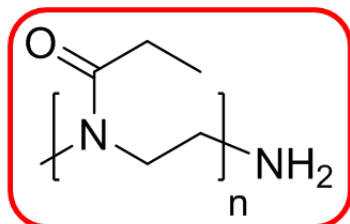


2. Statusseminar MachWas  
 29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



GEFÖRDERT VOM

### Polymersynthese/ Bibliotheksaufbau – PEtOx



seit 1558

**JCSM**  
Jena Center for Soft Matter

Polymer	Mn <sub>MALDI</sub> [g/mol]	Mn <sub>SEC</sub> [g/mol]	Mn <sub>NMR</sub> [g/mol]	DP <sub>calc</sub>	DP <sub>NMR</sub>	PDI <sub>SEC</sub>	m [g]
PEtOx-OH 2kDa	2340	2610		20	22	1.06	<b>8.7</b>
PEtOx-OH 4kDa	4020	3445		40	43	1.12	<b>20.8</b>
PEtOx-OH 6kDa	6090	11440		60	52	1.08	<b>21</b>
PEtOx-OH 8kDa	8110	13680		80	80	1.11	<b>22.5</b>
PEtOx-NH <sub>2</sub> 2kDa	2140	4610	2000	20	20	1.10	<b>23</b>
PEtOx-NH <sub>2</sub> 4kDa	-	8900	4275	40	43	1.06	<b>18</b>
PEtOx-NH <sub>2</sub> 6kDa	4430	11300	6270	60	63	1.11	<b>15.3</b>
PEtOx-NH <sub>2</sub> 8kDa	-	13860	8350	80	84	1.12	<b>17.7</b>

Übersicht zu den im Berichtszeitraum mittels kontrollierter kationischer Polymerisation synthetisierten PEtOx-NH<sub>2</sub> und PEtOx-OH sowie wichtige Polymer-Kenngrößen

Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



**MachWas**  
MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT

GEFÖRDERT VOM  
 Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



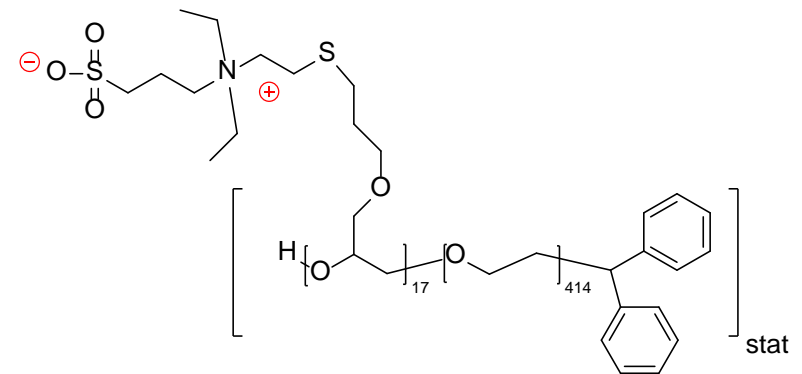
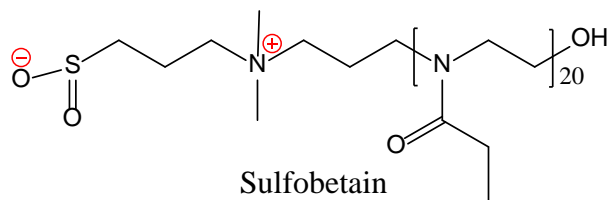
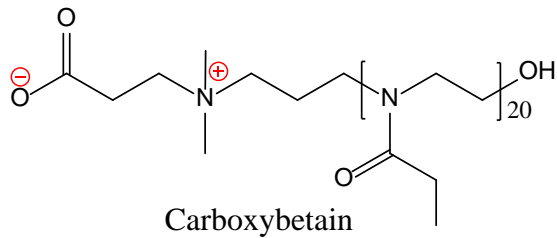
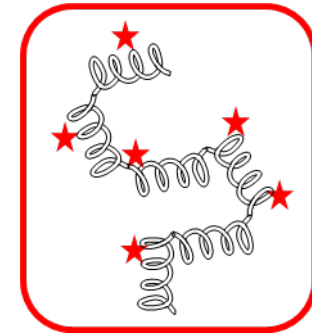
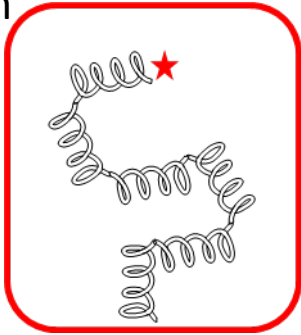


seit 1558

JCSM  
Jena Center for Soft Matter

## Aktuelle Arbeiten

Darstellung zwitterionisch terminierter und polyzwitterionischer Polymer  
 → erste Polymere liegen vor → Aufbau von Bibliotheken und Testung von Mischungen



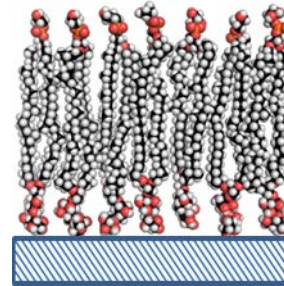
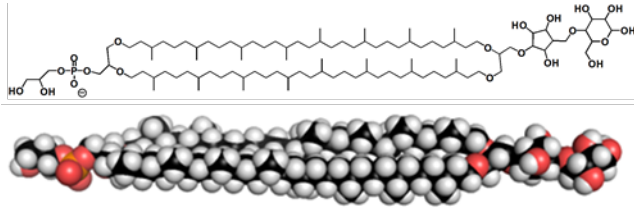
Verbundpartner:



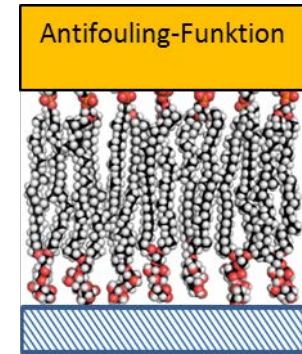
2. Statusseminar MachWas  
 29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



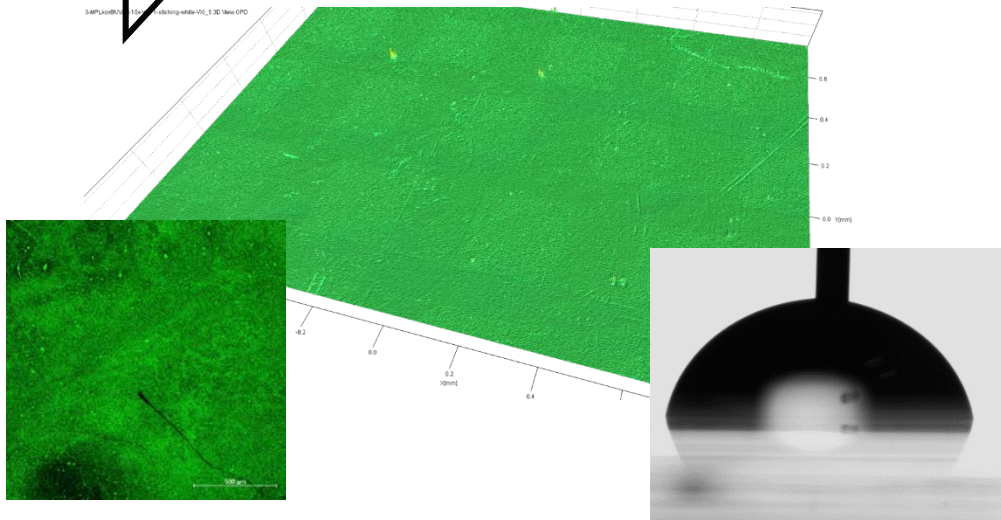
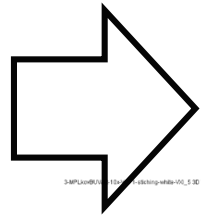
## Aktuelle Arbeiten



JCSM  
Jena Center for Soft Matter



Umfassende physikochemische und biologische Testungen



### Analytik

- Oberflächenenergien
- Oberflächenladungen
- Weißlichtinterferometrie
- CLSM  
(Fluoreszenzfärbung)
- AFM / Kelvin - Mikroskopie

Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



**MachWas**  
MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT



## Aktuelle Arbeiten

### Prinzipielles Testsetup der *in vitro*-Prüfung bakterieller Adhäsion



Anzucht  
Wachstumskinetik

*in vitro*-Biofilmsimulation  
Bioreaktor-Basis



Bakterienadhäsion

*In situ*-Biofilmanalyse  
Fließkammer + Lichtmikroskopie

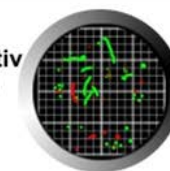


Biofilm-Screeningtests  
Fließkammer-Array + CLSM

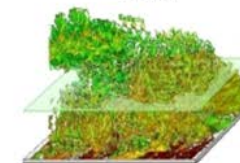
Quantitativ  
Bildverarbeitung



Quantitativ  
Zählung



Qualitativ  
CLSM



**Kinetische Analyse**  
Abhängigkeit der Biofilmbildung  
von der Inkubationsdauer und  
Bakterienkonzentration

Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



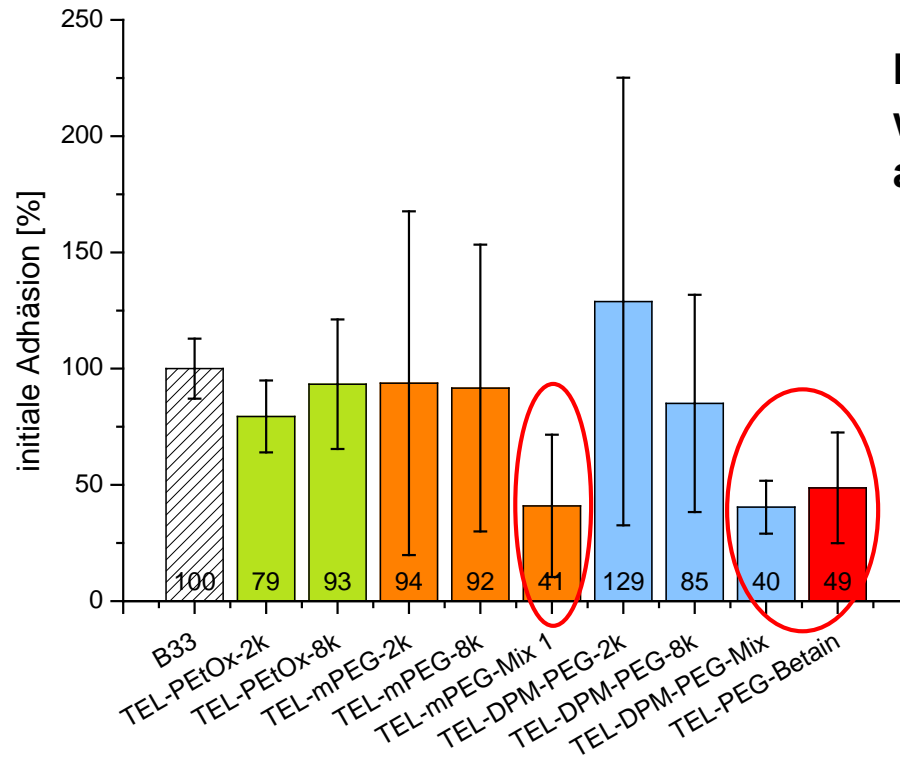
**MachWas**  
MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT



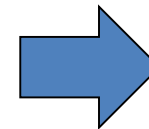
## Aktuelle Arbeiten



### Ausgewählte Vertreter



**Misch- und Betainhaltige Systeme weisen die niedrigste Adhäsion auf!**



Systeme für Vor- und Feldtestungen

## Vor- und Feldtests unter Praxisbedingungen

### 1. Stufe: Biologische Testung im iba

Sind die Schichten biologisch wirksam?

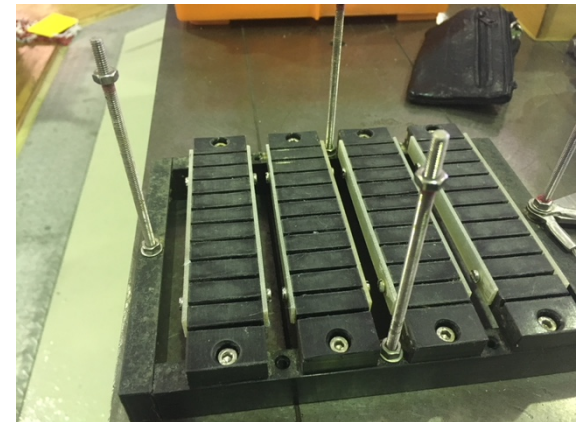
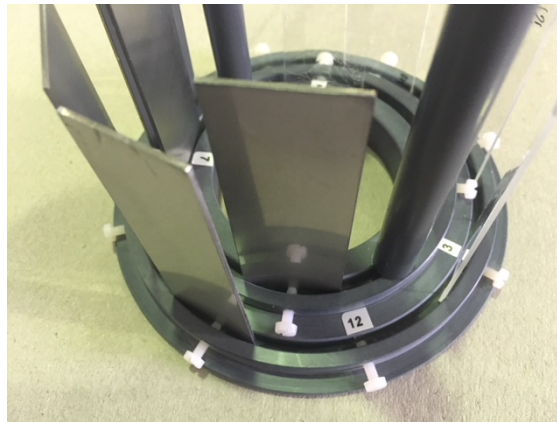
### 2. Stufe: Vortests (chemische, mechanische, thermische Stabilität)

Sind die Schichten unter Einsatzbedingungen stabil?



### 3. Stufe: Feldtests

Biologische Wirksamkeit unter Realbedingungen?

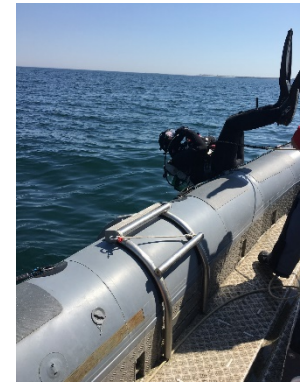
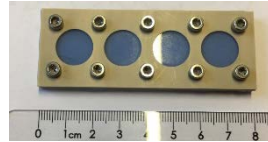




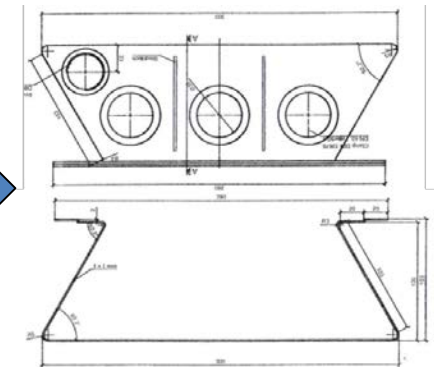
## Vor- und Feldtests unter Praxisbedingungen



Start des ersten Feldtests  
am 09.05.2018



Praxistest in Planungsphase  
(unabhängig von Jahreszeit etc)



Verbundpartner:



2. Statusseminar MachWas  
29.-30.05.2018 | Frankfurt/ Main



MachWas  
MATERIALIEN FÜR EINE  
NACHHALTIGE WASSERWIRTSCHAFT

GEFÖRDERT VOM  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



- Darstellung weiterer Polymere und Schichtsysteme
- Weitere Optimierung der Beschichtungstechnologie speziell für Edelstahl
- Auswertung der Ergebnisse aus den Praxistests
  - Optimierung der Schichtsysteme
- Übertrag der entwickelten Techniken auf Anwender

## Weitere Informationen erhalten Sie am Stand (Poster + Exponate) des AntiParam-Verbundes!

### Kontakt

#### 4H-Jena engineering GmbH

Michael Boer [boer@4h-jena.de](mailto:boer@4h-jena.de)



#### UV-Technik Speziallampen GmbH

Marie-Christin-Machalett [marie-christin.machalett@uvtechnik.com](mailto:marie-christin.machalett@uvtechnik.com)



#### FSU Jena | JCSM

Dr. Michael Gottschaldt [michael.gottschaldt@uni-jena.de](mailto:michael.gottschaldt@uni-jena.de)



#### IFB Halle GmbH

Dr. Jürgen Hensel [Hensel.ifbhalle@t-online.de](mailto:Hensel.ifbhalle@t-online.de)



#### iba Heiligenstadt e.V.

Prof. Dr. Klaus Liefeith [Klaus.Liefeith@iba-heiligenstadt.de](mailto:Klaus.Liefeith@iba-heiligenstadt.de)



## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!