

Schaltbare und biozide Antibiofouling-Beschichtungen durch funktionale Block- und Pfropfcopolymere mit definierter Architektur

Dissertation
Eva Maria Berndt und Prof. Dr. Mathias Ulbricht
Fakultät für Chemie, Lehrstuhl für Technische Chemie II

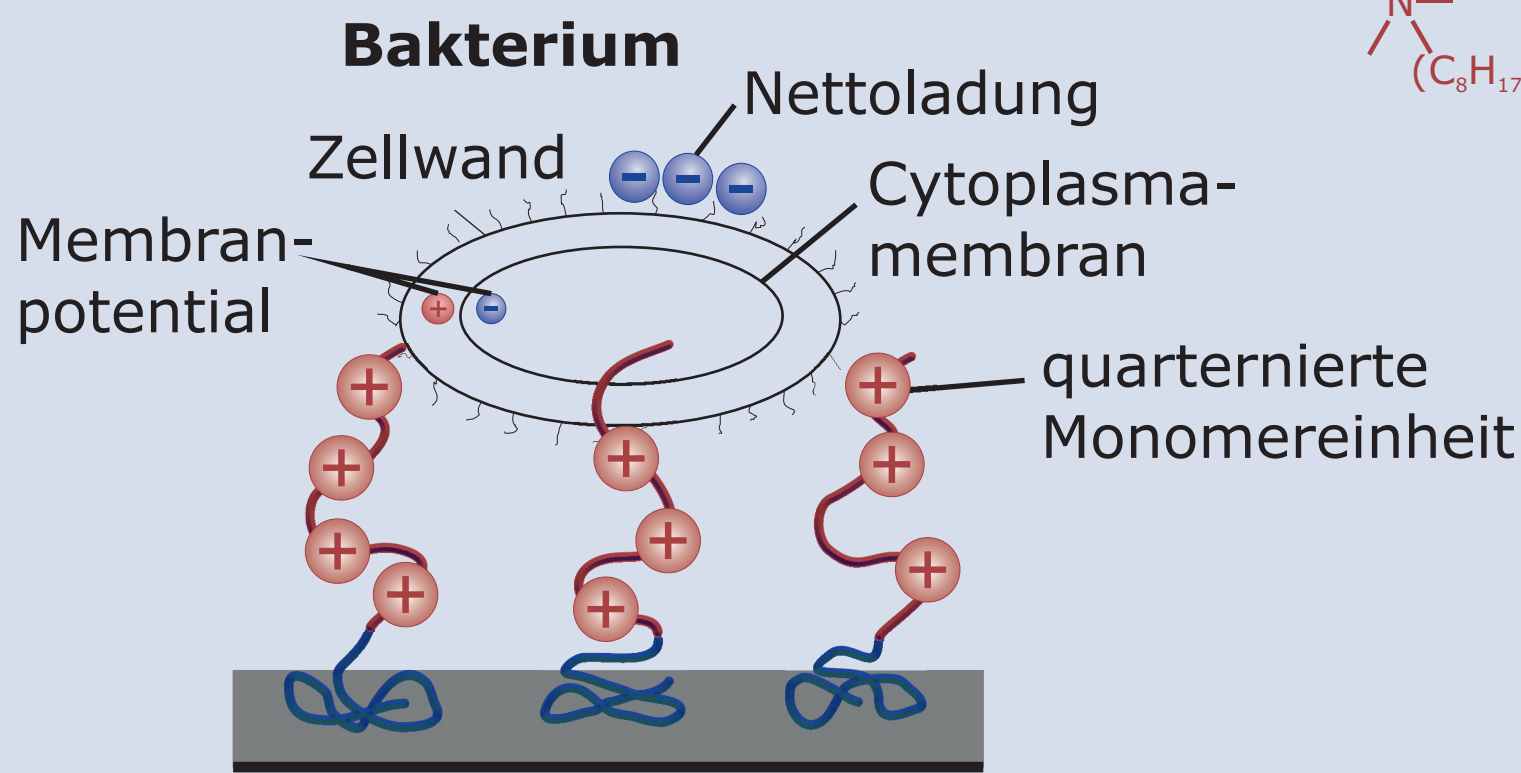
Der Bewuchs von Oberflächen mit mikrobiellen Belägen in wasserführenden Systemen verursacht technische sowie hygienische Probleme. Bisher konnte keine Oberfläche entwickelt werden, die solches Biofouling unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten effektiv verhindert. Werden definierte Polymerarchitekturen in Oberflächen polymerer Substrate eingebracht, können ihre Eigenschaften gezielt verändert werden, während die Bulkeigenschaften des Substrats beibehalten und unabhängig genutzt

werden können. Auf dieser Basis wurden in der vorliegenden Arbeit
① funktionale (biozide und schaltbare) Block- und Pfropfcopolymere synthetisiert und charakterisiert;
② einfache Beschichtungs- und Herstellungsverfahren konzeptioniert und durchgeführt; und
③ die resultierenden Oberflächen in Kooperation mit dem Biofilm Centre der Universität Duisburg-Essen auf ihre Antibiofouling-Eigenschaften untersucht.

ZIELSETZUNG

BIOZIDE WIRKUNG

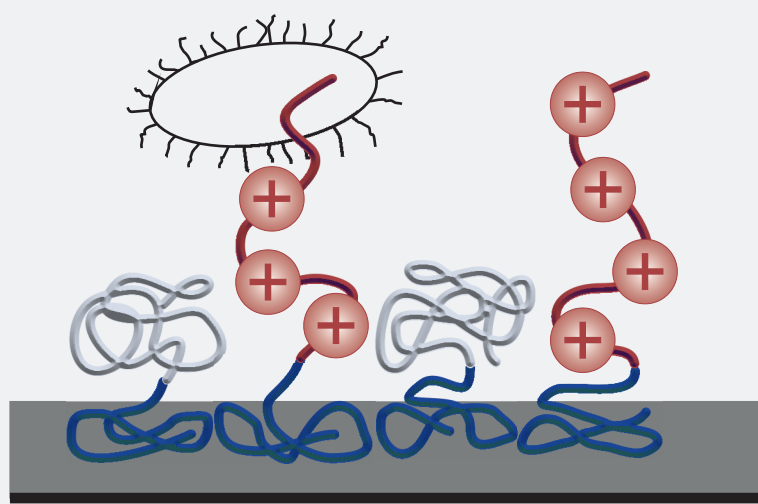
durch hydrophob quarterniertes **PDMAEMA**



Poly(Butylacrylat-*block*-Dimethylaminoethylmethacrylat q.)

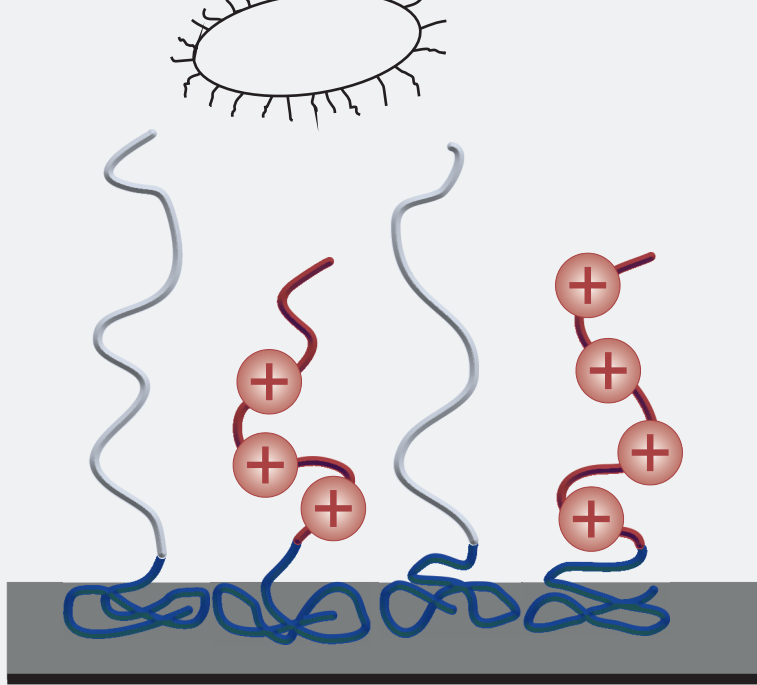
BIOZIDE UND SELBSTREINIGENDE OBERFLÄCHE

biozider Effekt
Abtötung des Mikroorganismus durch **PDMAEMA_q**



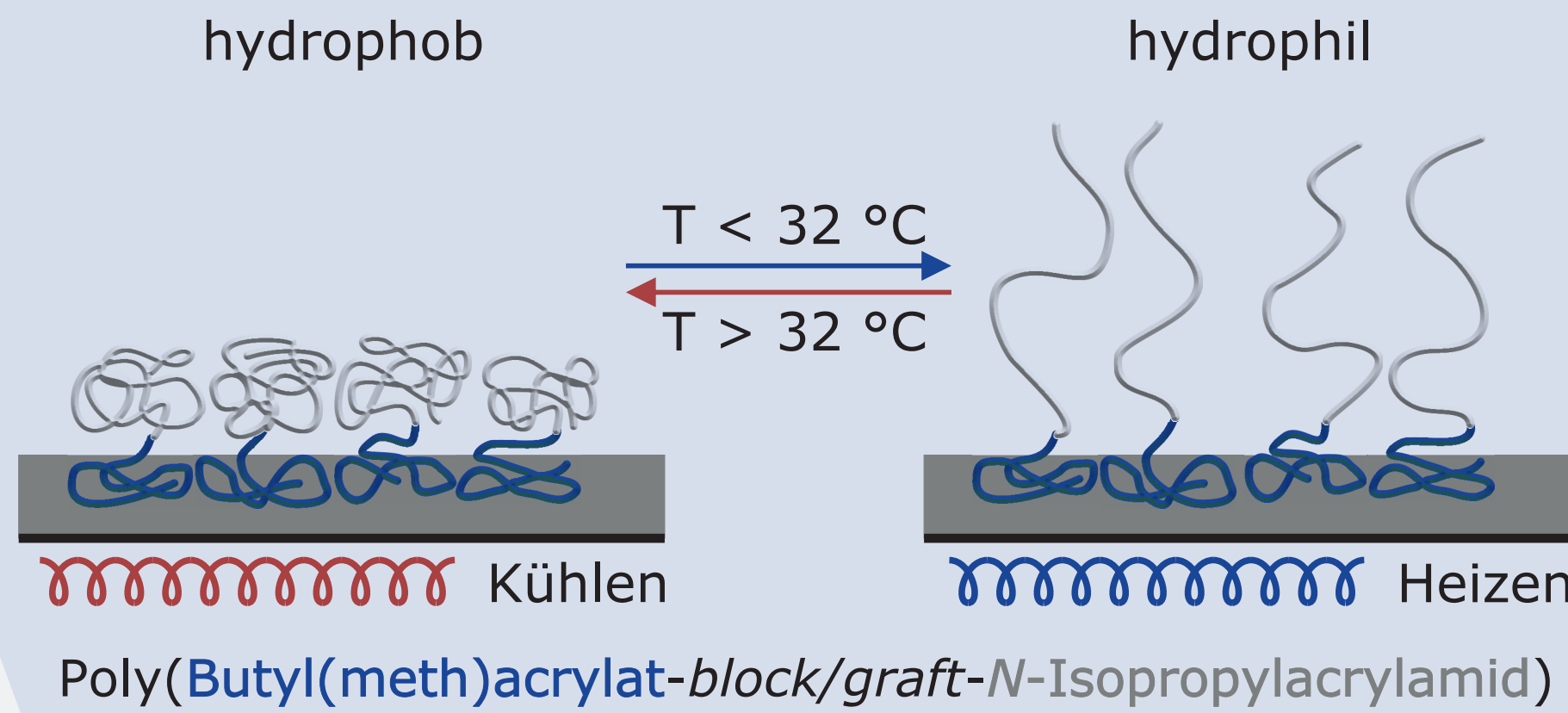
feste Anbindung der **funktionalen Blöcke** in der Oberfläche einer polymeren **Bulkbeschichtung** durch einen **Ankerblock**

selbstreinigender Effekt
Ablösung des toten Mikroorganismus' durch **PNIPAAm**



SELBSTREINIGENDE WIRKUNG

durch Temperaturschaltung von **PNIPAAm**

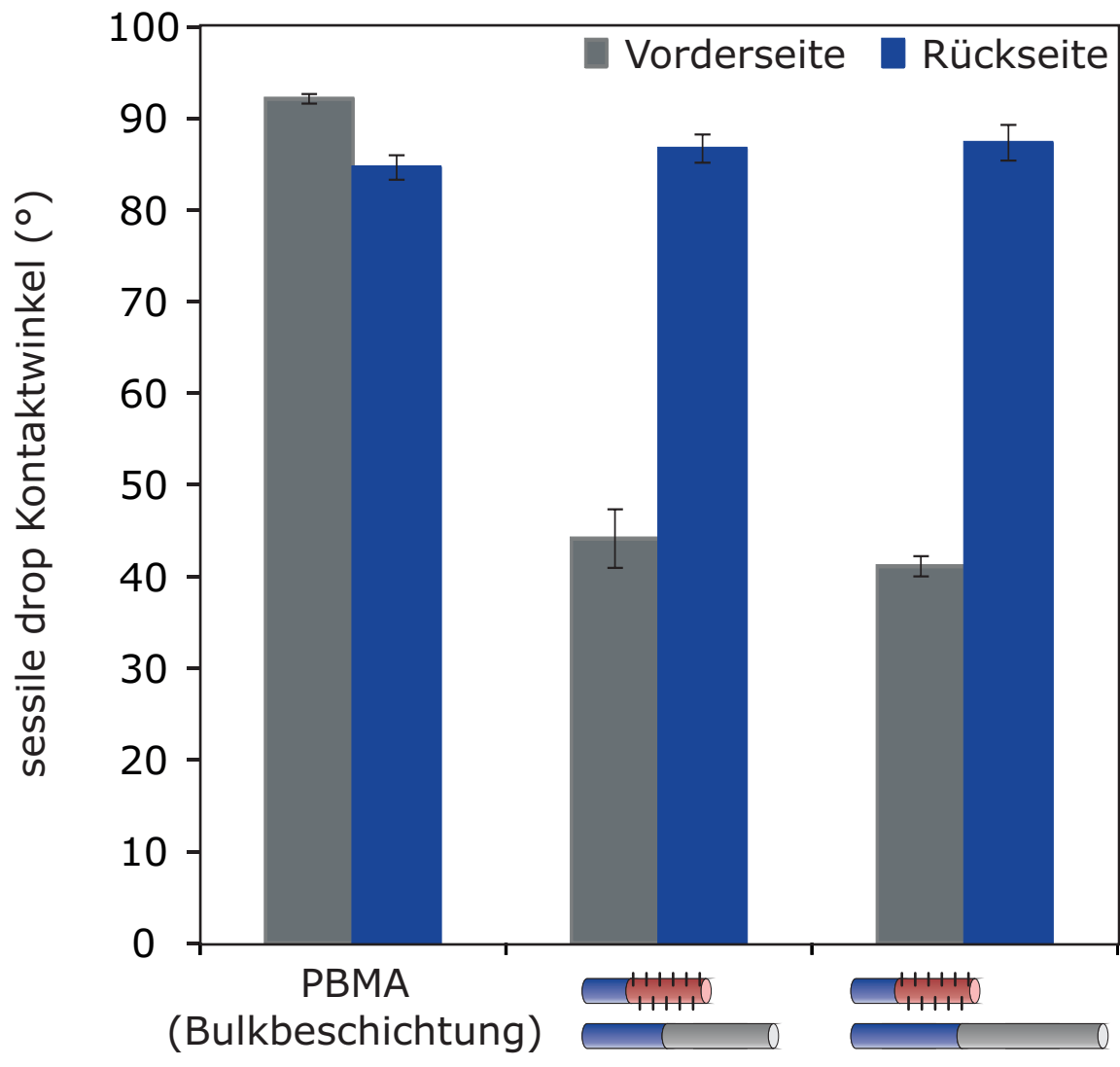


ERGEBNISSE

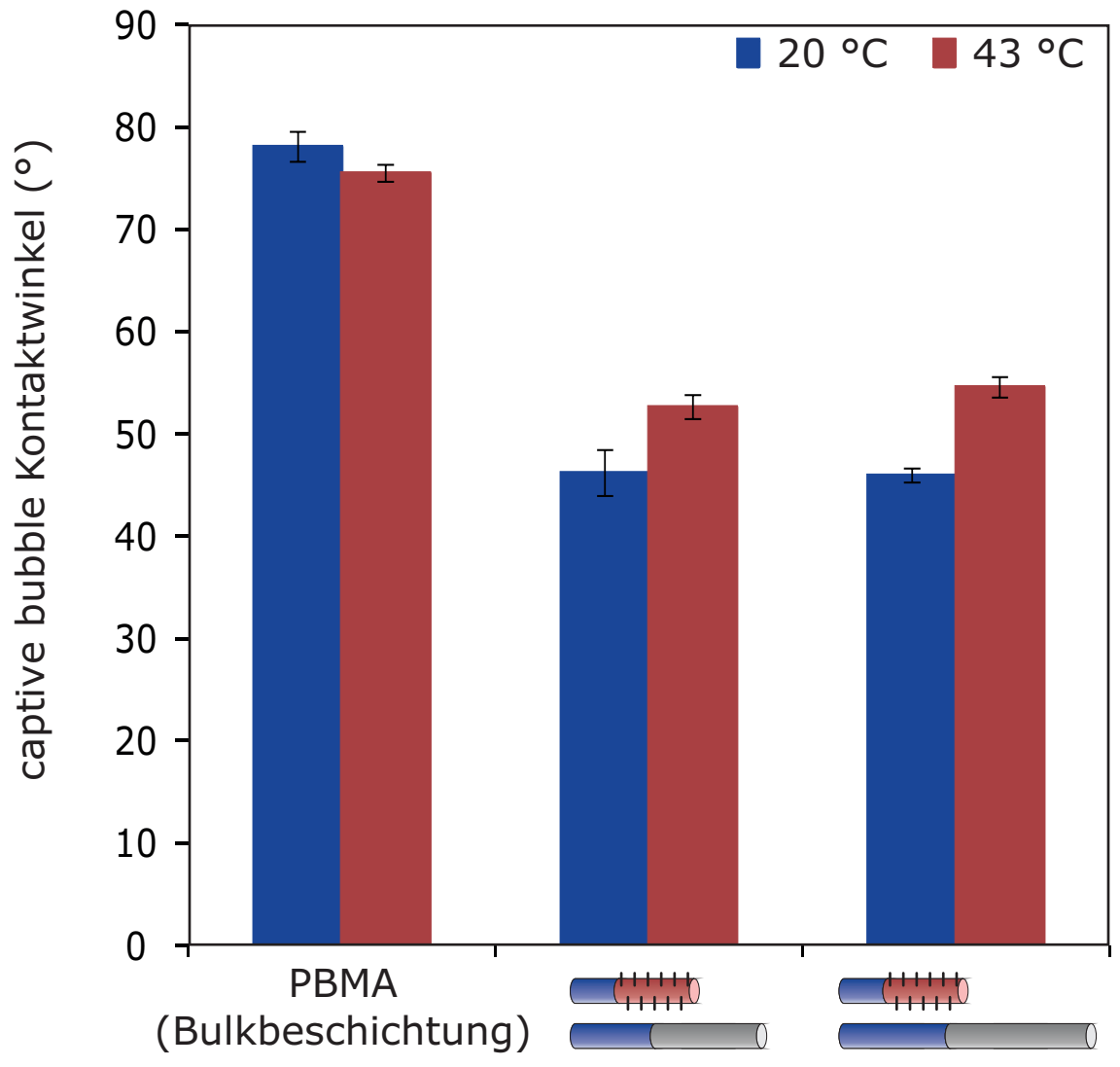
PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Kontaktwinkelmessungen

selektive Ausrichtung der funktionalen Blöcke (Vorder- und Rückseite der Oberfläche)



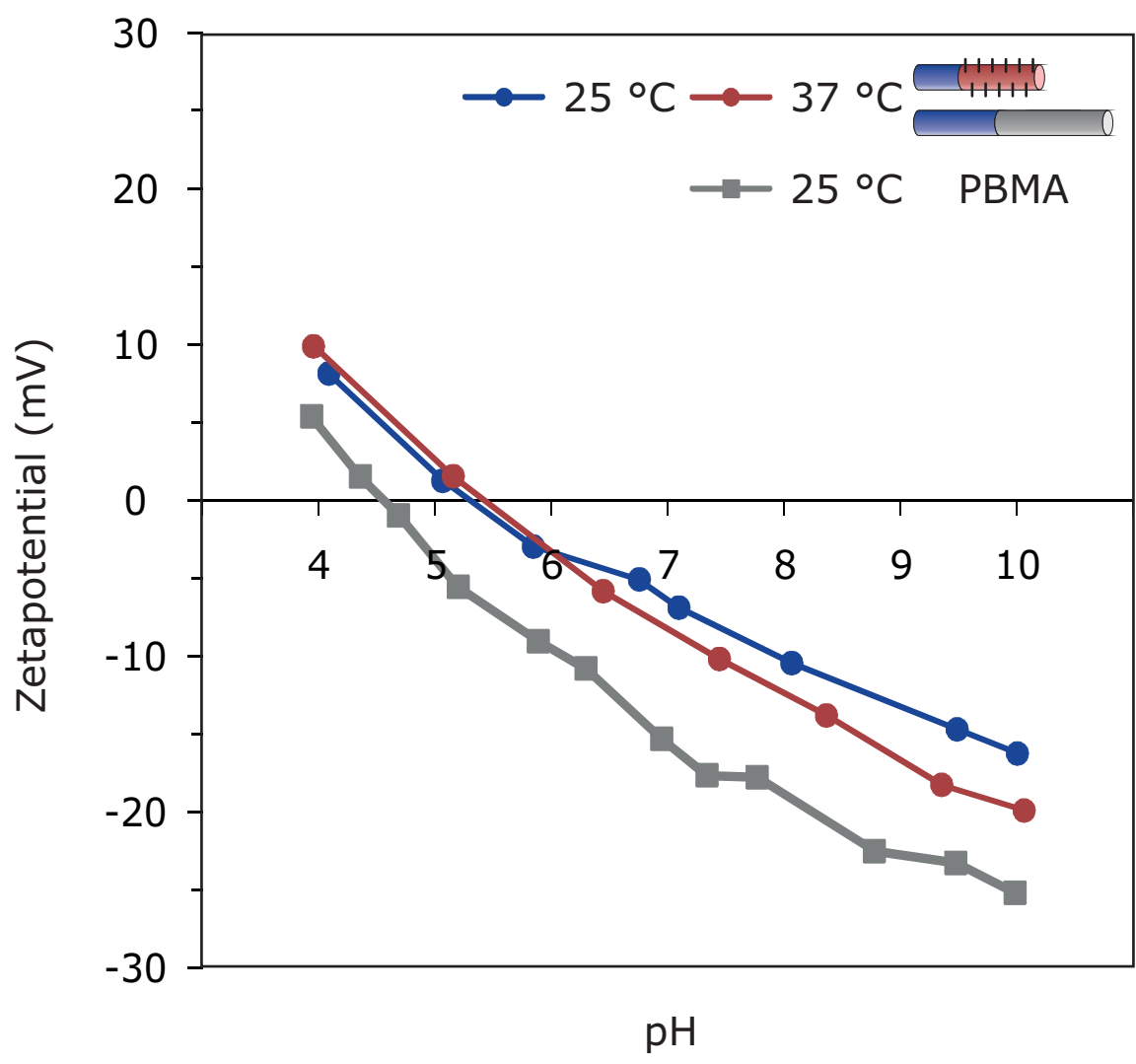
temperaturabhängiger Kontaktwinkel (Vorderseite der Oberfläche)



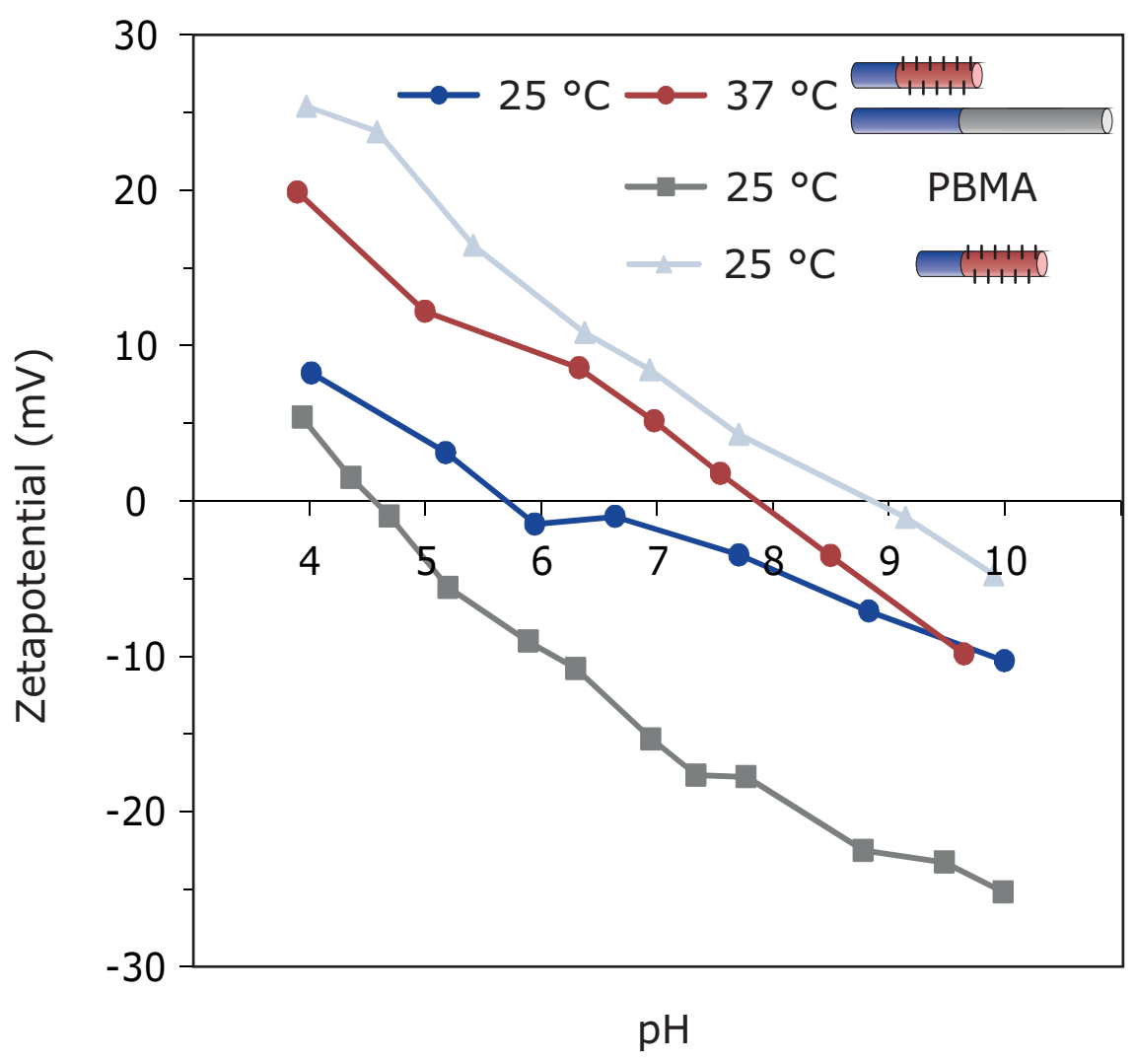
durch sequentielle Verdampfung von Lösungsmitteln mit unterschiedlich starken Lösungseigenschaften konnte eine selektive Ausrichtung der funktionalen Blöcke auf der Oberflächenvorderseite erzielt werden; die Oberflächen wiesen temperaturschaltbare Eigenschaften auf

temperaturabhängiges Zetapotential

Vorderseite der Oberfläche



Vorderseite der Oberfläche



die Molmasse des temperaturschaltbaren Blocks wies einen Einfluss auf die Oberflächeneigenschaften der funktionalisierten Bulkbeschichtung auf; mit einem optimierten Verhältnis der Molmassen der funktionalen Blöcke konnte eine Oberfläche erhalten werden, welche ein temperaturabhängiges Zetapotential aufwies

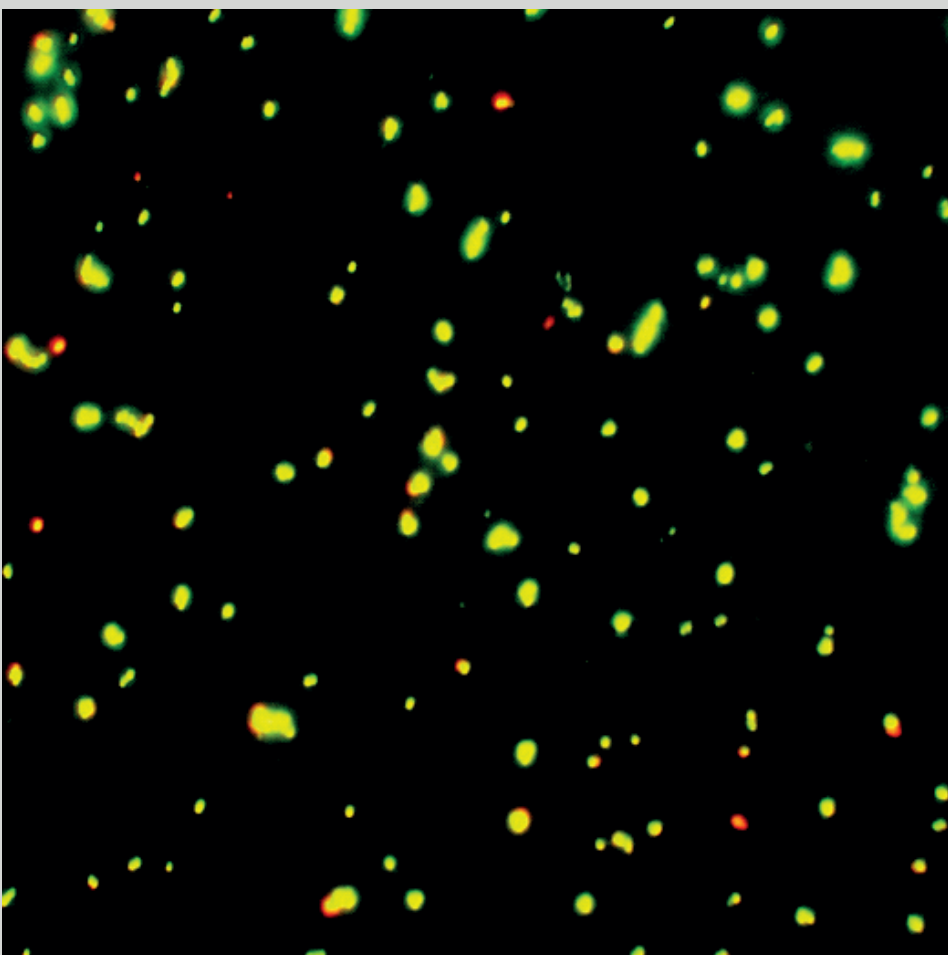
ZUSAMMENFASSUNG

Durch „Atom transfer radical polymerization“ (ATRP) wurden funktionale, definierte Polymerarchitekturen synthetisiert^[1], mit denen gezielt die Oberflächeneigenschaften der konzeptionierten Beschichtung variiert werden konnten^{[2],[3]}. Durch ihre Optimierung in Bezug auf die Molmasse der Polymerarchitektur und das Molmassenverhältnis der funktionalen Blöcke zueinander konnten Oberflächen mit bioziden und selbstreinigenden Eigenschaften durch einfache Beschichtungsverfahren erhalten werden.

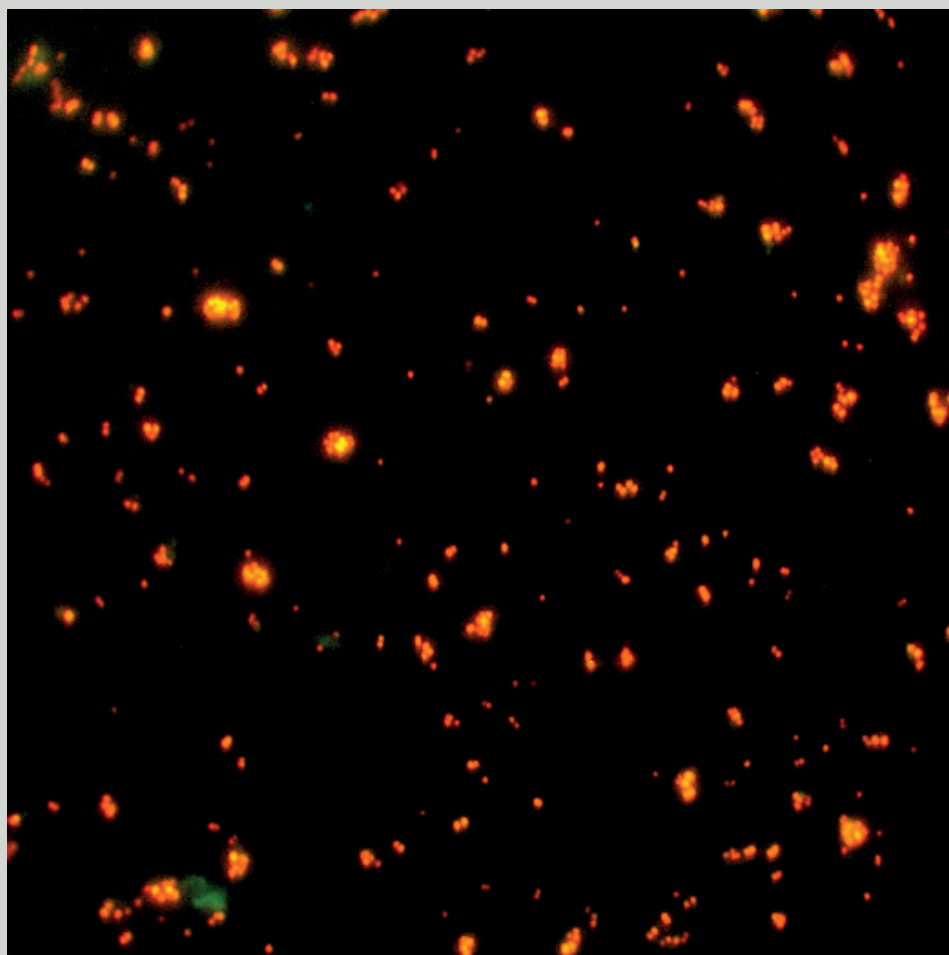
MIKROBIOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG

biozide Eigenschaften (Life/Dead-Färbung)

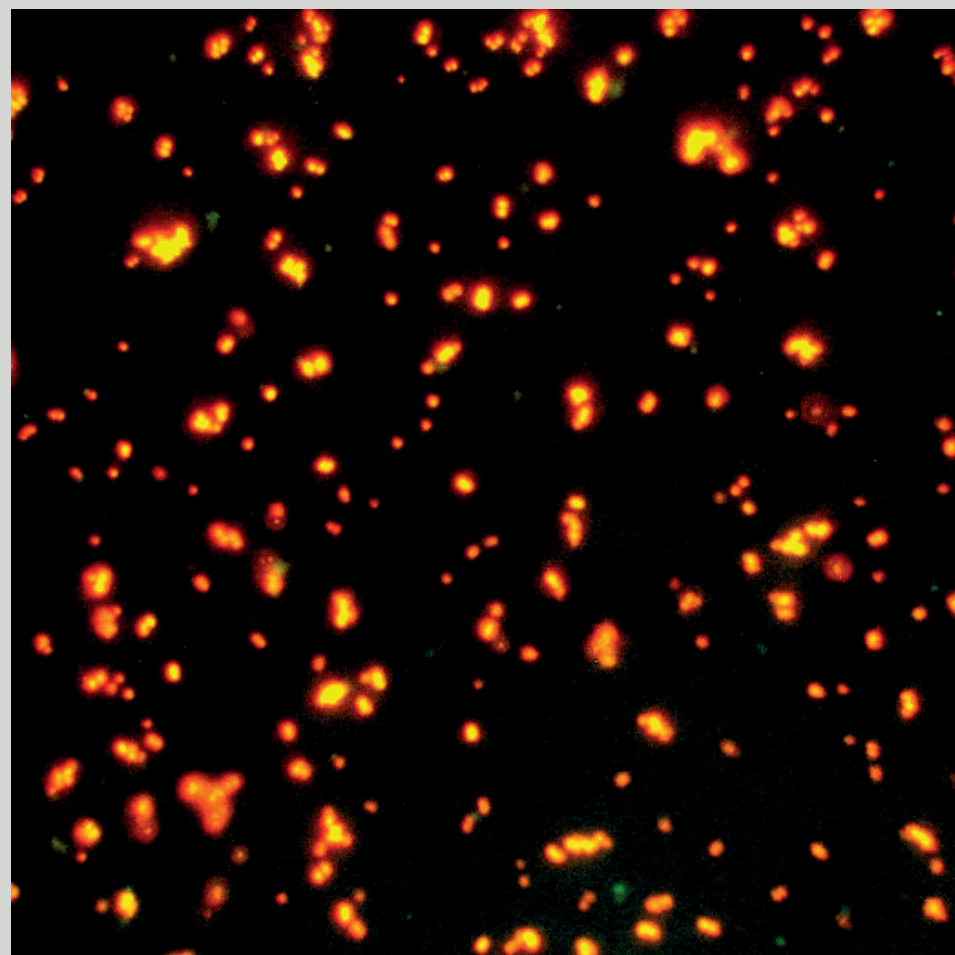
Zellmembranschädigung von *Staphylococcus aureus* nach 2 h Inkubationszeit (Vorderseite der Oberfläche)



PBMA
Referenzoberfläche



91.7±6.8 % geschädigte Zellen
6.6±0.9 nmol/cm² Kationen

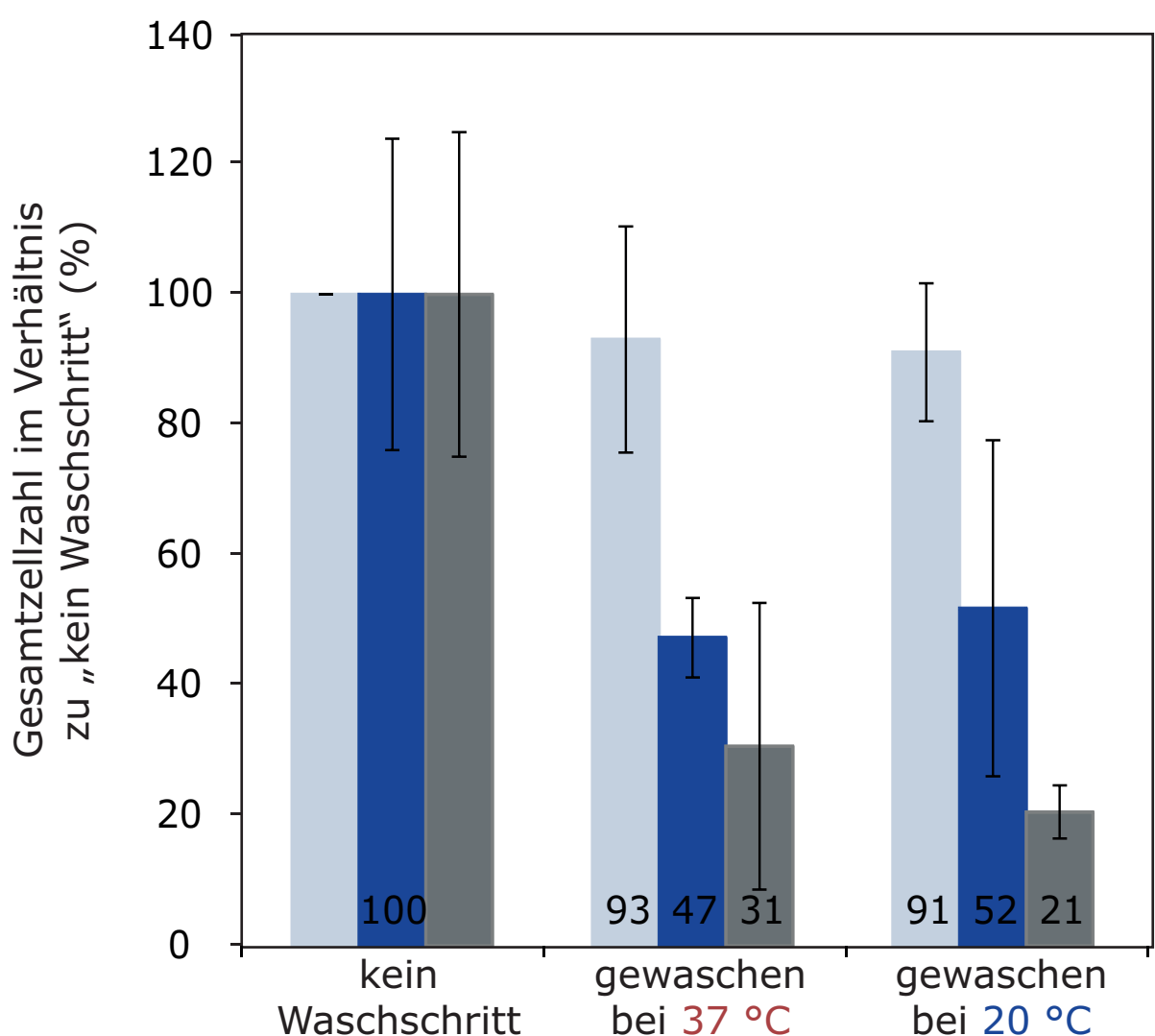


99.2±0.6 % geschädigte Zellen
2.3±0.4 nmol/cm² Kationen

bei größerer Molmasse des bioziden funktionalen Blocks trat eine erhöhte Zellmembranschädigung der Bakterien auf, trotz geringerer Kationendichte der Oberfläche

selbstreinigende Eigenschaften (Adhäsion von Zellen)

Bestimmung der Zellmembranschädigung und der Zellzahlen von *Staphylococcus aureus* (2 h Inkubation bei 37 °C) über Life/Dead-Färbung (Vorderseite der Oberfläche)



PBMA
66.5±25.4 % geschädigte Zellen vor Waschschrift bei 37 °C
6.16±0.73 nmol/cm² Kationen
97.3±2.1 % geschädigte Zellen vor Waschschrift bei 37 °C
5.42±0.95 nmol/cm² Kationen

durch Temperaturschaltung der Oberfläche mit optimiertem Molmassenverhältnis der funktionalen Blöcke war eine erhöhte Abscherung der Bakterien im Vergleich zu einer unmodifizierten Oberfläche oder einer Oberfläche, deren Molmasse des temperaturschaltbaren Blocks geringer ist, möglich

[1] E. Berndt, M. Ulbricht, *Polymer*, **2009**, 50, 5181.
[2] E. Berndt, S. Behnke, A. Dannehl, A. Gajda, J. Wingender, M. Ulbricht, *Polymer*, **2010**, 51, 5910.
[3] E. Berndt, S. Behnke, M. Ulbricht, *Eur. Polym. J.*, **2011**, 47, 2379.