

Biofilm in Reinwassersystemen

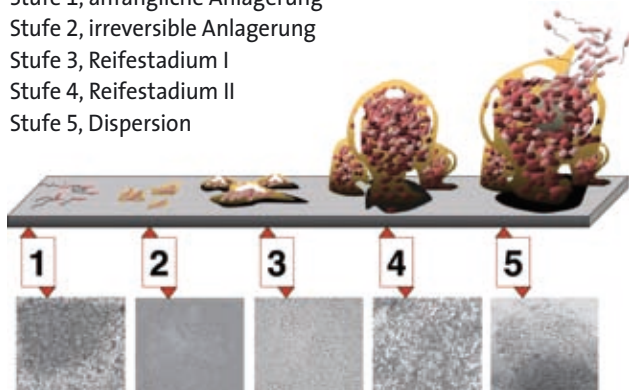
Biofilm ist die allgemeine Bezeichnung für eine von einer Matrix umschlossene Gemeinschaft aus Mikroorganismen, die an einer Oberfläche haften. Biofilm kann auf allen möglichen Oberflächen mit Feuchtigkeit vorkommen und selbst unter harten Umgebungsbedingungen mit äußerst eingeschränktem Nährstoffangebot existieren.

Biofilmwachstum

Ein Biofilm entsteht, wenn sich frei schwebende (planktonische) Bakterien an einer Oberfläche anlagern. Anfänglich kann es sich dabei um eine große Vielzahl unterschiedlicher Bakterienspezies handeln, deren Haftung an der Oberfläche nur schwach ist. An diesem Punkt ist die Beseitigung von Bakterien und Biofilm relativ einfach. Wenn sich die Kolonie erst einmal etabliert und zu wachsen begonnen hat, produziert sie Zellhaftstrukturen wie Pili, die ihre Beseitigung deutlich erschweren.

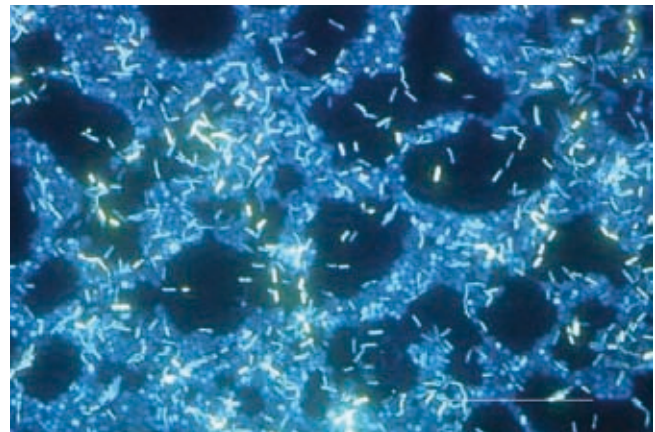
5 Stufen der Biofilmentwicklung

- Stufe 1, anfängliche Anlagerung
- Stufe 2, irreversible Anlagerung
- Stufe 3, Reifestadium I
- Stufe 4, Reifestadium II
- Stufe 5, Dispersion



Jeder Entwicklungsstufe im Diagramm ist eine Mikroaufnahme eines in der Entwicklung befindlichen Biofilms aus *P. aeruginosa* zugeordnet. Alle Mikroaufnahmen sind im selben Maßstab abgebildet.

Biofilmgemeinschaften unterscheiden sich phänotypisch stark von frei schwebenden Organismen, die in einer Sekretion aus extrazellulärem Polysaccharid (Exopolysaccharid) eingekapselt sind, das von ihnen selbst synthetisiert wird. Sie bilden komplexe Mikrobengemeinschaften mit Kommunikations- und Stoffwechselsystemen, die denen einfacher eukaryotischer Organismen ähneln.



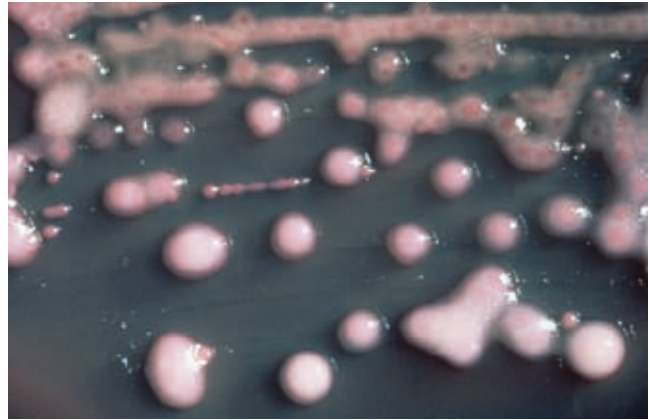
Polymikrobielles Biofilmwachstum an einer Edelstahloberfläche in einem Labortrinkwasser-Biofilmreaktor über einen Zeitraum von 14 Tagen: zeigt individuelle Bakterien und Matrix aus Exopolysaccharid.

Die Exopolysaccharid (EPS) Produktion dient einer Reihe unterschiedlicher Funktionen: Unterstützung der Anhaftung, Ermöglichung eines besseren Nährstoffflusses und der darauf folgenden Abfallbeseitigung sowie Bildung einer Schutzschicht gegen die Umwelt, einschließlich räuberischen Organismen und potenziell schädigenden Chemikalien.

Die Vielzahl der Spezies wird infolge des Wettstreits der Bakterien innerhalb des Biofilms um die besten Nährstoffe oft verringert. Ein stabiler Biofilm kann sich über einen Zeitraum von mehreren Jahren entwickeln, währenddessen Mikrokolonien und frei schwebende Bakterien freigesetzt werden. Diese Migration gewährleistet das Wachstum des Biofilms in der Umgebung sowie die Ausbreitung frei schwebender Bakterien in neue Gebiete.

Wirkungen von Biofilm in Reinwassersystemen

Das Vorhandensein eines Biofilms im Laborwassersystem führt zur fortwährenden Verunreinigung durch planktonische Bakterien. Es besteht keine direkte Korrelation zwischen der Anzahl dieser frei schwebenden Bakterien und der Biofilmmenge und führt auf keinen Fall zu koloniebildenden Einheiten. Daher sind Tests nicht immer möglich oder exakt. Weiterhin erfolgt diese Freisetzung von Bakterien schubweise und unvorhersehbar, was zu erheblichen Schwankungen der potenziellen bakteriellen Verunreinigung des Produktwassers führt. Da Biofilm an porösen Oberflächen am besten wächst, sind Filtrationsmethoden zur Beseitigung von Bakterien ebenfalls anfällig für eine bakterielle Durchdringung, was die Möglichkeit einer Verunreinigung von nachgeschalteten Bereichen und Proben bietet.



Das Vorhandensein von Biofilm und planktonischen Bakterien trägt ebenfalls zur Erhöhung der in Folge von Zellstoffwechsel und -tod entstandenen Partikeln, Abfallprodukte und Fragmente bei. Deshalb können die TOC-Niveaus ansteigen. RNase- und Endotoxinniveaus in einem Wassersystem mit Biofilm sind ebenfalls erhöht.

Wie kann die Biofilmverunreinigung minimiert werden?

Die Biofilmstruktur erhöht die Resistenz des Biofilms gegen antibakterielle Mittel, und die umgebende EPS-Matrix bindet nicht nur die Bakterienkolonien an der Oberfläche, sondern bietet ihnen auch Schutz gegen chemische Reagenzien, UV-Licht und andere Organismen.

Der Schlüssel zur Minimierung von Biofilmbildung und -wachstum liegt in der Implementierung entsprechender Maßnahmen in frühen Entwicklungsstadien, wenn die Zellen gegen eine chemische Behandlung verwundbarer sind und die schwachen Bindungen an eine Oberfläche aufgebrochen oder entmutigt werden können. Regelmäßige Desinfektion und die Aufrechterhaltung der Wasserbewegung (zwecks Verhinderung aller Versuche zur anfänglichen Anlagerung) unterstützen die Verlängerung der Frühstadien der Biofilmentwicklung, wenn eine Kontrolle aufrecht erhalten werden kann. Die CLSI-Richtlinie C3-A4 (Punkt 6.8.3) besagt, dass „Biofilm sich bei einer beliebigen Flussrate entwickeln wird, und Desinfektion die einzige Methode zu seiner Bekämpfung ist“ und dass „Desinfektion des Wasseraufbereitungs- und -verteilungssystems von entscheidender Bedeutung zur Gewährleistung der Kontrolle mikrobieller Verunreinigungen innerhalb der vorgegebenen Spezifikationen ist“ (Punkt 5.2.2). Die Verwendung von Filtern und UV-Licht trägt zur Beibehaltung niedrigerer Bakteriengrade bei, wobei die Verunreinigung von Wassersystemen ohne einen umfassenden Desinfektionsplan zur direkten Vernichtung des Biofilms allerdings unvermeidbar sein wird.

Weitere Literatur:

Costerton, J.W., Lewandowski, Z., Caldwell, D.E., Korber D.R., and Lappin-Scott, H.M. (1995) Microbial Biofilms Annu Rev Microbiol 49: 711-745
Meltzer, T.H., High Purity Water Preparation for the Semiconductor, Pharmaceutical, and Power Industries, ISBN 0-927188-02-3

Abbildungen:

5 Stufen der Biofilmentwicklung: Looking for Chinks in the Armor of Bacterial Biofilms, Monroe D PLoS Biology Vol. 5, No. 11, e307 doi:10.1371/journal.pbio.0050307, Abbildungen von D. Davis Centers for Disease Control and Prevention, Teil des United States Department of Health and Human Services.

ELGA LabWater

Labtec Services AG

Nordstrasse 9
CH-5612 Villmergen
T +41 56 619 89 19 info@labtec-services.ch
F +41 56 619 89 18 www.labtec-services.ch

