

Informationen zu Biofilm:

Der Biofilm

Auszug Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Biofilme bestehen aus einer dünnen Schleimschicht, in der [Mikroorganismen](#) (z. B. [Bakterien](#), [Algen](#), [Pilze](#), [Protozoen](#)) eingebettet sind. Biofilme entstehen, wenn Mikroorganismen sich an Oberflächen ansiedeln. Sie bilden sich überwiegend in [wässrigen](#) Systemen, entweder auf der Wasseroberfläche oder auf einer Fläche unter Wasser.

Grundsätzlich können jedoch alle Oberflächen von Biofilmen bewachsen werden, z. B. Kies an der Gewässersohle.

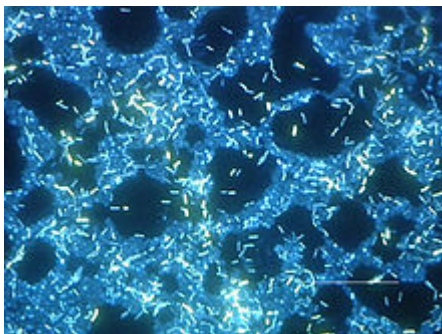
Biofilme können als die Urform des [Lebens](#) gelten, denn die ältesten [Fossilien](#), die man bisher gefunden hat, stammen von Mikroorganismen in Biofilmen, die vor 3,2 Milliarden Jahren gelebt haben.

Biofilme werden im Alltag oft als „Schleimschicht“ oder „Belag“ wahrgenommen. Andere, umgangssprachliche Bezeichnungen sind [Aufwuchs](#), [Kahmhaut](#) oder [Sielhaut](#).

Der Biofilm enthält außer den Mikroorganismen hauptsächlich Wasser. Von den Mikroorganismen ausgeschiedene [extrazelluläre polymere Substanzen](#) (EPS) bilden in Verbindung mit Wasser [Hydrogele](#), so dass eine schleimartige [Matrix](#) entsteht, in der [Nährstoffe](#) und andere Substanzen gelöst sind. Oft werden von der Matrix auch anorganische Partikel oder Gasbläschen eingeschlossen. Die Gasphase kann je nach Art der Mikroorganismen mit [Stickstoff](#), [Kohlenstoffdioxid](#), [Methan](#) oder [Schwefelwasserstoff](#) angereichert sein.

Die EPS bestehen aus Biopolymeren, die in der Lage sind, Hydrogele zu bilden und die somit dem Biofilm eine stabile Form geben.

In Biofilmen leben normalerweise verschiedene Mikroorganismen gemeinsam. Neben den ursprünglichen Biofilm-Bildnern können auch andere [Einzeller](#) ([Amöben](#), [Flagellaten](#) u. a.) integriert werden.



Fluoreszenz-mikroskopische Aufnahme eines Multi-Spezies-Biofilms auf rostfreiem Stahl

Im Kernbereich ist der Biofilm meist kompakt (Basis-Biofilm). Der Randbereich (Oberflächen-Biofilm) kann entweder ebenfalls kompakt und regelmäßig geformt sein und eine ebene Grenzfläche zum überströmenden Fluid bilden oder unscharf ausgeformt und wesentlich lockerer sein. In letzterem Fall kann der Oberflächen-Biofilm einer Berg-und-Tal-Bahn ähneln, wenn beispielsweise Bakterienarten fadenförmig (filamentös) in das Fluid hineinwachsen oder wenn das Substratum mit [Protozoen](#) (z. B. Glockentierchen) oder höheren Organismenarten besiedelt ist.

Die Biofilm-Matrix ist dann oft von Poren, Kavernen und Gängen durchzogen, die einen Stoffaustausch zwischen den Bakterienzellen und eine Versorgung mit Wasser ermöglichen. So finden sich häufig pilzförmige oder turmartige Strukturen.

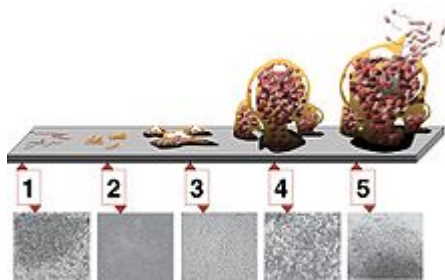
An der Grenzschicht zum Wasser können immer wieder Zellen oder ganze Teile des Biofilms abgegeben und vom vorbeiströmenden Wasser aufgenommen werden.

Bildung des Biofilms

Die Entstehung und Ausbildung eines Biofilms kann in drei Phasen unterteilt werden: Die **Induktionsphase**, die **Akkumulationsphase** und die **Existenzphase**.

Der Biofilmbildung auf festen Oberflächen geht meist eine **Induktionsphase** voraus, andere Biofilme bilden sich oft auch ohne diese. In der Induktionsphase lagert sich an einer mit Wasser benetzten Oberfläche eine dünne, zähflüssige Schicht aus organischen Substanzen an.

Dadurch können die Mikroorganismen sich besser an die Oberfläche anheften. Diese [Biopolymere](#) entstammen der Schleimhülle, die sich um Bakterienzellen bildet (EPS), sich gelegentlich ganz oder teilweise ablöst und beim Kontakt mit Grenzflächen [adsorptiv](#) gebunden wird.



Phasen der Biofilmentwicklung

Diese organische Schicht wird dann in der **Akkumulationsphase** von Keimen besiedelt, welche die organischen Substanzen als Nährstoffe nutzen.

Zur Verständigung der Mikroorganismen dient ein interzelluläres Kommunikationssystem, welches als „[Quorum sensing](#)“ bezeichnet wird. Dadurch können eine Reihe von Vorgängen durch die Aktivierung genetischer Programme untereinander koordiniert werden.

Infolge der Vermehrung der Zellen, die sich an einer Oberfläche angelagert haben, kommt es zu einer Ausbreitung der Organismen. Die Grenzfläche wird in Form eines Films (Biofilm)

erst flächig besiedelt. Gleichzeitig oder später wachsen die Biofilme mehrschichtig auf und bilden schließlich heterogene dreidimensionale Strukturen.

Von der **Existenzphase** spricht man, wenn sich ein [Gleichgewicht](#) zwischen Zuwachs und Abbau des Biofilms einstellt. Die Tiefenausdehnung des Biofilms ist begrenzt, da sich regelmäßig ganze Teile des Biofilms **ablösen** ([Häutung](#), engl. *sloughing*). Dafür gibt es verschiedene Ursachen:

- In den tieferen Schichten des Biofilms kommt es leicht zu Substrat- oder Sauerstoffmangel. Diese physiko-chemischen Gradienten können mittels Mikrosensoren gemessen werden. Fakultativ anaerobe (sauerstofftolerant) bzw. strikt anaerobe (leben ohne Sauerstoff) Bakterien haben in diesem Milieu einen Wachstumsvorteil gegenüber den aeroben (benötigen Sauerstoff) Vertretern.
- Durch die zunehmende Dicke wird der Biofilm irgendwann zu schwer.
- Durch die Bildung von Gasblasen (z. B. durch [Denitrifikation](#) und Kohlendioxid) geht der Zusammenhalt von Biofilmtteilen verloren.
- Die Erhöhung des [Strömungswiderstandes](#) mit zunehmender Dicke führt zu einer erhöhten [Erosion](#), wenn sich der Biofilm an angeströmten Oberflächen gebildet hat.
- Durch das Quorum Sensing werden genetische Programme zur kollektiven Ablösung aktiviert.

Leben im Biofilm – Schutz und Gemeinschaft

Die Matrix bietet mechanische Stabilität und erlaubt es den Biofilm-Organismen, langfristige [synergistische](#) Wechselwirkungen aufzubauen, Hungerperioden zu überstehen und verhindert das Abschwemmen extrazellulärer [Enzyme](#).

So werden einige [Gene](#) durch den Oberflächenkontakt an- und andere abgeschaltet. Durch spezielle [Signalmoleküle](#) können sie sich untereinander verständigen und gegenseitig weitere Gene an- und abschalten. Ihr genetisches Repertoire erweitern sie durch [horizontalen Gentransfer](#), indem sie mit Nachbarzellen Gene austauschen.

Dadurch ist eine flexible, leistungsfähige und universelle Lebensform entstanden, die sich ansatzweise mit multizellulären Organismen vergleichen lässt.

Der Biofilm bietet dem einzelnen Mikrolebewesen darin einen ausgezeichneten Schutz und ermöglicht ihm, sich auf veränderte Umweltbedingungen einzustellen:

So steigt die Toleranz gegenüber extremen pH- und Temperatur-Schwankungen, [Schadstoffen](#) (z. B. [Bakterizide](#)), aber auch UV- und Röntgenstrahlung sowie Nahrungsmangel.

Mögliche Ursachen dieser Hemmung sind:

- erschwerte Penetration – die Schadstoffe können nicht in die Biofilme eindringen
- ungünstige Bedingungen für den Wirkstoff im Biofilm
- hohe [Diversität](#)
- Einzelne bakterielle Zellen oder Gruppen an verschiedenen Stellen des Biofilms (mit anderen Worten „näher“ oder „weiter entfernt“ von Nährstoffen, Sauerstoff ([aerobe](#)

und [anaerobe](#) Bereiche), Antibiotika oder Reaktionen des Immunsystems) verhalten sich unterschiedlich. Selbst bei großflächigem Bakteriensterben überleben häufig vereinzelt die so genannte „Persister“, die aufgrund der vorhandenen Nährstoffe nahezu ideale Bedingungen für eine erneute Vermehrung haben.^[2]

- langsamere Wachstumsraten der Bakterien im Biofilm – die Bakterien zeigen teilweise einen reduzierten [Stoffwechsel](#) bis hin zu Ruhestadien (VBNC – „viable but not culturable“)^[3] und nehmen deshalb so gut wie keine [antibiotischen](#) Gifte auf, sie schützen sich im Wesentlichen selbst durch Untätigkeit.

Infektionskrankheiten die durch Biofilme entstehen können

Obwohl Biofilme in der Natur allgegenwärtig sind, wird ihre klinische Bedeutung in der Medizin häufig unterschätzt.

Dies gilt insbesondere für Infektionen, denn in mehr als 60 % aller bakteriellen Infektionskrankheiten schützen sich die Erreger durch die Bildung von Biofilmen vor dem menschlichen [Immunsystem](#).

Aufgrund der [oben](#) erwähnten Ruhephasen entziehen sich Biofilme in der Akkumulationsphase häufig neben dem Nachweis durch konventionelle Verfahren der [Bakterienkultur](#) auch der eingehenderen Untersuchung.

Moderne Techniken zur Visualisierung wie [konfokale Mikroskopie](#) und [Gensonden](#) zur Lokalisierung und Identifizierung von Biofilm-Organismen mittels Fluoreszenzmikroskopie haben zu einem besseren Verständnis der Biofilme beigetragen.

Im Zuge der Biofilmmreifeung kommt es in der Existenzphase, koordiniert durch das [Quorum sensing](#), zum Ablösen größerer Bakterienansammlungen. Dadurch entsteht eine Quelle für Keime, die zu chronischen und wiederkehrenden [Infektionen](#) von Patienten ([Bakteriämie](#)) und unter Umständen bis hin zur häufig tödlichen [Sepsis](#) führen.

Dies gilt insbesondere für Patienten mit geschwächtem Immunsystem. Biofilme werden mit einer Reihe von Infektionen in Verbindung gebracht. Beispiele hierfür sind:

- Wundinfektionen
- bakterielle [Endokarditis](#)
- [Periodontitis](#)
- [Urethritis](#)
- [Prostatitis](#)
- [Zahnkaries](#)
- [chronische Mittelohrentzündung](#) bei Kindern^[10]

Verhinderung/Bekämpfung von Biofilmen

Mehrere unabhängige Institute bestätigen, dass sich bei der nachhaltigen Beseitigung von Biofilmen in technischen Systemen die **Wasserentkeimung mit Vollmetallkatalysatoren in Verbindung mit geringem Einsatz an Wasserstoffperoxid** seit mehr als zehn Jahren (erster

technischer Einsatz 1997) erfolgreich im technischen Einsatz bewährt. Durch biochemische Verwertung von Keimen werden am Katalysator [Biotenside](#) gebildet, die den arteigenen Biofilm eliminieren.^[15]

Weitere Institute bestätigen, dass der alleinige Einsatz von Wasserstoffperoxid keine Wirksamkeit in Bezug auf die Entkeimung hat.^[16] Eine H_2O_2 - Konzentration von 150 mg/L mit einer Kontaktzeit von 24 h zeigte bei der Desinfektion von Trinkwassersystemen weder eine abtötende noch eine ablösende Wirkung, auch nicht durch die Zugabe von Silberionen (150 μ g/L).^[17] Da durch die Biozidbehandlungen Biofilme nicht abgelöst wurden, sondern die tote Biomasse auf den Oberflächen verblieb, kommt es durch eine Selektion resistenter einzelner Organismen und den Eintrag neuer Organismen in das Versuchssystem schnell zu einer Wiederverkeimung.

Darüber hinaus gibt es seit wenigen Jahren das Verfahren der **lichtinduzierten Katalyse zur Wasserbehandlung**. In Anlehnung an natürliche Vorgänge aus der Natur werden wasserführende Systeme in Gegenwart eines geeigneten Katalysators unter Einfluss von Tageslicht in einem biofilmfreien Zustand gehalten.^[18]

Daneben gibt es verschiedene, zumeist experimentelle Methoden, Biofilme zu verhindern bzw. zu bekämpfen. **Dabei wird häufig durch Vorbeugung versucht, es gar nicht erst zur Bildung von Biofilmen kommen zu lassen.**

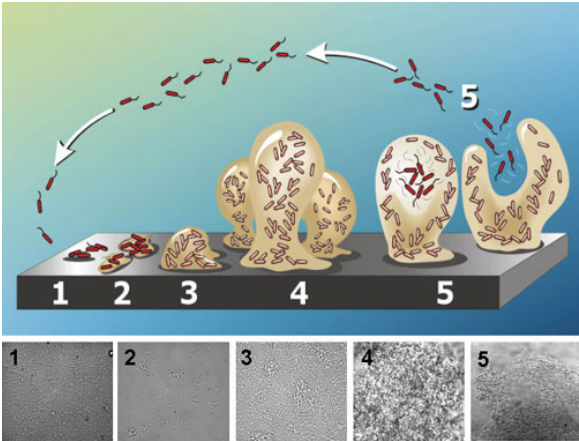
- Am besten wäre die mechanische Zerstörung der Biofilme

Dies ist möglich mit dem edlrein – Becken-Wand-Reiniger

Die beste und natürlichste Art ihren Biofilm zu beseitigen.

Aus:

http://mathbio.colorado.edu/mediawiki/index.php/MBW:Role_of_Biofilm_Matrix_in_Structural_Development



<http://prometheus.matse.illinois.edu/glossary/biofilms/>

