

Abschnitt 1.3.2.1

Biofilme, Bilder 1.3.2.1 A bis K

Querverweis: Ein besonders eindrucksvolles Beispiel für die Ausprägung eines Biofilms bei der Trinkwasseraufbereitung wird in Abschnitt "4.3.2.10 Auswahl 1, Entmanganung im Filter" geschildert. Sonderformen von Biofilmen findet der aufmerksame Leser auch an anderen Stellen auf der Website.

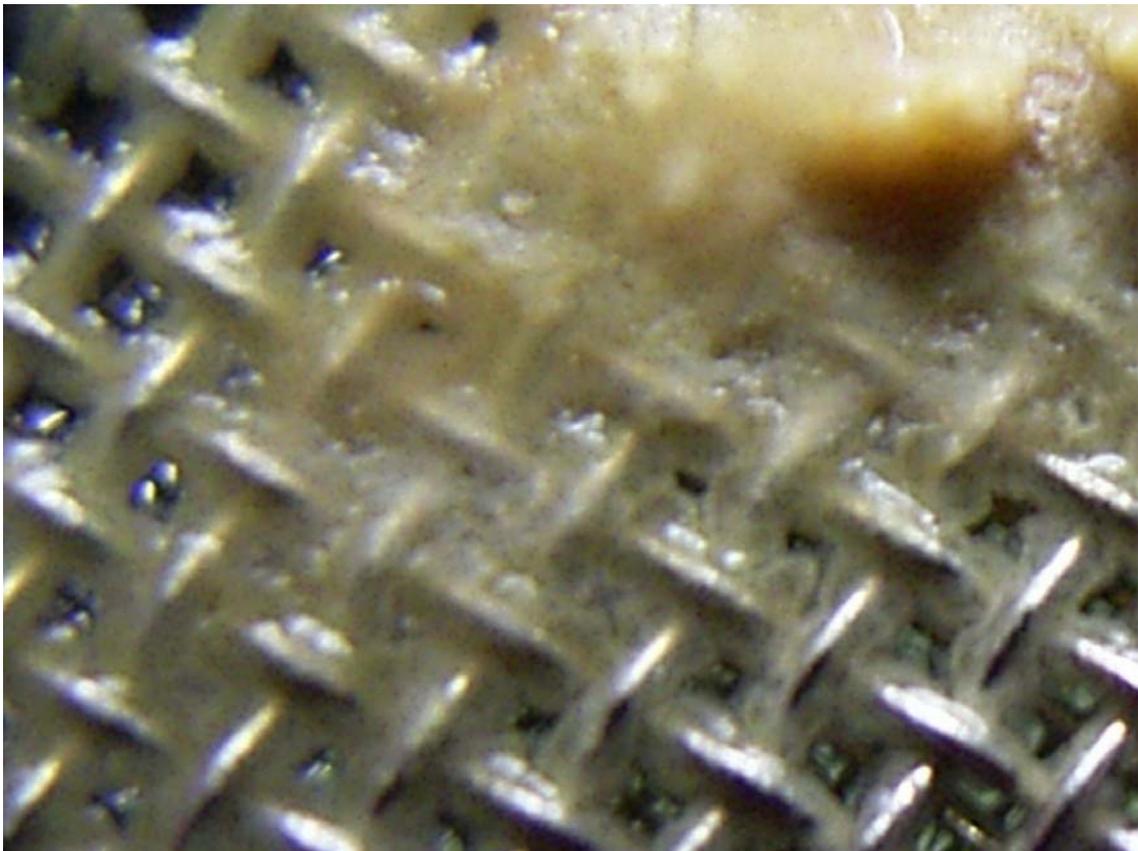
Die eindrucksvollsten Biofilme bzw. Makrokolonien findet man in Trinkwasserbehältern und in mit Zementmörtel ausgekleideten Wasserleitungen. Voraussetzung dafür ist in beiden Fällen eine ungünstige Kombination von anorganischen mit organischen Werkstoffen bzw. Hilfsstoffen. Die folgende Aufnahme ist in einem niedersächsischen Trinkwasser-Hochbehälter entstanden.



Bild 1.3.2.1 A: Makrokolonie in einem Trinkwasserbehälter (knapp faustgroß)

In der Zeit von Oktober 2006 bis April 2010 wurde unter der Koordination von FLEMMING (2010) ein BMBF-Verbundprojekt "Biofilme in der Trinkwasser-Installation" durchgeführt. Dabei wurde die hygienische Bedeutung der Biofilme, die als Folge ungeeigneter Materialien und Betriebsbedingungen entstehen können, betont.

Ein Beispiel für Biofilme an Perlatoren zeigen die Bilder B und C.



Bilder 1.3.2.1 B und C: Perlator aus einem Wasserhahn (Bild C: Ausschnitt). Am Außenrand sind auch Kalkablagerungen beteiligt.

Dass Biofilme auch Materialschäden verursachen können, zeigen die Bilder D bis F von Gummidichtungen aus WC-Spülungen. Hier herrschen ideale Bedingungen für das Wachstum von Biofilmen: nutzbares organisches Material, dauernde Nachlieferung von sauerstoffhaltigem Wasser und meistens Temperaturen nahe der Raumtemperatur.



Bild 1.3.2.1 D: Gummidichtung aus einer WC-Spülung, D = 69 mm

Die Dichtung war einige Jahre im Einsatz. Man erkennt, dass verschiedene Bakterienkolonien unterschiedlich erfolgreich bei der Metabolisierung des Gummis gewesen sind, aber offenbar ist es allen Kolonien gelungen, das Material rückstandslos zu konsumieren.

Unter technischen Gesichtspunkten ist ein solcher Befund geradezu entsetzlich. Die Hersteller von Dichtungen haben versucht, die Haltbarkeit ihrer Produkte dadurch zu erhöhen, dass sie der Gummimischung einen beträchtlichen Anteil anorganischer Füllstoffe, insbesondere Ruß, zugesetzt haben. Diese Maßnahme war im Prinzip erfolgreich, aber ein Fall wurde beobachtet, in dem die Mikroorganismen das Gummi selektiv metabolisiert und die Füllstoffe übrig gelassen haben. Diese sind beim Wechseln der Dichtung teilweise abgespült worden. Bild F zeigt eine Detailansicht dieser Dichtung.



Bild 1.3.2.1 E: wie D, Ausschnitt



Bild 1.3.2.1 F: Durch Biofilm zerstörte Dichtung mit Füllstoffen, Ausschnitt

Dass auch Metalle durch Biofilme massiv angegriffen werden können, zeigen die Bilder eines Zwischenflansches (Segment, ca. 125 x 65 mm) aus Aluminium:



Bild 1.3.2.1 G und H: Aluminium-Flansch, H: Schnittfläche



Bild 1.3.2.1 I: wie G: Metalloberfläche mit Oxidationsprodukten



Bild 1.3.2.1 J: wie G: Metalloberfläche nach Abbürsten der Ablagerungen

Im Februar 1992 wurde über die Korrosionsvorgänge an diesem Flansch ein ausführliches Protokoll angefertigt, das hier als Bild 1.3.2.1 K wiedergegeben wird.

Biofilm-Bildung auf Aluminium

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist ein Zwischenflansch aus Aluminium, der beim Wasserverband ----- in der Verrohrung eines Hochbehälters eingebaut war. Die Bohrungen waren mit Kunststoffhülsen ausgefüttert, der Ring selbst war mit einer Kunstharzbeschichtung (Epoxidharz ?) versehen. Auf diesem Ring hatte sich ein Biofilm mit einer maximalen Dicke von ca. 3 cm gebildet, wobei auch Nematoden beteiligt waren.

Eine Reihe von Argumenten spricht dagegen, daß die Kunstharzbeschichtung als C-Quelle genutzt wird. Insbesondere ist davon auszugehen, daß es sich im vorliegenden Fall um eine hochwertige Beschichtung handelt, die alle Tests auf Trinkwasser-Eignung bestanden hat. Darüber hinaus war die Beschichtung zwar unterwandert und dabei verletzt worden, ließ aber keine Anzeichen für einen mikrobiellen Angriff des Kunstharzes selbst erkennen. Demgegenüber zeigte das Aluminium sehr deutliche und z.T. tiefreichende Korrosionsspuren. Bei der mikroskopischen Durchmusterung abgeschabter Korrosionsprodukte waren vorwiegend farblose, wasserklare Produkte mit unregelmäßigem Bruch erkennbar. Dabei kann es sich um Aluminiumoxidhydrate gehandelt haben.

Allgemeines

Aluminium ist ein sehr unedles Metall; sein Normalpotential beträgt -1,67 V. Der unedle Charakter des Aluminiums wird bei den folgenden Anlässen offenkundig:

- Amalgamiertes Aluminium oxidiert an der Luft spontan unter Bildung von Aluminiumoxidhydrat.
- In sauerstofffreiem Milieu kann Aluminium aus neutralem Wasser Wasserstoff freisetzen (Aluminiumheizkörper in sauerstofffreien Heizungskreisläufen).

Unter "normalen" Bedingungen ist die metallische Oberfläche des Aluminiums durch eine dünne, aber sehr dichte Oxidschicht passiviert; beim Eloxierungsprozeß kann diese Oxidschicht eine Dicke von 20 µm erreichen. Die Passivierung wird aufgehoben durch Amalgamierung und durch sauerstofffreie Milieubedingungen.

Biofilme können an ihrer Basis ebenfalls sauerstofffreie Milieubedingungen herbeiführen. Es ist also davon auszugehen, daß sie die Passivierung des Aluminiums aufheben und die Korrosion initiieren können.

In diesem Zusammenhang ist die Frage zu stellen, auf welchem Weg es den Mikroorganismen gelingt, das Energiepotential des Korrosionsprozesses zu nutzen. Im Sinne einer Modellvorstellung kann davon ausgegangen werden, daß der Korrosionsprozeß als "Wasserstoffkorrosion" abläuft und eine ("primäre") Mikroorganismengesellschaft den Wasserstoff nutzen kann. Unabhängig von der Frage, ob diese Modellvorstellung im Detail zutrifft, müssen diese primären Organismen auf alle Fälle autotroph sein, da eine interessante C-Quelle nirgends in Sicht ist. Auf dieser primären Organismengesellschaft kann sich die restliche Masse des Biofilms aufbauen.

Es muß vorläufig offen bleiben, ob der Korrosionsprozeß die Hauptenergiequelle des Biofilms darstellt, oder ob er nur die Rolle eines "Zündfunken" spielt, der für die Einleitung der Reaktion zwar notwendig ist, aber zur Energiebilanz nicht entscheidend beiträgt. Im letztgenannten Fall müßten sich die Organismen des Biofilms vorwiegend von Bestandteilen des Wassers ernähren, die von außen an den Biofilm herantransportiert werden.

Kölle, 19.02.92

Bild 1.3.2.1 K: Protokoll "Biofilm auf Aluminium"

Die Bilder G, H und I verdeutlichen: Von dem ursprünglichen Biofilm ist kaum etwas zu erkennen, was nicht verwundert, da er hauptsächlich aus Wasser bestanden haben muss. Die bräunlichen Verunreinigungen, die auf Bild G zu erkennen sind, könnten auf eingetrocknete Reste des Biofilms hindeuten.

Die Kunststoffbeschichtung wird sehr effektiv unterwandert. Auf den korrodierenden Flächen scheidet sich ein weißer Belag ab, der aus Korrosionsprodukten des Aluminiums bestehen muss (sehr wahrscheinlich Aluminiumoxidhydrat). Bild J zeigt die Korrosionsschäden am Metall.

Zum Protokoll ist folgendes zu bemerken: Der letzte Absatz ist unlogisch und wurde wahrscheinlich auf Wunsch eines skeptischen Gesprächspartners angefügt. Wenn das Aluminium "sehr deutliche und z. T. tiefreichende Korrosionsspuren" gezeigt hat, bedeutet das einen beträchtlichen Stoffumsatz mit entsprechendem Energiegewinn. "Bestandteile des Wassers" als energetische Grundlage des Biofilms können unter diesen Bedingungen ausgeschlossen werden.