

## Verhinderung des Biofilms durch physikalische Wasserbehandlung

**Biofilme sind organisch-pflanzlicher Bewuchs in natürlichen und künstlichen Wassersystemen. Sie kommen überall dort vor, wo Wasser mit festen Oberflächen in Berührung kommt. Es gibt praktisch keine Oberfläche, die nicht von Biofilmen besiedelt ist.**

In landwirtschaftlichen Wasseranlagen bildet sich Biofilm im gesamten Wasserkreislauf:

- Brunnen
- Speicher- und Druckausgleichssystemen
- Wasserleitungen
- Trink- und Bewässerungssystemen
- Wasserauffangbecken und Kanalisation

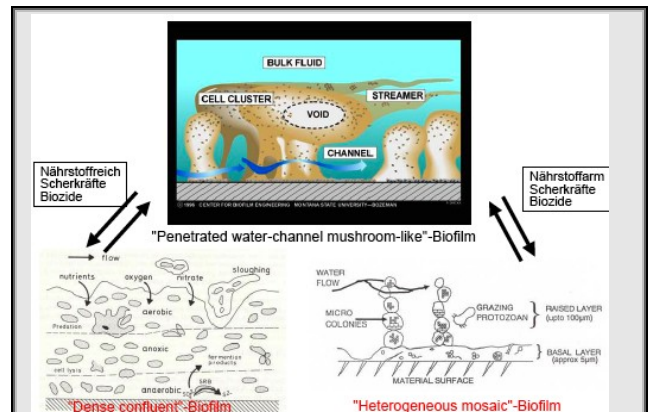
Biofilmbildung ist ein natürlicher Prozess, der schneller und stabiler voranschreitet, je günstiger die Ansiedlungs- und Lebensbedingungen für die Bioflora vorhanden sind. Biofilm in landwirtschaftlichen Wassersystemen ist die Brutstätte für Bakterienbildung mit toxischen Auswirkungen auf den Verdauungstrakt des Tieres.

### 1. Bildung von Biofilmen

Biofilme sind Mikroorganismen, die in jedem Wasser, also auch Brunnen- und Stadtwasser leben. Sie bestehen überwiegend aus Bakterien, Algen, Pilzen und Protozoen (Krankheitserregern). Die Mikroorganismen besiedeln alle Grenz- und Kontaktflächen von Wasser und Wand des jeweiligen Behältnisses. Dort schliessen sie sich zu äusserst effizienten Lebensgemeinschaften zusammen, in dem sich Biofilmzellen zu Biofilmkulturen verbinden um eine Abschwemmung zu verhindern.

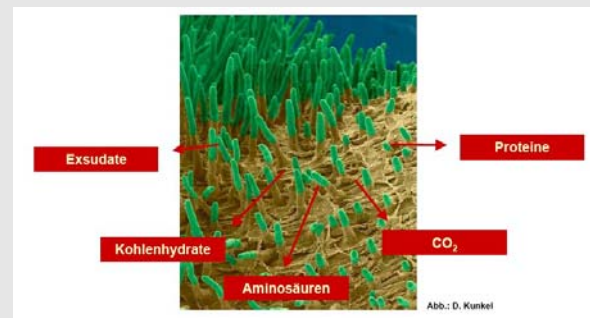
### 2. Schädigende Wirkung von Biofilmen

Biofilme sind das ideale Nährstofffeld für pathogene Substanzen. Beeinflusst wird die Bildung in wasserführenden Systemen durch initiale Keimeinträge, Temperatur, **Wasserparameter**, Nährstoffangebot und Betriebsweise des Wassersystems (Brunnen, Zisternen, Wasserfluss und Stagnation). Es genügt, dass einzelne mikrobielle Strukturen pathogener Spezies in das Wassersystem eindringen, den Biofilm initiieren oder vorhandenen Biofilm besiedeln. Damit wird der Biofilm infiziert, fungiert als Habitat für alle Arten



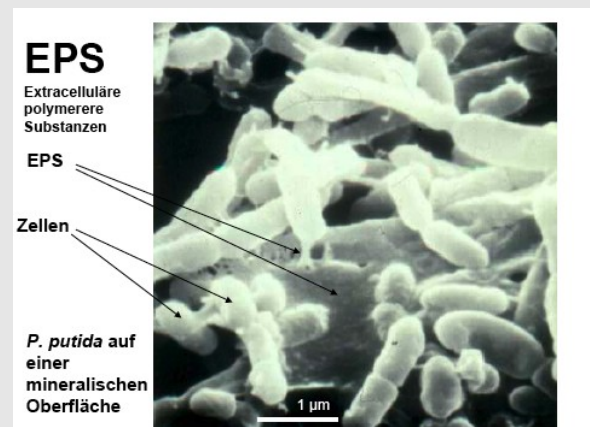
*Biofilmbildung in der Wasserleitung*

Der Aufbau von Biofilmkulturen geschieht über eine interaktive Zell-zu-Zell-Kommunikation mit dem Ziel, eine stabile Verbindung der Zellen untereinander zu schaffen.



*Kommunikation zwischen den Biofilmzellen zur Kulturreibung*

Auf diese Weise bildet sich der Grundbaustoff der Biofilmkulturen aus „Extrazellulären polymeren Substanzen (EPS)“, d.h. Biopolymeren mikrobiellen Ursprungs. Sie sind unmittelbare Umgebung von Biofilmzellen, bilden die stabile Verbindung zu den Oberflächen und gewährleisten als autarkes Ökosystem die fortlaufende Besiedelung in den Wassersystemen.



*EPS als Hauptbestandteil der Biomasse im Biofilm*

Biofilmzellen verankern sich an ihrer Nährstoffquelle, dem Wasser, und bilden einen stabilen Bewuchs in den Leitungen.

mit pathogenem Potenzial und wird so zu einem rasant ansteigenden Hygieneproblem.

### 3. Problemlösung durch die physikalische Wasserbehandlung mit Aqua-4D

Landwirtschaftliche Wassersysteme sind für pathogene Biofilmbesiedelung prädestiniert. In Brunnenanlagen mit Ansaugrohr, Pumpen und Wasserspeichern fehlt der hermetische Abschluss gegenüber der Außenwelt. Die Besiedelung erfolgt bereits am Ansaugrohr und wird vom Wasserfluss weiter getragen. Kleine Öffnungen in den Leitungen und Behältnissen fördern den Eintrag, so dass der Biofilm von den Verbrauchsarmaturen (Trinknippeln, Tränken, etc.) in die Leitungen hinein wächst. Aus diesem Grund werden auch Anlagen, die mit Stadtwasser betrieben werden, mit Biofilmkulturen besiedelt.

Das in der Schweiz von Planet Horizons Technologies entwickelte physikalisch-technische Verfahren setzt dort an, wo die Probleme entstehen: Bei der Unterbindung und dem Abbau des Biofilms.

Eine geeignete elektromagnetische Behandlung beeinflusst verschiedene Interaktionen im Wasser: das hydrophile/hydrophobe Verhalten, ionische Interaktionen (Zeta-Potential), Grösse und Form der Wassercluster welche die Proteine umhüllen oder sich auf den Zwischenflächen und Oberflächen befinden, die Lösekapazität, etc. Die durch die EPS-Bildung der Biofilmkulturen produzierten Proteine können sich nicht mehr an den Leitungswänden anheften. Vorhandener Biofilm löst sich ab und der Aufbau von neuem Biofilm wird verhindert.

Planet Horizons Technologies (PHT) hat für diese Zwecke ein spezifisches Standardgerät Aqua-4D<sup>®</sup> entwickelt, das sich mittlerweile 10 Jahre in der landwirtschaftlichen Praxis bewährt hat. Die Anlage besteht aus einem High-Tech Steuergerät (Command 60 oder Command 360) und einem oder mehreren Rohren (Tube 60 oder Tube 360), die mit 2 integrierten Kupferspulen die elektromagnetischen Eigenschaften des Wassers modifiziert.



Command 360 mit Tube 360

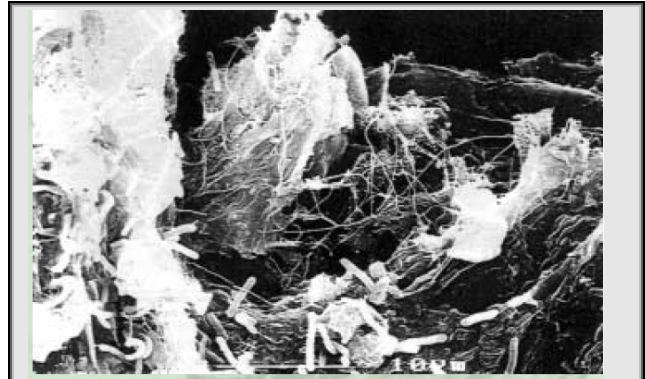


Abb. 1: Gram-negative Bakterien in Biofilm-Matrix mit fadenförmigen Polysaccharid-Micellen [24]

#### Gram-negative Bakterien in Biofilmkulturen

Nicht nur die Emission von Kolonien pathogener Arten allein ist eine Bedrohung der Gesundheit von Tieren. Die Abgabe von Exo- und Endotoxinen an die Umgebung ist ein weiteres von dem Biofilm ausgehendes Gefährdungspotenzial. Bakterielle Endotoxine entwickeln über das sogenannte Lipid A eine toxische Wirkung, indem sie den Verdauungstrakt besiedeln und durch den Darm (Aufhebung der Darmschranke) in das Blut der Tiere gelangen. Die verheerenden Folgen, als Faktor innerhalb des MMA-Komplexes, sind in der Schweinezucht hinlänglich bekannt, aber auch in anderen Bereichen der Tierzucht Indikator für Krankheitsprobleme (Verdauung, Wachstum, Vermehrung).

Die Vergabe von Medikamenten (insb. Antibiotika) ist oftmals kontraproduktiv. MMA-Prophylaxe zur Unterstützung gestörter und stagnierender Verdauung mit phytogenen Zusatzstoffen im Futter können nur die Symptome, nicht aber die Ursache bekämpfen. Nach wie vor muss das Tier das kontaminierte Wasser trinken, um die Verdauung in Gang zu halten. Ein Teufelskreislauf.

Der Einfluss auf die Verkrustung hat auch einen wesentlichen indirekten Effekt, indem es diese Ablagerungen verhindert, welche für den Biofilm Fixierungspunkte darstellen (die Oberflächen sind weniger glatt), sowie für deren Vermehrung das notwendige Substrat darstellen.

In Berührung mit Leitungsoberflächen beeinflussen die molekularen Wasserschichten das hydrophobe Verhalten der Leitungswände. Die elektrophysikalische Spannung zwischen Leitung und konditioniertem Wasser wird verringert.

### 4. Anordnung in der landwirtschaftlichen Viehzucht

Um zu einer effektiven und kostengünstigen Lösung zu kommen, hat es sich bei den Betrieben bewährt, die standardisierte Aqua-4 D Anlage direkt nach dem Speicherbehälter und dessen Pumpe einzubauen. Auf diese Weise wird der Biofilm in dem Leitungssystem direkt nach der Pumpe eliminiert. Für den Anschluss an Stadtwasser gilt, die Aqua-4D Anlage nach dem Wasserzähler einzubauen. Auf diese Weise

werden alle Versorger der Stalleinrichtungen erreicht.



Installation in einem Viehzuchtbetrieb in Cloppenburg (Deutschland, März 2007)

## 5. Die Praxis zeigt: Biofilme lösen sich auf

Seit März 2007 sind Aqua-4D Anlagen in mehreren Viehzucht- und Milchwirtschaftsbetrieben im Einsatz.

Übereinstimmende Erfahrung ist, dass sich innerhalb von 4 – 6 Wochen der vorhandene Biofilm auflöst und kein neuer Ansatz gebildet wird. Voraussetzung für eine rückstandsfreie und schnelle Auflösung ist ein mehrmaliges Durchspülen der wassertechnischen Installationen. Auf diese Weise wird verhindert, dass Leitungen, Armaturen und Trinkvorrichtungen durch gelösten Biofilm verstopfen.

### Verbesserte Futterverwertung

Anhand von computerisierten Auswertungen wurde festgestellt, dass sich der Trinkwasserverbrauch innerhalb des erwähnten Zeitraumes durch die Tiere (Schweine und Milchvieh) um durchschnittlich 20% erhöht hat. Ein deutlicher Hinweis auf einen angeregten und gesteigerten Stoffwechsel. Wasser ist nicht nur Versorger mit Nährstoffen, sondern in gleichem Maße Entsorger von Verdauungsrückständen. Der Tierkörper war folglich nicht mehr mit der Abwehr von toxischen Substanzen aus dem Biofilm und der Auflösung von Ablagerungen im Verdauungstrakt beschäftigt. Das konditionierte Wasser hat den Wasserhaushalt des Tierkörpers wieder reguliert: Nährstoffe konnten wieder aufgenommen, verwertet und in gesundem Rhythmus wieder ausgeschieden werden.

Ein Beispiel aus der Hähnchenzucht im Emsland verdeutlicht nachhaltig den beschriebenen Effekt.

In parallelen Testverfahren mit 3 Durchgängen mit je 37.000 Hähnchen pro Stall konnte der Futterverwertungsindex in Stall 2 mit Aqua-4D konditioniertem Stadtwasser auf 1,62

**Protein in solution**

**Interface solid/liquid**

Ionic interactions  
 Hydrophobic interactions  
 Polar interactions

*Interaktion von Proteinen mit Oberflächen und Flüssigkeiten*

Die Komplexität des Phänomens der Adsorption von Proteinen hängt weitgehend mit der Heterogenität der Proteinstrukturen sowie derjenigen der adsorbierenden Oberflächen (Metal, Glas, PVC, etc.) zusammen. Diese Heterogenität kann Interaktionen verschiedenster Natur erzeugen, welche verknüpft sind mit der Anwesenheit von hydrophoben, polaren oder geladenen Bereichen an der Oberfläche der Materialien oder Proteine. Die Arten der normalerweise entstehenden Interaktionen zwischen den Proteinen und der Oberfläche sind: elektrostatische (oder ionische) Interaktionen, die Van Der Waals Interaktionen, die Wasserstoffbindungen, die hydrophoben oder polaren Interaktionen.

**Wirkungsweise der Wasserkonditionierung**

Die elektromagnetische Strukturierung des Wassers bewirkt eine Verkleinerung der Clusterstrukturen (Cluster = Molekülgruppen). Damit werden sogenannte Kristallkeimbildungszentren freigesetzt. Das ist Grundvoraussetzung für die Bildung von homogenen kleinen Kristallstrukturen und Ursache für die mineralische Umwandlung von Calcitkristallen (grosse Kristalle, deren Wachstum gefördert wird, verkrustend-Kesselstein) in pulverförmiges Aragonit (kleine Kristalle, nicht verkrustend). Gewünschter Zusatzeffekt ist die wesentlich erleichterte Auflösung von chemischen Zusätzen (Medikamente, Reinigungsmittel), die sich in den kleineren Clusterstrukturen homogener verteilen. Die Dosierungen vermindern sich deutlich.

herabgefahren werden. Stall 1, versorgt mit „normalem“ Stadtwasser, blieb mit bis zu 1,76 auf einem kostenträchtigen höheren Niveau.

### Vereinfachte Reinigung

Die elektromagnetische Konditionierung eliminiert Kalkablagerungen und damit verbundene Schmutzrückstände. Aggressives Calcit (Kesselstein) wird in pulverartiges Aragonit umgewandelt und mit dem Wasser herausgespült, die Ablagerungen auf den Wänden der Leitungen und anderen Elementen werden verhindert (sowie präventiver als auch verbessernder Effekt).

Wassertechnische Installationen haben erheblich weniger Reinigungs- und Pflegebedarf. Kristallisierte Rückstände an Armaturen und Trinkvorrichtungen lösen sich auf. In mit Aqua-4D® konditionierten Stallanlagen genügt in aller Regel ein Ausspülen und Abspritzen von Behältnissen und Stalleinrichtungen. Auf aggressive chemische Hilfsmittel und zeitaufwändiges Schrubben kann verzichtet werden.

In dem oben erwähnten Hähnchenstall 2 wurde der abgestreute Stallboden mit dem Fortgang der Testdurchgänge laufend trockener, der Boden in Stall1 blieb durchgängig feucht. Die hygienische Situation für Stall 2 wurde nachhaltig verbessert.

### Quellen:

1. Bildung, Funktion und intraspezifische Kommunikation von Biofilmen, TU Graz, 8.5.07
2. Biofilm – Die etwas andere Lebensweise, Ulrich Szewzyk, TU Berlin, und Regina Szewzyk, Umweltbundesamt, 28.04.03
3. Definition von Biofilmen, in: Formen des Biofilms, Deutsche Biofilmforschung, 18.05.06
4. Der Biofilm – Bildung, Eigenschaften, Wirkungen, Teil 1 und 2, Prof. Dr. Dieter Kreysig, in: Sonderdruck Bioforum, 9.3.04
5. Der MMA-Komplex, in: Tiergesundheit im Internet, AHO, animal-health-online, 2000
6. Der Effekt von elektromagnetisch konditioniertem Wasser in der Landwirtschaft, Dr. Eric Valette, Leiter Forschung & Entwicklung PHT, 18.10.2007

Planet Horizons Technologies SA :  
Technopôle 5  
CH-3960 Sierre

Tel : +41 (0)27 480 30 35  
E-mail : [info@planethorizons.com](mailto:info@planethorizons.com)

[www.planethorizons.com](http://www.planethorizons.com)