

Für Mensch & Umwelt

Umwelt   
Bundesamt

# Die neue 42. Bundesimmissionsschutzverordnung zu Legionellen in Verdunstungskühlanlagen

Dr. Regine Szewzyk,  
Fachgebiet II 1.4 Mikrobiologische Risiken  
Umweltbundesamt, Berlin

## 42. Bundesimmissionsschutzverordnung Legionellen

- **LEGIONELLEN**
- **VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN + KÜHLTÜRME**
- **LEGIONELLEN IN VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN**
- **AUSBRÜCHE IN DEUTSCHLAND**
- **VDI 2047 BLATT 2 UND BLATT 3**
- **42. BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG**
- **NACHWEIS VON LEGIONELLEN/ UBA-EMPFEHLUNG**
- **ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

### LEGIONELLEN

- *Legionella pneumophila* 1976/77 entdeckt
  - Ausbruch in einem Hotel in Philadelphia Juli 1976
  - bei einem Treffen amerikanischer Kriegsveteranen
  - ca. 4000 Teilnehmer, ca. 200 erkrankt, ca. 30 Todesfälle
  - Bakterium durch CDC im Januar 1977 identifiziert
- Gramnegative, nicht sporenbildende Stäbchen
- Inzwischen über 50 Arten mit ca. 80 Serogruppen beschrieben
- Die meisten Erkrankungen durch *Legionella pneumophila* Serogruppe 1
- Mindestens 17 Arten mit ca. 30 Serogruppen humanpathogen



### LEGIONELLEN

- Übertragung durch Einatmen von legionellenhaltigen Aerosolen (selten durch Aspiration)
- Legionellen-Pneumonie (Legionärskrankheit)
  - schwere Lungenentzündung
  - erfordert Hospitalisierung
  - Letalität 7-15 % (nosocomial: 14-40 %)
- Pontiac-Fieber
  - grippeähnlich
  - spontan abklingend
  - 2 - 12 Tage

# 42. Bundesimmissionsschutzverordnung Legionellen LEGIONELLEN

4 JZ-Unsere Stadt JZ-Unsere Stadt 5

Mittwoch, 30. Juli 2003

# Todesbakterien im Klinikwasser

**Hygiene-Skandal im Krankenhaus?**



Erst im Januar eingeweiht, jetzt schon mit Legionellen-Bakterien verunreinigt. In einem Gebäude der Frankfurter Klinik starben zwei Frauen.

**WALTER DECHLER und JAN SCHILDE**

Frankfurt (Oder) – Marie-Luise K., 78, Frankfurt (Oder) ist an einer Pneumonie (ein Art Keuchhusten) im Klinikum Frankfurt (Oder) behandelt. Dort sollte sie geheilt werden. Doch die Infektion sich holten werden. Doch die Infektion sich holten werden. Doch die Infektion sich holten werden. Doch die Infektion sich holten werden.

**Legionellen-Alarm Bad dicht**

REINICKENDORF – Bakterien-Alarm im Paracelsus Bad! Im Duschwasser wurden die gefährlichen Erreger der „Legionärskrankheit“ gefunden. Die Schwimmhalle wurde gestern sofort dichtgemacht.



**Marie-Luise K. ist eines der Legionellen-Opfer**

Marie-Luise K. hat sich bei im Duschwasser mit Legionellen-Keimen infiziert und starb.

# LEGIONELLEN



Bildquelle:  
Medical Illustration  
Central Public Health  
Laboratory , UK

### LEGIONELLEN

- Meldung RKI: 800 - 1.000 Erkrankungsfälle pro Jahr
- CAPNETZ Studie ([www.capnetz.de](http://www.capnetz.de)):
- hochgerechnet aus den Ergebnissen wären 15.000-30.000 Legionellen-Pneumonien in Deutschland pro Jahr zu erwarten (ambulant erworben)
- Letalität von ca. 10 % d.h. → ca. 1.500-3.000 Todesfälle pro Jahr in Deutschland
- D.h. trotz Meldepflicht werden > 95 % der Legionellosen nicht erkannt

### LEGIONELLEN

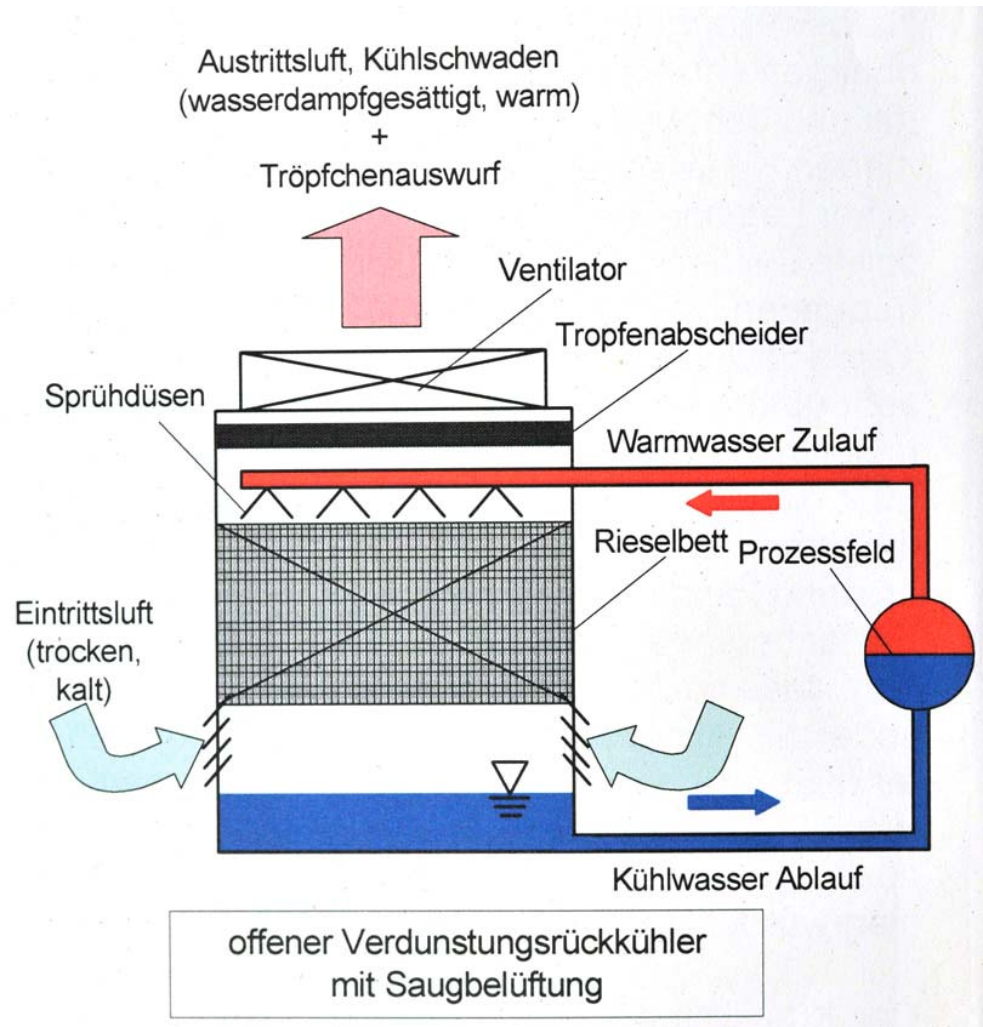
- Natürlich vorkommende Wasserbakterien, insbesondere im Süßwasser
- Hohe Nährstoffansprüche
- Vermehrung nur durch Kooperation mit anderen Bakterien, Algen und Protozoen (intrazelluläres Wachstum).
- Vermehrungsbereich ca. 20 °C - 45 °C, Optimum bei ca. 36 °C



# LEGIONELLEN

- Gelangen aus ihrem natürlichen Habitat in geringen Konzentrationen in die Wasserleitungssysteme
- Unter günstigen Bedingungen → Vermehrung
- Vermehrung gefördert durch:
  - Temperatur (Warmwasser, Stagnation)
  - Nährstoffe
  - Biofilme
- Bsp. Trinkwassersysteme
- Bsp. Verdunstungskühlanlagen

# VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN



Quelle: Fembacher et al., 2007

## 42. Bundesimmissionschutzverordnung Legionellen

### KÜHLTÜRME

> 200 MW, Naturzug



[http://hks-korrosionsschutz.de/?page\\_id=8](http://hks-korrosionsschutz.de/?page_id=8)

Wikipedia

### VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN



<http://www.ikz.de/ikz-fachplaner/artikel/article/hygienischer-betrieb-von-kuehlturm-anlagen-bradia.html>

## VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN/KÜHLTÜRME - LEGIONELLEN

Faktoren, die zur Besiedlung beitragen:

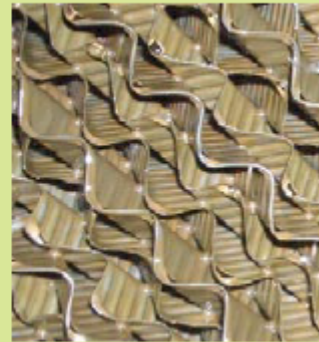
- Biofilme  
Nährstoffe (Verunreinigungen, Korrosionsschutzmittel)  
Korrosion, Skaling  
Amöben!
- geeignete Temperaturen + pH-Werte
- ungünstige konstruktive Ausführungen

Faktoren, die zur Infektionsgefahr beitragen:

- Aerosolaustrag (über km!)
- empfindliche Personen im Umfeld

## VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN/KÜHLTÜRME - LEGIONELLEN

**Good:** Pack very clean – no action required



Staining and not a deposit

guter Zustand  
keine Biofilme  
keine Ablagerungen

**High risk:** Heavy mineral or microbial deposits – urgent action required



Heavy scale



Silt



Algal growth

sehr schlechter Zustand  
starke Biofilme  
starke Ablagerungen

## LEGIONELLEN

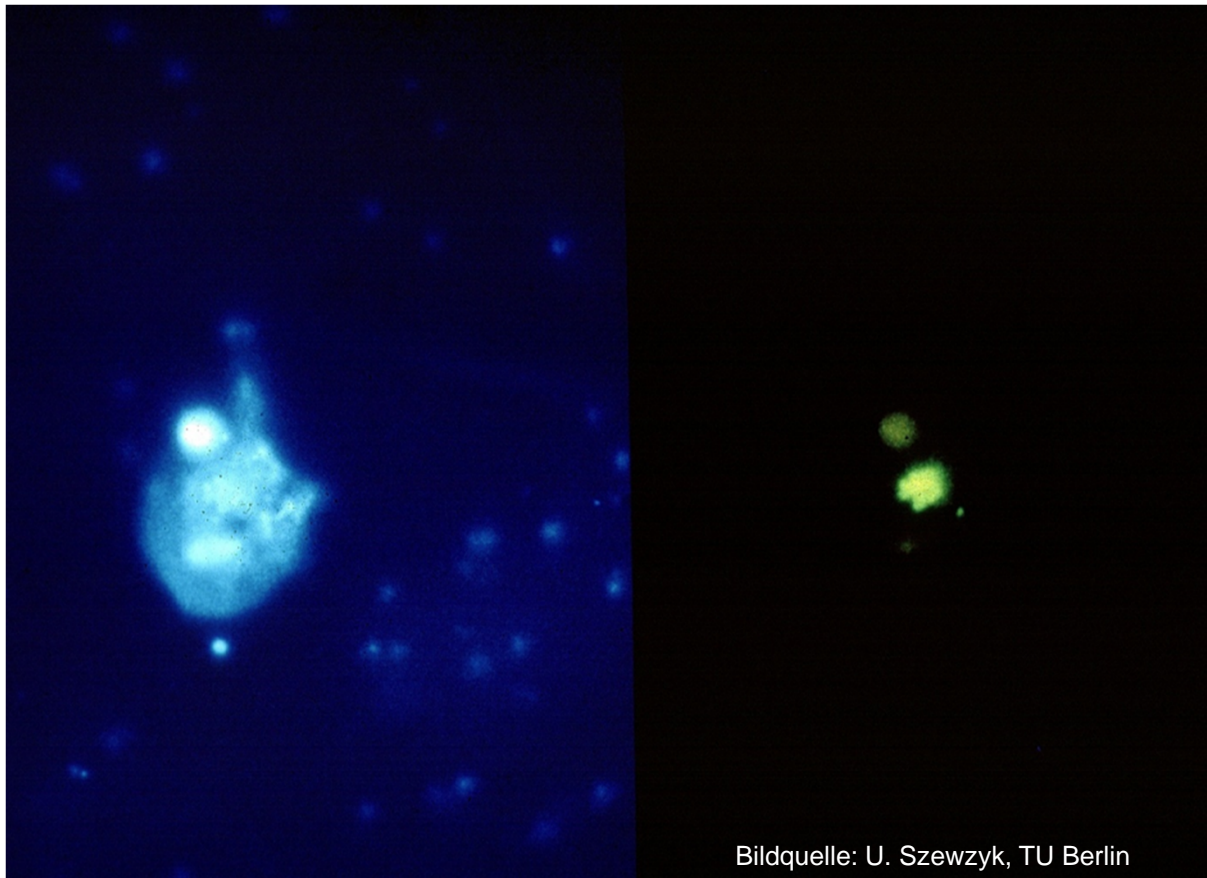
Amöben in einem aktiven, dicken Biofilm



Bildquelle: U. Szewzyk, TU Berlin

## LEGIONELLEN

Legionellen intrazellulär in einer Amöbe



Amöbe (mit DAPI blau) und Legionellen (durch „Gensonde“ (FISH) grün)

## 42. Bundesimmissionsschutzverordnung Legionellen

# VERDUNSTUNGSKÜHLANLAGEN

Wichtige Legionelloseausbrüche durch nasse Rückkühlwerke (1,2,4) und Luftwäscher (3) in Europa

Nr.	Jahr	Ort	Anzahl Erkrankte	Anzahl Todesfälle	Erkrankungen bis
1	2001	Murcia (Spanien)	800 (Verdacht) 449 (bestätigt)	6	1,3 km
2	2003/4	Harnes Pas-de-Calais Frankreich	86	18	10 km
3	2005	Sarpsborg Norwegen	56	10	10 km
4	2014	Vila Franca de Xira Portugal	417 (Verdacht) 334 (bestätigt)	10 (12)	3 km

aus: Exner et al. (2001), Umweltmed Forsch Prax 15:43-57, verändert



### GRÖßERE AUSBRÜCHE IN DEUTSCHLAND

- Ulm/Neu-Ulm 2010  
64 Fälle mit Legionellen-Pneumonie; 5 Todesfälle
- Warstein 2013  
160 Fälle mit Legionellen-Pneumonie; 2 Todesfälle
- Jülich 2014  
39 Fälle mit Legionellen-Pneumonie; ev. 1 Todesfall  
Quelle nicht gefunden
- Bremen 2016  
45 Fälle mit Legionellen-Pneumonie; 3 Todesfälle  
Quelle nicht gefunden

## VDI 2047 Blatt 2 (Verdunstungskühlanlagen)

- Blatt 2 im Januar 2015 als Weißdruck veröffentlicht (im Moment in Überarbeitung)

Anforderungen an:

- Planung, Errichtung und Inbetriebnahme
- Qualifikation und Schulung des Personals
- Betrieb und Instandhaltung  
regelmäßige Wartung und Reinigung  
mikrobiologische Untersuchungen
  - *Legionella* spp.
  - Koloniezahl
  - *Pseudomonas aeruginosa*

### VDI 2047 Blatt 3 (Kühltürme)

- Blatt 3 „Hygiene bei großen Naturzugkühltürmen“ in Bearbeitung (Gründruck Februar 2017)

Anforderungen an:

- Planung, Errichtung und Inbetriebnahme
- Qualifikation und Schulung des Personals
- Betrieb und Instandhaltung  
regelmäßige Wartung und Reinigung  
mikrobiologische Untersuchungen  
- *Legionella* spp.

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

Rechtliche Umsetzung durch:

42. Bundesimmissionsschutzverordnung (Vorsorge!)

Geltungsbereich 42. Bundesimmissionsschutzverordnung:

- Verdunstungskühlanlagen
- Kühltürme (> 200 MW, Naturzug)
- Nassabscheider

Aus dem Geltungsbereich ausgenommen u.a.:

- „trockene Wärmeübertrager“
- Anlagen mit für Legionellen ungünstigen Vermehrungsbedingungen (Temperatur, pH, Salzgehalt)

Gilt nicht für Biofilter

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

Inhalte der geplanten 42. Bundesimmissionsschutzverordnung:

- Anzeigepflicht zur Erfassung und Lokalisierung aller Verdunstungskühlanlagen
- Anforderungen an Beschaffenheit und Betrieb der Anlagen
- Stärkung der Betreiberverantwortung durch Eigenüberwachung und Verpflichtung zur Wartung
- Überwachung der Anlagen durch Dritte
- Festlegung von Meldeverpflichtungen und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Anzeigepflicht zur Erfassung und Lokalisierung aller Anlagen,
  - hilfreich im Ausbruchsfall zur schnellen Identifikation der Infektionsquelle
  - Neuanlage: spätestens 1 Monat nach Erstbefüllung
  - Altanlage: spätestens 6 Monate nach Inkrafttreten Verordnung (Standort, Betreiber, Anlagenart, Datum Inbetriebnahme)
  - Änderungen, Stilllegung, Betreiberwechsel (unverzögerlich, max. < 1 Monat)
  - Behörde kann Meldeformat festlegen

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Anforderungen an Beschaffenheit und Betrieb der Anlagen
  - orientieren sich an den Vorgaben der VDI 2047/2 + 3
  - nur allgemeine, wichtige Anforderungen
  - keine technischen Details
  - Wieder/Inbetriebnahme nach Checkliste

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Stärkung der Betreiberverantwortung durch Eigenüberwachung und Verpflichtung zur Wartung
  - regelmäßige Messung chemischer/physikalischer Parameter
  - Koloniezahlbestimmung nicht obligatorisch gefordert
  - regelmäßige Inspektionen
  - Dokumentation (u.a. Betriebstagebuch)



# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Überwachung durch Dritte
  - Regelmäßige mikrobiologische Untersuchungen des Kühlwassers
  - Probenahme und Analytik durch akkreditiertes Labor
  - Bei Verdunstungskühlanlagen alle 3 Monate auf die Parameter Koloniezahl und Legionellen
  - Bei Kühltürmen monatlich auf den Parameter Legionellen
  - Wenn zwei Jahre unauffällig ( $<$  Prüfwert 1)
    - Verlängerung der Intervalle

## BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Überwachung durch Dritte: Koloniezahl
  - Bestimmung eines **Referenzwertes** aus mindestens sechs aufeinanderfolgenden Untersuchungen
  - Falls kein Referenzwert bestimmt werden kann/wird: Konzentration aus Erstuntersuchung, aber höchstens 10.000 KBE/ml als Referenzwert
  - Bei Überschreitung um Faktor 100 oder mehr: Aufklärung der Ursachen, Maßnahmen

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Überwachung durch Dritte - Legionellen
  - Festlegung von **Prüfwerten** sowie von Maßnahmen bei Überschreitungen (Grundlage: VDI 2047/2 + 3)
  - Bei Verdunstungskühlanlagen
    - Prüfwert 1: 100 KBE/ 100 ml und
    - Prüfwert 2: 1.000 KBE/100 ml
  - Bei Kühltürmen
    - Prüfwert 1: 500 KBE/ 100 ml und
    - Prüfwert 2: 5.000 KBE/ 100 ml

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Meldeverpflichtungen und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr
  - Festlegung eines **Maßnahmewertes** für die Legionellenkonzentration, bei dessen Überschreitung eine unverzügliche Gefahrenabwehr notwendig ist
    - Bei Verdunstungskühlanlagen: 10.000 KBE/100 ml
    - Bei Kühltürmen: 50.000 KBE/ 100 ml
  - Bei Überschreiten dieser Konzentration muss eine Typisierung der Legionellen erfolgen in:
    - Legionella pneumophila* Serogruppe 1
    - Legionella pneumophila* Serogruppen 2-14
    - Legionella non-pneumophila*

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Meldeverpflichtungen und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr
  - Meldepflicht des Betreibers beim ersten Überschreiten dieses Maßnahmewertes an die zuständigen Behörden.
  - dadurch Berücksichtigung der Gesundheitsbehörden zur Abwehr der konkreten Gefahr möglich (Begründung).
  - unverzüglich gemeldet werden muss u.a.:  
Datum Probenahme, Ergebnis Legionellenuntersuchung, Prüflabor
  - innerhalb von 4 Wochen zusätzlich u.a.:  
Ergebnis Differenzierung Legionellen, Ursachen der Überschreitung, Maßnahmen

# BUNDESIMMISSIONSSCHUTZVERORDNUNG

- Überwachung durch Dritte
  - Regelmäßige Kontrolle der baulichen, organisatorischen und betrieblichen Anforderungen (alle 5 Jahre)
  - Durch öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen oder akkreditierte Inspektionsstelle Typ A
  - Betreiber muss Ergebnisse innerhalb von 4 Wochen an zuständige Behörde melden
  - Abweichende Anforderungen für genehmigungsbedürftige Anlagen möglich
  - Gestaffelte Umsetzungszeit für bestehende Anlagen

## NACHWEIS VON LEGIONELLEN

### **DIN EN ISO 11731-2 (2006)**

- für saubere Wässer
- MF mit Auflegen des Filters

### **ISO 11731 (1998)**

- für alle Wässer
- unterschiedliche Verfahren

### **Neu: ISO 11731 (2017)**

- Kombination der beiden ISO Normen
- Entscheidungsmatrix mit vorgegebenen Verfahren

## 42. Bundesimmissionsschutzverordnung Legionellen

### UBA EMPFEHLUNG

- Eine UBA-Empfehlung zum Nachweis von Legionellen in Verdunstungskühlanlagen, Kühltürmen und Nassabscheidern wird erarbeitet mit Angaben zu
  - Probenahme
  - Analytik und Messunsicherheit
  - Ergebnisangabe
- Empfohlene Ansätze:
  - Membranfiltration 20 ml mit Hitzebehandlung
  - Membranfiltration 20 ml mit Säurebehandlung
  - Ausplattieren 0,1 ml ohne Behandlung
  - Ausplattieren 1 x 0,1 ml + 2 x 0,5 ml Hitzebehandlung
  - Ausplattieren 2 x 0,5 ml mit Säurebehandlung
- Auswertung unter Berücksichtigung der Messunsicherheit



### UBA EMPFEHLUNG

Problem: Biozidinaktivierung bei der Probenahme

- Oxidative Biozide wie Chlor/Hypochlorit oder Chlordioxid können durch Natriumthiosulfat inaktiviert werden.
- Für nicht oxidative Biozide wie Isothiazolinone gibt es kein in der Praxis erprobtes Inaktivierungsverfahren → Minderbefunde
- UBA-Empfehlung:
  - Wahl der Probenahmestelle und Zeitpunkt der Probenahme
  - im Probenahmeprotokoll und im Prüfbericht aufführen
  - Probe möglichst zeitnah am Probenahmetag bearbeiten
- UFOPLAN Vorhaben zur Inaktivierung von nicht oxidativen Bioziden

### ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- Eine neue Bundesimmissionsschutzverordnung zu Verdunstungskühlanlagen, Kühltürmen und Nasswäschern ist der sinnvollste Weg zu einer rechtlichen Verankerung der Anforderungen an einen hygienischen Betrieb der Anlagen
- 42. Bundesimmissionsschutzverordnung bis Sommer 2017
- Neue ISO Norm 11731 voraussichtlich April 2017
- UBA-Empfehlung zum Nachweis von Legionellen in solchen Anlagen voraussichtlich April 2017

## Bundesimmissionsschutzverordnung Legionellen in Verdunstungskühlanlagen

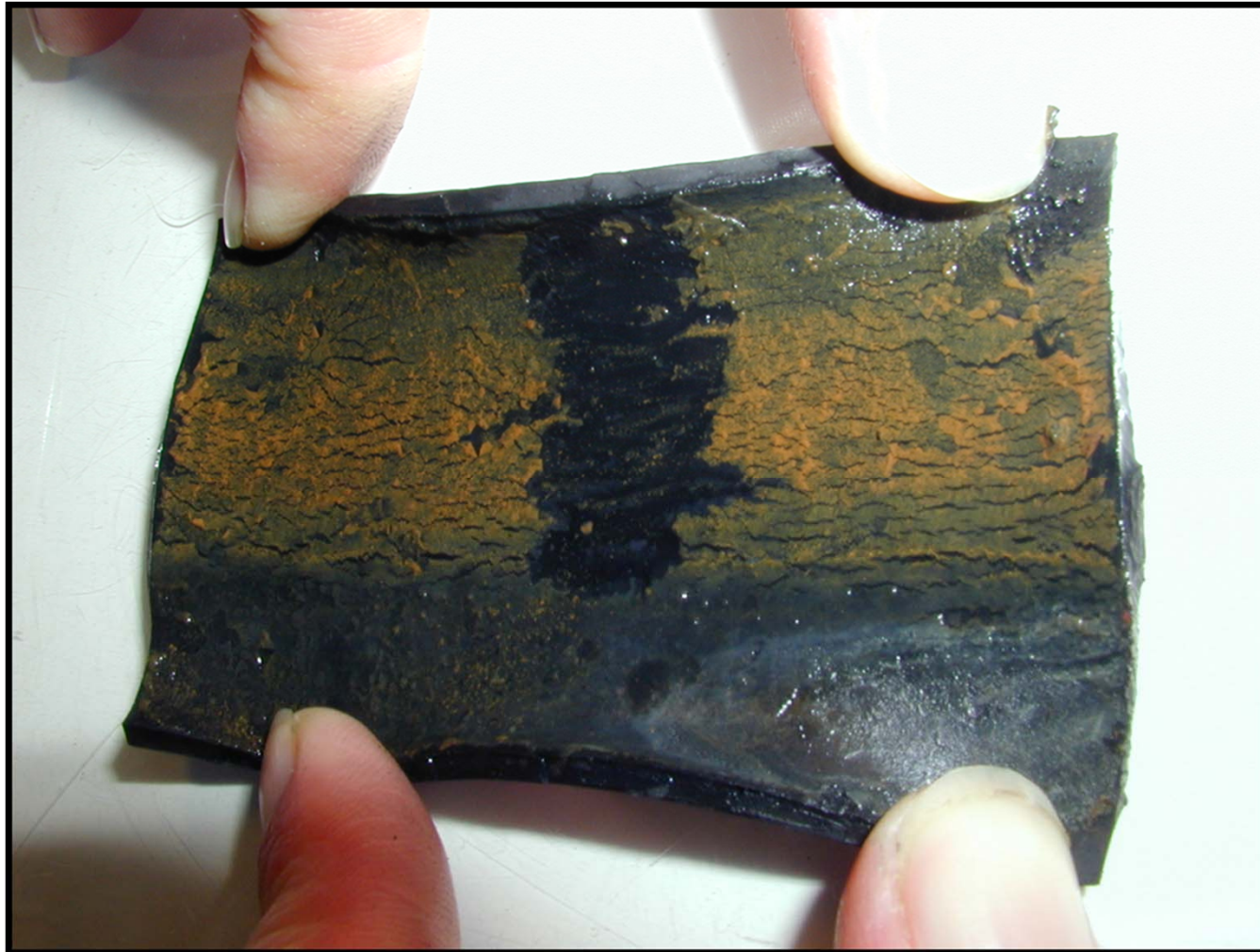


Bildquelle: R. Szewzyk, UBA

### VDI 2047 Blatt 2

<b>Legionella spp.</b> In KBE/100 ml	<b>Maßnahmen</b>
< 100	keine
100 - < 1.000	erneute Untersuchung bei Bestätigung der Konzentration monatliche Untersuchungen
1.000 - < 10.000	sofortige Stoßdosierung Biozid Ursachenermittlung monatliche Untersuchungen ggf. Erweiterung der Probenahmestellen
≥ 10.000	unverzögliche Gefahrenabwehr z.B. sofortige Stoßdosierung Biozid Erhöhung Absalzung Entleerung Reinigung und Desinfektion bau- und betriebstechnische Maßnahmen Außerbetriebnahme der Anlage Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeiter und Dritter

## LEGIONELLEN



Bildquelle: U. Szewzyk, TU Berlin

Legionellen in Trinkwassersystemen und Verdunstungskühlanlagen

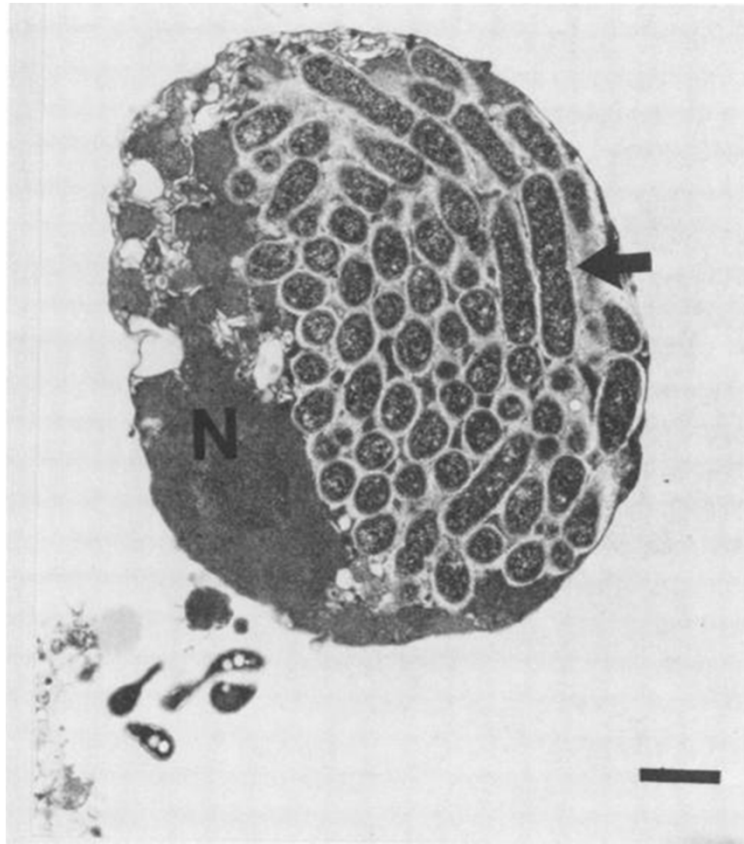
## ERKRANKUNGEN DURCH LEGIONELLEN

Legionellen intrazellulär in einem Lungenmakrophagen



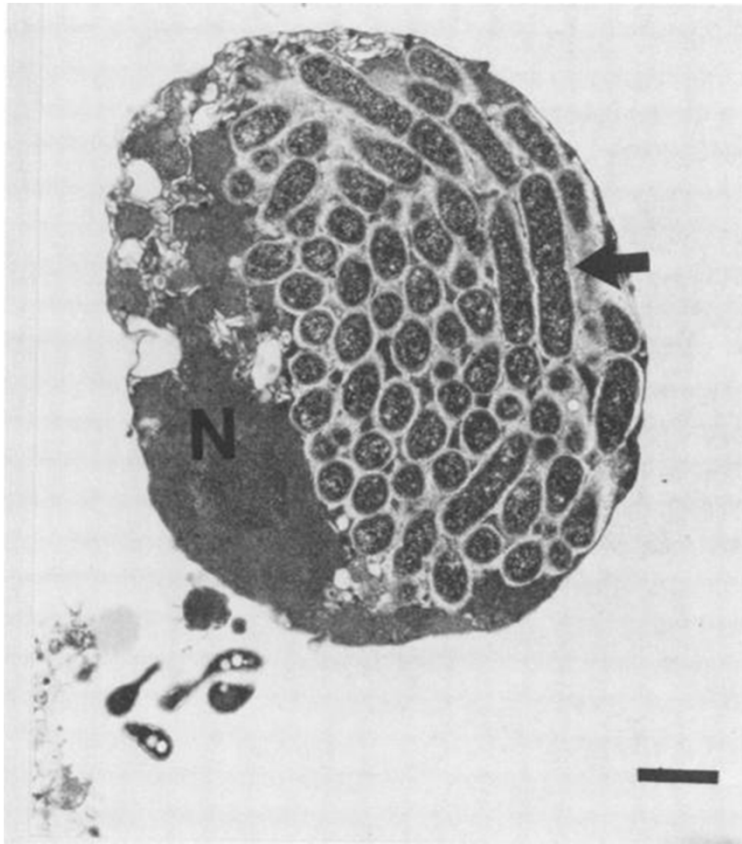
## ÖKOLOGIE DER LEGIONELLEN

Legionellen intrazellulär in einer Amöbe



## ÖKOLOGIE DER LEGIONELLEN

Legionellen intrazellulär in einer Amöbe



Legionellen intrazellulär in  
einem Makrophagen



## ERKRANKUNGEN DURCH LEGIONELLEN

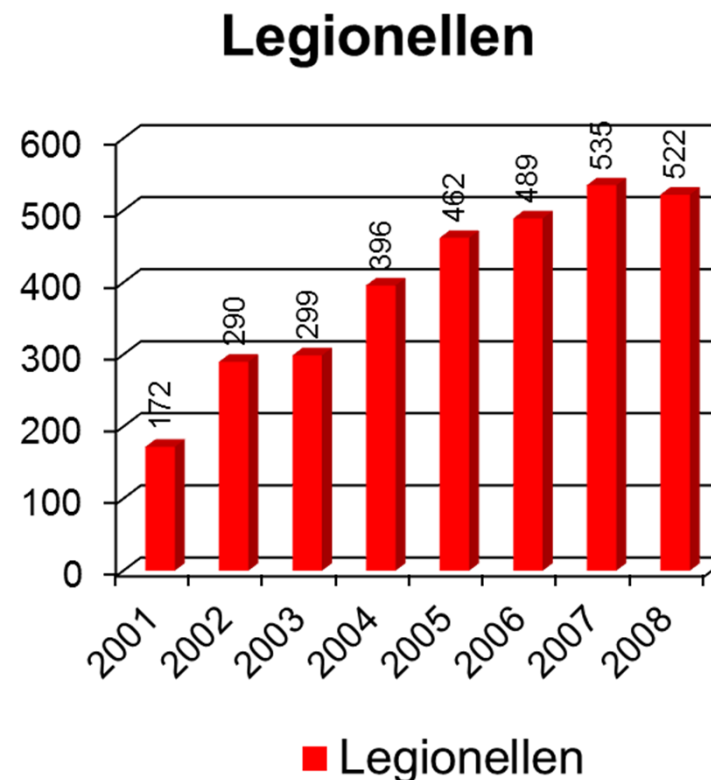
- Ein erhöhtes Erkrankungsrisiko haben:
  - Raucher
  - ältere Personen
  - Männer
  - Immunsupprimierte
  - Personen mit Lungenerkrankungen
  - Extremsportler (z.B. Triathleten)
  - Alkoholiker
  - Personen mit Nierenfunktionsstörung

## ERKRANKUNGEN DURCH LEGIONELLEN

- Diagnostik – Nachweis von Legionellose:
  - Legionella-Antigen im Urin (ELISA. LP 1)
  - PCR oder Kultivierung mit Proben aus Lunge (bronchoalveoläre Lavage, Lungengewebe, Trachealsekret, Sputum)

## ERKRANKUNGEN DURCH LEGIONELLEN

- Fallzahlen in Deutschland:  
(Meldepflicht nach  
Infektionsschutzgesetz)

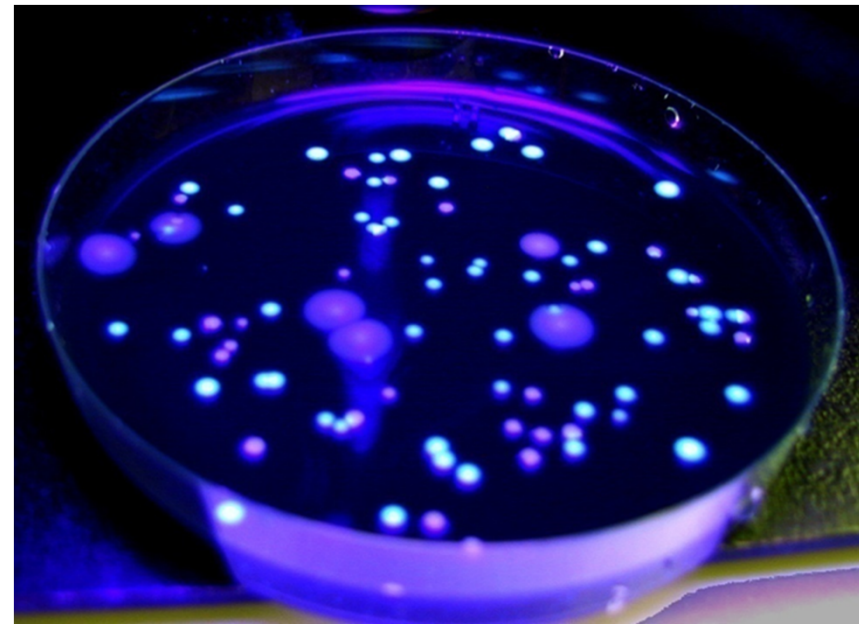


## LEGIONELLEN



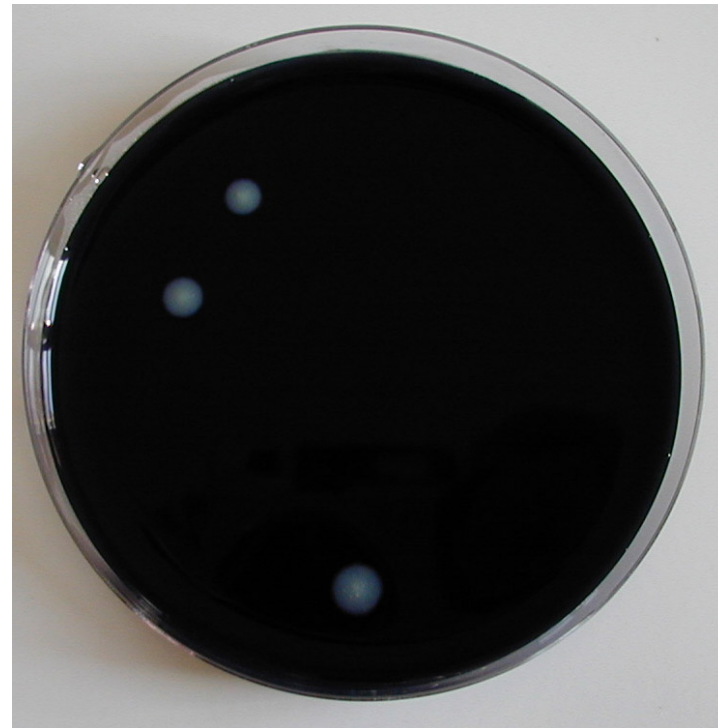
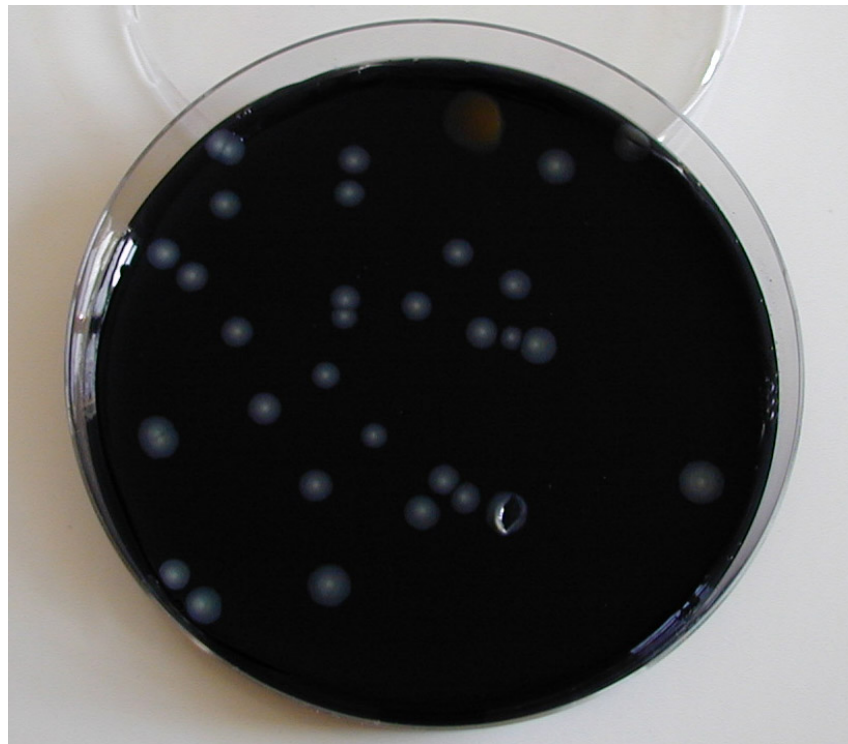
Bildquelle: R. Szewzyk, UBA

Mischkultur mit *Legionella pneumophila* und *Legionella sp.*



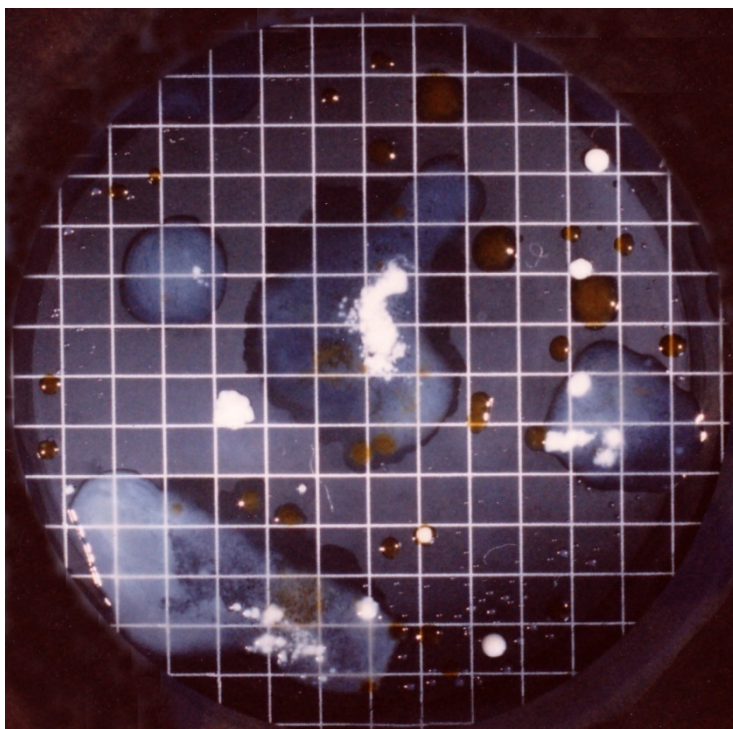
Blau-weiße Fluoreszenz der *Legionella sp.*-Kolonien

Trinkwasser –  
Nachweis von Legionellen

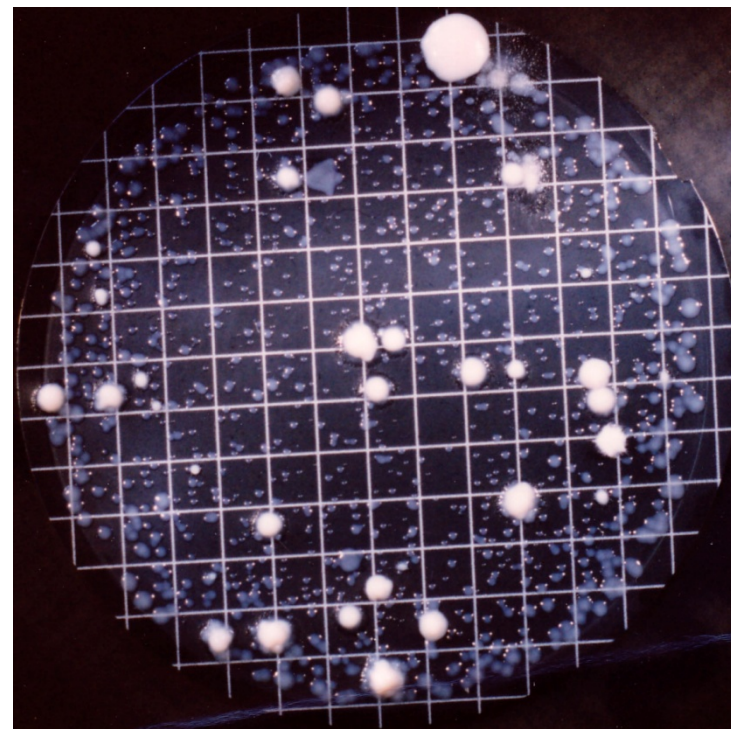


*Legionella pneumophila*

Trinkwasser –  
Nachweis von Legionellen

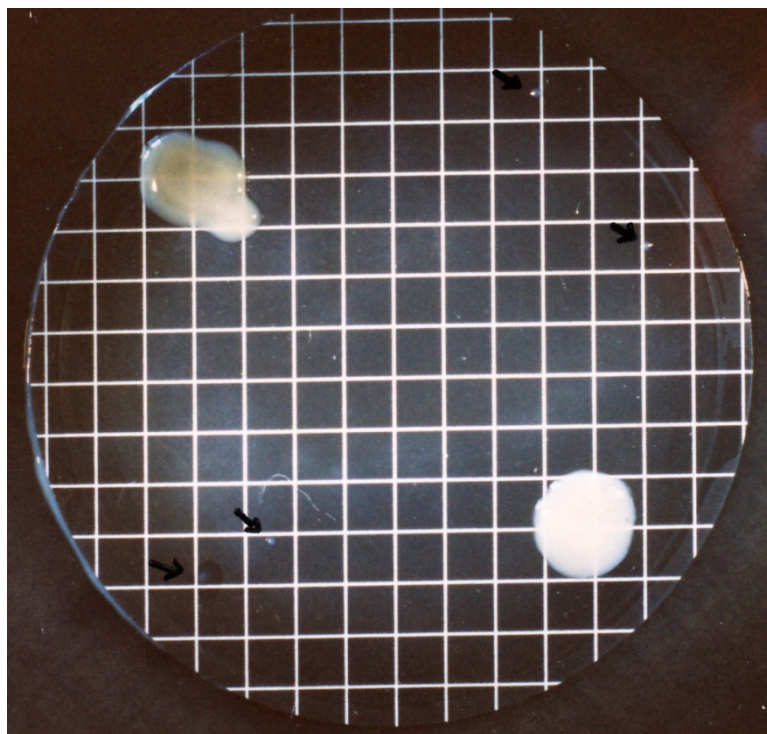


100 ml  
ohne Säurebehandlung

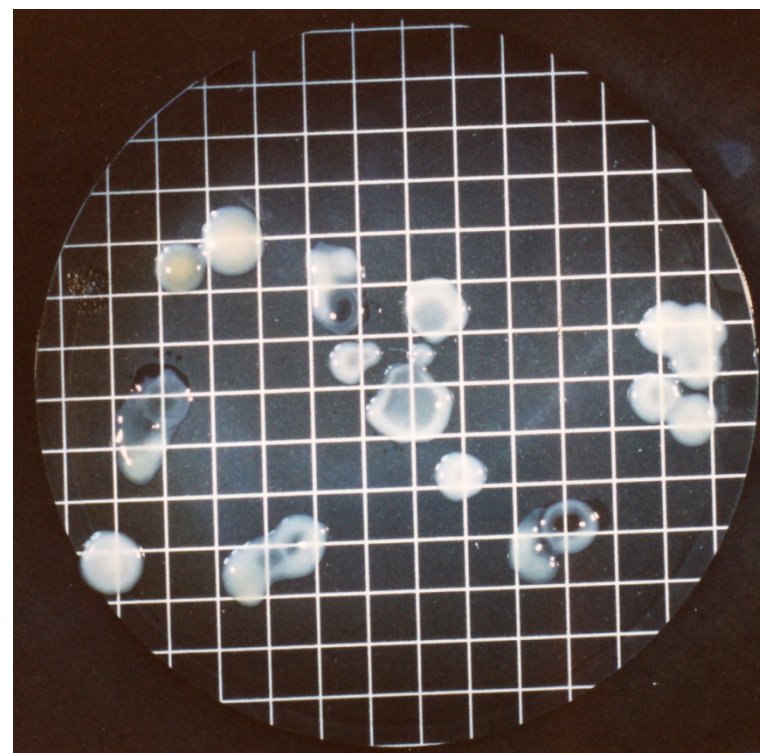


100 ml  
mit Säurebehandlung

Trinkwasser –  
Nachweis von Legionellen



1 ml ohne  
Säurebehandlung



10 ml ohne  
Säurebehandlung