

# Hygieneanforderungen an die Wasseraufbereitung aus der VDI 2047-2



# Legionellen-Ausbrüche 2000 – 2015 (Auswahl)

## Verdunstungskühlanlagen (offene Kühltürme)

Stadt oder Land	Anwendungsbereich der VKA	Zeitraum	Erkrankte (Tote)
Ulm/Neu-Ulm	Klimaanlage	Dez./Jan. 09/10	64 (5)
Warstein	Industriebetrieb	Aug./Sept. 2013	165 (3)
Jülich	Quelle noch unbekannt	Aug./Sept. 2014	42 (2?)
Lissabon	Verdunstungskühlanlage Düngemittelhersteller	Okt./Nov. 2014	336 (10)
New York	Verdunstungswasseraufbereitung	Juli 2015	133 (16)

## Einführung in die VDI 2047-2

VDI 2047-2  
Januar 2015

# Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen (VDI-Kühlturmregeln)

## Einführung in die VDI 2047-2

### Gefahren - Risiken

- Schutz der Bevölkerung und Arbeitsschutz
- Biofilmbildung aufgrund großer Oberflächen
- Optimale Vermehrungsbedingungen für Mikroorganismen
  - Nährstoffe
  - Temperaturen
  - Feuchtigkeit
  - Mikroorganismenvielfalt
- Korrosionen, Ablagerungen durch zu hohe Eindickung im Kreislauf und Wärmeeinwirkung bzw. Sauerstoffzufuhr

# Einführung in die VDI 2047-2

## Ziele der Richtlinie

- Betriebssicherheit von Verdunstungskühlanlagen sicherstellen
- Minimierung der Risiken – diese können jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden
- Berücksichtigung der Wasserhygiene bei Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung
- Für bestehende Anlagen gilt als Ziel: Einhaltung der Hygieneanforderung – dann können diese Anlagen weiterbetrieben werden

# Einführung in die VDI 2047-2

## Wege – Maßnahmen – Grundsätze zur Zielerreichung

- Systemaufnahme und Beschreibung
- Kontrolle kritischer Parameter
- Konsequente Durchführung von Maßnahmen
- Qualifizierung des Personals
- Zugänglichkeit aller Geräte, Apparate, Komponenten
- Vollständige Entleerbarkeit der Komponenten
- Berücksichtigung der Kreislaufwasserqualität
- Minimierung des Tropfenauswurfs
- Gefährdungsbeurteilung

# Aufbau und Funktion

## Hygiene- anforderungen

- Alle Instandhaltungen und Desinfektionen müssen durchführbar sein
- Komponenten müssen zugänglich sein
- Stagnation ist unbedingt zu vermeiden
- Komponenten müssen entleerbar sein (Wasserverteilung, Rohrleitungen, Pumpen)
- Qualität des Wassers berücksichtigen

# Aufbau und Funktion

## Hygiene- anforderungen

- Werkstoffauswahl
- Wasserbehandlung
- Tropfenaustrag
  - Minimieren
  - Luftgeschwindigkeit < Durchrissgeschwindigkeit
  - Tropfenabscheider müssen demontierbar sein
- Schutzgitter, Luftgitter, Jalousien installieren

## Aufbau und Funktion



### Ursachen für Mikroorganismenbelastung in VKA

- Offene Systeme und Kreisläufe
- Stoffeintrag ist leicht möglich
  - Von außen
  - Durch das Wasser
  - Insgesamt aus dem Prozess
- Aerosolbildung
- Große Oberflächen
- Nährstoffe und Temperaturen

# Aufbau und Funktion

## Erstbefüllung

### Grundsätzliches beachten

- Schwankungsbreite der Wasserinhaltsstoffe (chemisch, mikrobiologisch) an der Übergabestelle muss bekannt sein
- Zu überprüfende Parameter: Koloniezahl, *Pseudomonas aeruginosa*, Legionellen ssp.
- Aktuelle Analyse des Wasser (nicht älter als 7 Tage)
- Wasseraufbereitung / Desinfektion muss kontrolliert in Betrieb gehen
- Nach Aufnahme des Betriebs mit thermischer Last ist die Funktion der Absalzeinrichtung zu prüfen

# Hygienegrundlagen bei Verdunstungskühlanlagen

Gesundheits-  
risiken

Wichtige Organismen

- Legionellen
- Pseudomonaden

Häufige und ausgeprägte Biofilmbildung möglich

Warum?

# Hygienegrundlagen bei Verdunstungskühlanlagen

Bevorzugtes Auftreten von Biofilmen

- Innenwandung von Rohrleitungen
- Bei Wärmeüberträger und
- auf Füllkörper
- Tropfenabscheider
- Armaturen
- Versprüheinrichtungen
- Pumpen

# Hygienegrundlagen bei Verdunstungskühlanlagen

## Wesentliche Einflussfaktoren bei der Biofilmbildung

- Anorganische Substanzen (Mineralien, Feststoffe)
- Schlamm, Schmutz, Korrosionsprodukte
- Zusammensetzung des Wassers
- Temperatur, Feuchtigkeit, Nährstoffe
- Hydraulik, Fließgeschwindigkeiten, Stagnation
- Werkstoffe
- Lichteinfall (bei Algenbildung wichtig)
- Desinfektionsmittel, Biozide

# Einflussfaktoren auf die Vermehrung von Mikroorganismen

- Temperatur – wichtigster Faktor
- pH-Wert
- Verfügbarkeit von Wasser
- Verfügbarkeit von Sauerstoff
- Nährstoffe
- Zeit – Stagnation – Oberflächen
- Desinfektionsmittel



Steckthermometer

## Nachweis von Legionellen



Probenvolumen 1 ml



Probenvolumen 100 ml

Angabe im Prüfbericht:  
Höherer Wert in KBE / 100 ml

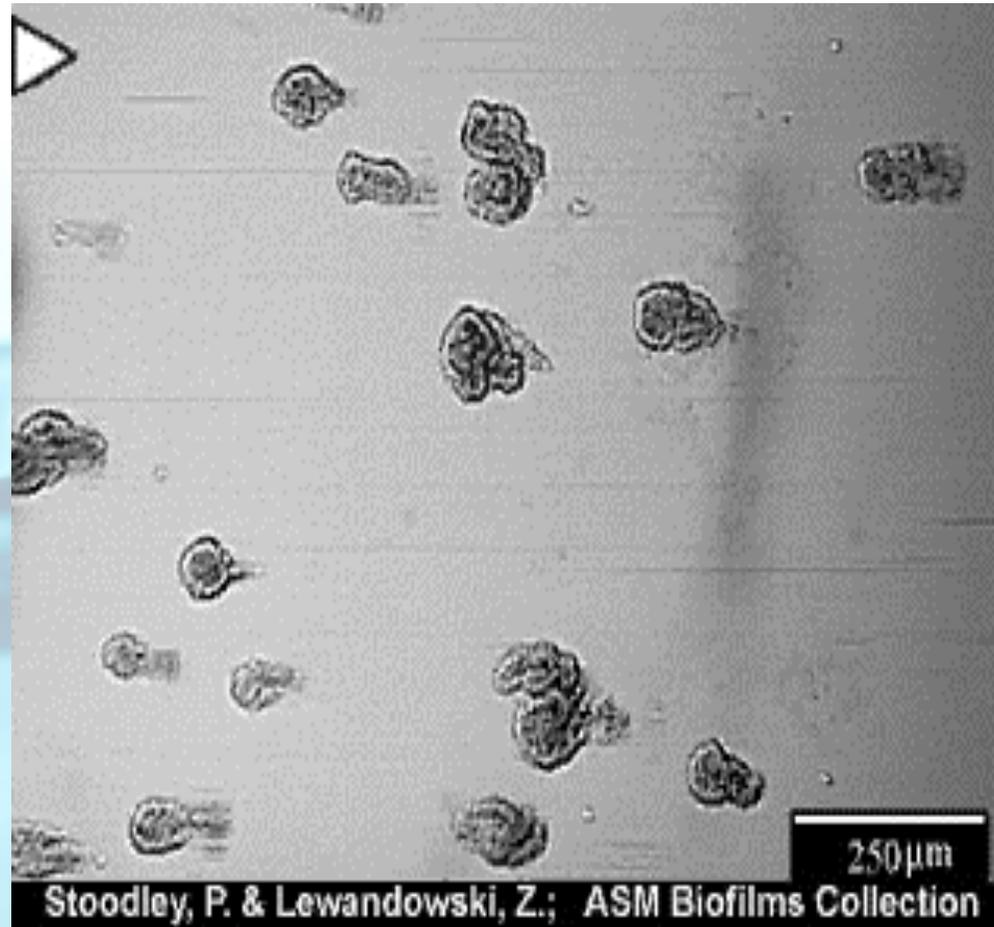
## Einflussfaktoren - Biofilm

### Biofilme in Verdunstungs- kühlanlagen

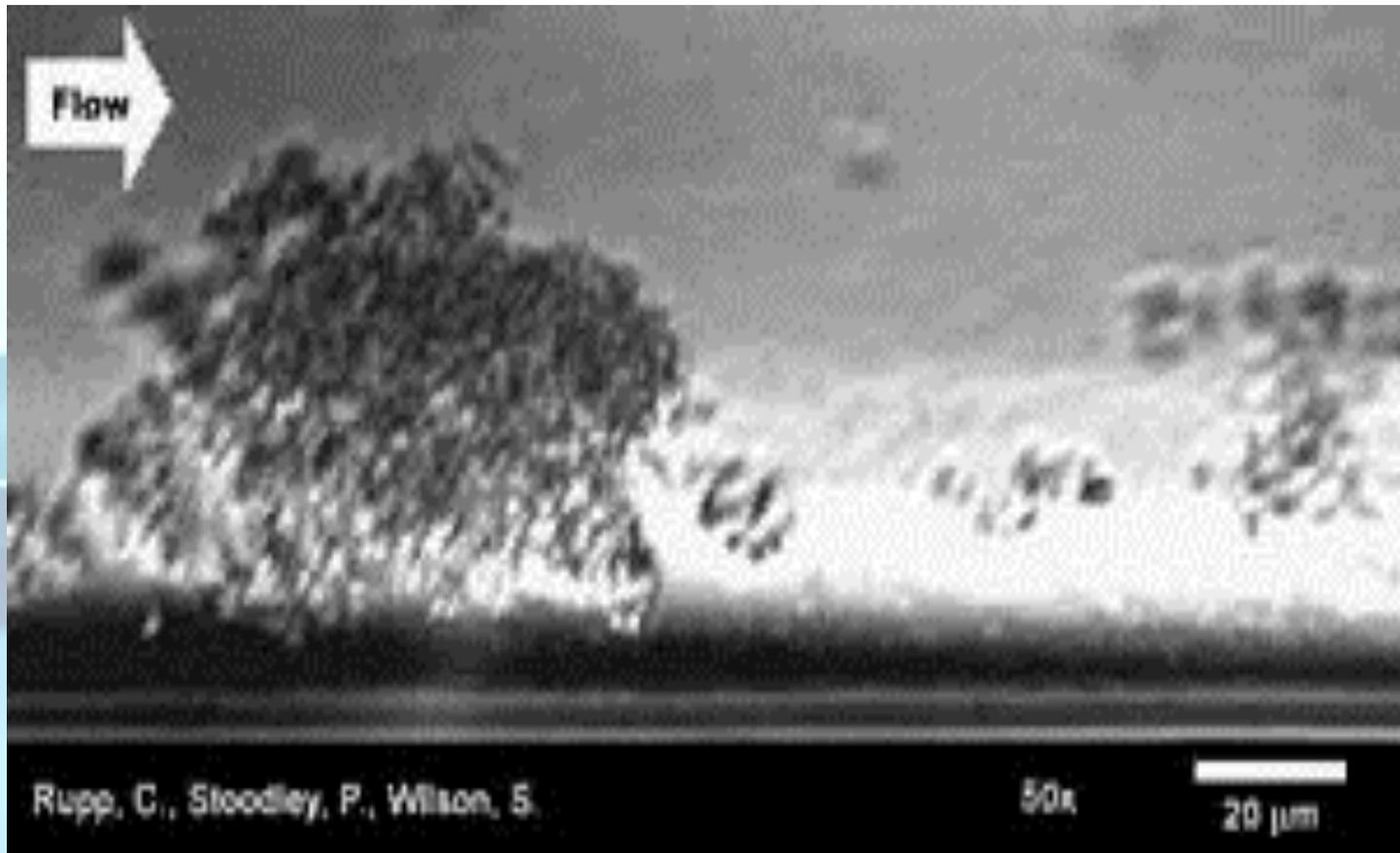
### Biofilme spielen in Verdunstungskühlanlagen eine zentrale Rolle

- Mineralische Ablagerungen
- Schmutz, Schlamm, Korrosionsprodukte
- Hydraulische Bedingungen
- Lichteinfall
- Werkstoffe
- Biozideanwendung

# Biofilme



# Biofilme



# Auswirkungen von Biofilmbildungen

In Verdunstungs-  
kühlanlagen

- Depot und Freisetzung von Organismen
- Volumenströme / Hydraulik verringert bzw. beeinträchtigt
- Wärmeübertragung beeinträchtigt
- Korrosionen möglich
- Insgesamt Leistungsverluste

# Aerosole - Verdunstungskühlanlagen

Hohe Bedeutung  
von Aerosolen /  
Schwebeteilchen

- Adsorption von Mikroorganismen an Aerosolen
- Stabilität ist abhängig von:
  - Zusammensetzung
  - Lufttemperatur
  - Luftfeuchtigkeit
- Legionellen in Amöben sind austrocknungsgeschützt
- Bei Gefriertrocknung können Legionellen länger überleben

# Mikrobiologische Bestimmungen und Probenahme



## Bedeutung einer sachgerechten Probenahme

– Einfluss auf das Ergebnis  
Die Probenahme ist der wichtigste Teilschritt bei der Ermittlung der Untersuchungsergebnisse und liegt in der Verantwortung des Probenehmers

Probenahme 0 – 1.000 %

Probenvorbereitung 0 – 100 %

Analytik 0 – 10 %

Auswertung 0 – 1 %

## Regelmäßige Laboruntersuchungen nach VDI 2047-2

- Akkreditierte Labore mit Schutzstufe 2
- Probenehmer: Qualifikation nach VDI 2047-2 oder VDI 6022
- Probenentnahme nach DIN EN ISO 19458
- Probenahmeort: vorzugsweise aus dem Kreislauf zwischen laufender Pumpe und Versprühung/Berieselung
- Probenahmehahn: desinfizierbar, abflammbar

**Wichtiger Hinweis 1:** Die Probenahme muss so erfolgen, dass sie nicht durch Bioziddosierung verfälscht wird. Die Probenahmestelle muss in Strömungsrichtung vor der Bioziddosierstelle liegen

# Regelmäßige Laboruntersuchungen nach VDI 2047-2

**Wichtiger Hinweis 2:** Der Zeitpunkt der Probenahme muss den Normalbetrieb widerspiegeln und soll vor einer Stoßdosierung des Biozids erfolgen

Parameter	Bezeichnung	Untersuchungsintervall
Allgemeine Koloniezahl	Überwachungsparameter	monatlich
Pseudomonas aeruginosa (optional)	Überwachungsparameter	Monatlich (optional)
02 Legionellen ssp.	Hygienisch	vierteljährlich

# Regelmäßige Laboruntersuchungen nach VDI 2047-2

## Allgemeine Koloniezahl

- Zur Überwachung des mikrobiologischen Normalzustandes – „Nulllinie“
- Festlegung der Nachweismethode
- Wechsel der Nachweismethode erfordert Neubestimmung des Normalzustandes
- Ermittlung Nulllinie: wöchentlich über mind. 3 Monate
- Abweichung vom Normalzustand zeigt prozessrelevante Störungen an

# Allgemeine Koloniezahl

## Maßnahmen bei Veränderungen

Allgemeine Koloniezahl	Veränderung	Maßnahmen (Ausschnitt)
	Keine	Keine
	≥ 10-fach	Ursachenermittlung, Mängelbeseitigung, Wiederholung Untersuchung, Aufbereitung/ Desinfektion
	≥ 100-fach	Nachbeprobung, Stoßdosierung, Erweiterung Probenahmestellen, gleiche Maßnahmen wie bei 10-fach

# Legionellen

## Maßnahmen bei Veränderungen

Legionellen  
KBE/100 ml

Veränderun g	Maßnahmen (Ausschnitt)
< 100	Keine
100 bis < 1000	Wiederholung Untersuchung, bei Bestätigung: monatliche Untersuchung
1000 bis < 10000	Sofortige Stoßdosierung, Ursachenermittlung, Betriebsweise anpassen, monatliche Untersuchung, Probenahmestellen erhöhen
> 10000	Gefahrenbucher, Stoßdosierung

# *Pseudomonas aeruginosa*

## Maßnahmen bei Veränderungen

<i>Pseudomonas aeruginosa</i> KBE/100 ml	Veränderung	Maßnahmen (Ausschnitt)
	< 100	Keine
	100 bis < 1000	Kontrolle Wasseraufbereitung, Wiederholung Untersuchung, bei Bestätigung: monatliche Untersuchung
	> 1000	Sofortige Kontrolle Wasseraufbereitung, ggf. Desinfektion, Kontrolle der

# Wasserchemie und Korrosion

## Verfahren der Wasseraufbereitung im Frischwasser

### Entfernung von Feststoffen

- Fällung, Flockung (Entfernung sedimentierten Stoffen)
- Enteisung / Entmanganung
- Filtration (Entfernung von festen Stoffen)

### Entfernung von gelösten Stoffen

- Enthärtung (Entfernung von Calcium und Magnesium)
- Entcarbonisierung
- Membrantechnik (zur Entsalzung) – Teil- oder Vollentsalzung

# Wasserchemie und Korrosion

## Verfahren der Wasseraufbereitung im Kreislaufwasser

Entfernung von Feststoffen

- Filtration

Dosierung von Stoffen

- Härtestabilisatoren
- Korrosionsinhibitoren
- Dispergiermittel

Begrenzung der mikrobiologischen Belastungen

- Biozide
- UV-Bestrahlung

Kreislaufabsalzung

# Betrieb und Instandhaltung

## Grundsätzliches

- Betrieb und Instandhaltung unter hygienischen Aspekten!
- Umfasst folgendes:
  - Allgemeine Hinweise zu Betrieb und Instandhaltung
  - Gefährdungsbeurteilung
  - Hygienekontrollen
  - Chemisch bzw. chem. / physikalische Kontrollen
- Dokumentation in Form eines Betriebshandbuchs (Anlagenschema, Daten, Werkstoffe, Betriebsweise, etc.)

# Betrieb und Instandhaltung

## Gefährdungsbeurteilung

- Gefährdungsbeurteilung unter hygienischen Aspekten ist obligatorisch
- Erstellung durch fachkundige Person mit
  - VDI-Zertifikat nach VDI 2047-2 oder
  - VDI-Zertifikat nach VDI 6022
- Gefährdungsbeurteilung besteht aus:
  - **Risikoanalyse**: Identifizierung und Risiko bzgl. des potenziellen Schadens und der Eintrittswahrscheinlichkeit
  - **Risikobewertung**: Priorisierung von Risiken bzgl. potenzieller Auswirkungen auf die hygienische Sicherheit und die Maßnahmen daraus

# Betrieb und Instandhaltung

## Gefährdungsbeurteilung

### Zu beachten

- Änderungen müssen hygienisch beurteilt werden und sind zu dokumentieren
- Festlegung repräsentativer Probenahmestellen
- Aus der Gefährdungsbeurteilung ergibt sich ein Maßnahmenplan

## Fazit

- Mikrobiologisches Risiko in Verdunstungskühlanlagen kann hoch sein
- Komplexes System – Gesundheitsrisiken können hoch sein
- Technische Richtlinie vorhanden: VDI 2047-2
- Organismen: Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa* als Schwerpunkt
- Mikrobiologische Analytik ist umfangreich
- Wasseraufbereitung ist notwendig
- Gefährdungsbeurteilung: Risikoanalyse und Risikobewertung