

## Bewertung von Legionellen-Befunden im Badewasser

Dr. Meike Kramer  
RheinEnergie AG  
Parkgürtel 24  
50823 Köln  
0221 178 4135  
m.kramer@rheinenergie.com



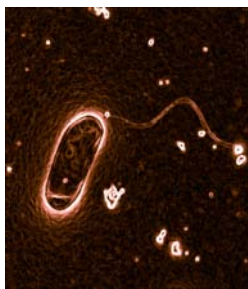
RheinEnergie

## Bewertung von Legionellen-Befunden im Badewasser

- Legionellen als Krankheitserreger
- Legionellenanalytik und Interpretation von Analyseergebnissen
- Wie kommen Legionellen ins Beckenwasser?
- Die alte Frage: Welche Konzentrationen sind gefährlich?
- Vom Grenzwert zum Maßnahmewert
- Perspektiven der neuen DIN 19643

RheinEnergie

## Legionellen



Quelle: <http://nicholemogen.wordpress.com>

aerobe stäbchenförmige Bakterien  
gramnegativ  
nicht sporenbildend

Familie: Legionellaceae  
Gattung: Legionella  
Arten: zurzeit ca. 50 bekannt  
Serogruppen: 70

*Legionella pneumophila* (Serogruppe 1)  
für Erkrankungen beim Menschen am  
bedeutsamsten

nicht mit üblichen Nährmedien kultivierbar  
erst 1977 entdeckt

RheinEnergie

## Legionellen – Nahrungsspezialisten in Biofilmen

- ubiquitäres Vorkommen
- spezialisierte Biofilm-Organismen
- hohe Ansprüche an die Nährstoffzusammensetzung
- langsames Wachstum
- Vermehrung in Amöben
- wärmeliebend



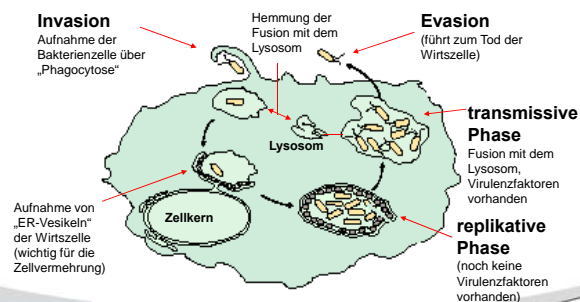
Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Legionellen>

## Optimale Vermehrungsbedingungen in technischen Wassersystemen

- Warmwasser > 25°C und < 55°C
- Biofilme (begünstigt durch mikrobiell verwertbare Nährstoffe)

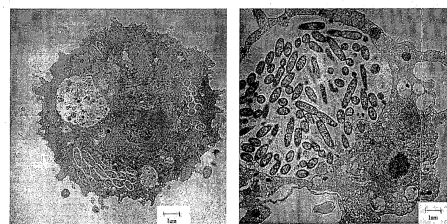
RheinEnergie

## Intrazellulärer Vermehrungszyklus von *Legionella pneumophila*



RheinEnergie

## Legionellen vermehren sich in Amöben



Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Amöbe mit Legionellen in mehreren Vakuolen (frühes Befallstadium)

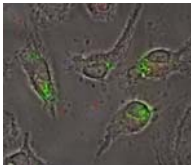
Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Amöbe mit Legionellen in einer einzigen Vakuolen (spätes Befallstadium)

Aufnahmen: Prof. Tiefenbrunner

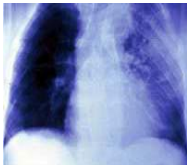
RheinEnergie

### Legionellen als Krankheitserreger - Vermehrung in Makrophagen-Zellen der Lunge -

- werden über lungengängige Aerosole eingeatmet
- befallen Alveolarmakrophagen und vermehren sich dort
- können das Lungengewebe schädigen (Virulenzfaktoren)



Humane Makrophagen, die mit Legionellen infiziert sind. Im Bild sieht man Legionellen, die das grün-fluoreszierende Protein (GFP) exprimieren.  
Bild: Hubert Hilbi



Röntgenbild einer von Legionellen befallenen Lunge  
Quelle: Epidemiologisches Bulletin, Robert Koch-Institut, Nr. 45/2003

**Rhein Energie**

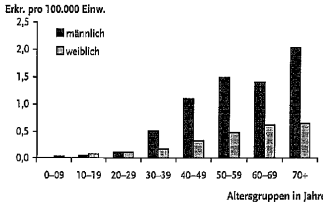
### Legionellen als Krankheitserreger -harmloses Pontiac-Fieber oder schwere Lungenentzündung

	Pontiac-Fieber	Legionella-Pneumonie
Inkubationszeit	1 – 2 Tage	2 – 14 Tage
Symptome	Erkältungssymptome <b>ohne Lungenbeteiligung!</b>	Erkältungssymptome <b>mit Lungenbeteiligung!</b> (Lungenentzündung)
Krankheitsverlauf	folgenlose Genesung nach ca. 2 – 5 Tagen	ohne medikamentöse Behandlung schwerer Verlauf, bleibende Schäden möglich, z.T. tödlich
Therapie	symptomatisch	Einsatz bestimmter Antibiotika

**Rhein Energie**

### Wer kann sich infizieren?

- Prinzipiell jeder !
- Besonders gefährdet sind
  - Immungeschwächte und/oder ältere Menschen
  - Personen mit chronischen Atemwegserkrankungen
  - Raucher und/oder Menschen mit hohem Alkoholkonsum
  - Männer (häufiger als Frauen)



Erkr. pro 100.000 Einw.

■ männlich  
□ weiblich

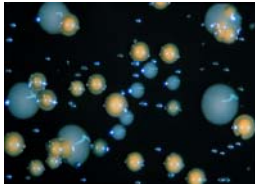
Altergruppen in Jahren

Abb. 3: An das RKI übermittelte Fälle von Legionärskrankheit nach Alter und Geschlecht, Deutschland, 2006 (n = 483)  
Quelle: Epidemiologisches Bulletin 47/2009

**Rhein Energie**

### Nachweis von Legionellen

Untersuchung gemäß ISO 11731 „Nachweis von Legionella sp.“ und Empfehlung des Umweltbundesamtes “Nachweis von Legionellen in Trinkwasser und Badebeckenwasser” Bundesgesundheitsblatt, 43, 11, S. 911-915 (2000)



#### Kultivierung auf Selektivnährboden (GVPC)

essenzieller Nährstoff: **L-Cystein**  
 Wachstumsunterstützung: Hefeextrakt, Eisen(III)pyrophosphat, α-Ketoglutarat  
 Hemmung der Begleitflora: Glycin, Vancomycin, Polymyxin B, Cycloheximid  
 pH-Wert-Einstellung: Puffer (pH 6,90 ± 0,05)  
 Entgiftung: Aktivkohle

**Rhein Energie**

### Bestätigungsreaktion



Ausstrich einer verdächtigen Kolonie auf 2 verschiedenen Agarplatten



Wachstum auf Selektivagar mit Cystein



Kein Wachstum auf Selektivagar ohne Cystein

**Rhein Energie**

### Unterschiedliche Probevolumina für verschiedene Konzentrationsbereiche

- **Direktansatz (Ausplattieren)**  
Einsatz von maximal 0,5 ml Probe
- **Membranfiltration**  
viel größeres Probevolumen möglich





**Rhein Energie**

### Untersuchungsgang gemäß UBA-Empfehlung (Mindestuntersuchungsumfang)

**Rhein Energie**

### Auswertungsbeispiele

Analyse von Legionellen in einer Filtratprobe (Bezugsvolumen 100 ml)

Ansatz	Probevolumen	KBE	Ergebnis 1*	Ergebnis 2**
Direktansatz	0,5 ml	3	4 KBE/ml	400 KBE/100 ml
Direktansatz	0,5 ml	1		
Membranfiltration	100 ml	188	228 KBE/110 ml	207 KBE/100 ml
Membranfiltration	10 ml	40		
Endergebnis der Analyse: 400 KBE/100 ml				

\*Berücksichtigung des tatsächlich untersuchten Probevolumens

\*\*Umrechnung auf ein einheitliches Bezugsvolumen (i.d.R. Bezugsvolumen des Richtwertes)

Ansatz	Probevolumen	KBE	Ergebnis 1*	Ergebnis 2**
Direktansatz	0,5 ml	0	1 KBE/ml	100 KBE/100 ml
Direktansatz	0,5 ml	1		
Membranfiltration	100 ml	102	117 KBE/110 ml	106 KBE/100 ml
Membranfiltration	10 ml	15		
Endergebnis der Analyse: 106 KBE/100 ml				

**Rhein Energie**

### Technische Ursachen für Legionellen im Beckenwasser

- Legionellen können sich vor allem in Festbettfiltern bei Wassertemperaturen ab 23°C vermehren
- hohe Schmutzfracht und ungenügende Filterspülung fördern das Anwachsen von Biofilmen und damit die Grundlage für eine Legionellenbesiedlung
- Adsorptiv wirksame Filtermaterialien mit hohem Chlorzehrungspotenzial führen zur Abwesenheit von Desinfektionsmittel in tieferen Filterschichten und begünstigen die Verkeimung

**Rhein Energie**

### Technische Regeln zu Anlagenbetrieb, hygienisch-mikrobiologischer Überwachung, Sanierung

DIN 19643, 1997  
„Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“  
Teile 1 - 5

„Hygieneanforderungen an Bäder und deren Überwachung“  
Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Schwimm- und Badebeckenwasserkommission  
Bundesgesundheitsblatt 9/2006

**Rhein Energie**

### Untersuchungsumfang und Grenzwerte

	Beckenwasser	Filtrat
<i>Legionella pneumophila</i> *	0 KBE/ml	0 KBE/100 ml
<i>Legionella species</i> **	0 KBE/ml	0 KBE/100 ml

\* DIN 19 643 von 1997<sup>2)</sup>  
\*\* Empfehlung des Umweltbundesamtes zu Hygieneanforderungen an Bäder von 2006<sup>3)</sup>

- Untersuchung auf Legionellen im Beckenwasser und im Filtrat ab Temperaturen von 23°C und wenn Einrichtungen vorhanden sind, bei deren Betrieb Aerosole entstehen
- Legionella spec.* soll weder im Beckenwasser, noch im Filtrat nachweisbar sein
- Positivbefunde im Beckenwasser müssen dem Gesundheitsamt gemeldet werden. Es resultiert ein Nutzungsverbot für das Badebecken nach § 37 (2) Infektionsschutzgesetz.

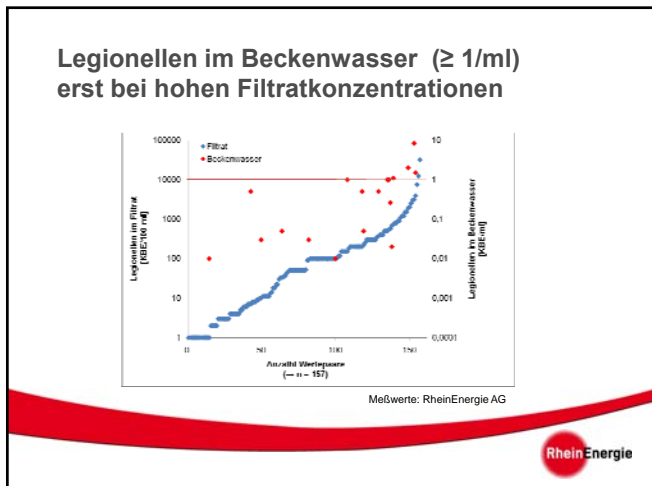
**Rhein Energie**

### Bewertung von Legionellen-Konzentrationen in Abhängigkeit vom Bezugsvolumen

KBE	Volumenbezug	Bewertung
> 100 000	1000 ml	extrem hohe Kontamination
> 10 000	100 ml	
> 100	1 ml	
> 10 000	1000 ml	hohe Kontamination
> 1000	100 ml	
> 10	1 ml	
≥ 1000	1000 ml	mittlere Kontamination
≥ 100	100 ml	
≥ 1	1 ml	
≤ 1000	1000 ml	keine nachweisbare / geringe Kontamination
≤ 100	100 ml	
≤ 1	1 ml	

Quelle: Kommentar zum DVGW Arbeitsblatt W 551

**Rhein Energie**



### Erkrankungsrisiko ab welcher Konzentration?

**Erkrankungsrisiko nicht nur konzentrationsabhängig,** sondern

- von der Virulenz der Erreger (bisher nicht erfassbar)
- vom Immunstatus bzw.
- der Disposition einer Person

**Anzahl der Mikroorganismen x Virulenz**  
Spezifischer Immunstatus  
oder Abwehr-Disposition des Wirts

Quelle:  
Exner et al. (2009): Umweltmed Forsch Prax 14 (4) 207-224

**100 KBE/ 100 ml\***  
\*Maßnahmewert der neuen TrinkwV

**Bisherige Maßnahmewerte**

- empirisch ermittelt
- eignen sich zur Zustandsbewertung technischer System
- haben sich im Rahmen des Risikomanagements bewährt

### Bewertung und Sanierungsbedarf orientierende Untersuchung im Trinkwasser

sinngemäß nach DVGW Arbeitsblatt W551 (2004)

Legionellen KBE/ 100 ml	Maßnahme	Weitergehende Untersuchung*
> 10.000	Nutzungseinschränkung Unverzügliche Desinfektion, Sanierung ist angezeigt	unverzüglich
> 1.000	Sanierung ist angezeigt	umgehend
$\geq 100$	Keine (wenn Nachprobe wieder Legionellen enthält, ist die Sanierung angezeigt)	innerhalb von 4 Wochen
< 100	Keine	Keine

\* zur Ursachenklärung

### Maßnahmewerte für das Beckenwasser

sinngemäß zu erwarten in der neuen DIN 19643

Legionellen KBE/ 100 ml	Maßnahme	Weitergehende Untersuchung
> 10.000	sofortiges Nutzungsverbot	
> 1.000	Nutzungsverbot, Filterspülung, Desinfektionsmittelzugabe kontrollieren, weitergehende Maßnahmen*	wiederholte Nachuntersuchungen von Beckenwasser und Filtrat
$\geq 100$	aerosolbildende Einrichtungen abschalten, Desinfektionsmittelzugabe kontrollieren, weitergehende Maßnahmen*	wiederholte Nachuntersuchungen von Beckenwasser und Filtrat
< 100	Nachuntersuchung von Beckenwasser und Filtrat	Nachuntersuchung von Beckenwasser und Filtrat
0	keine	keine

\* Gesundheitsamt und Fachleute einbeziehen

### Maßnahmewerte für das Filtrat

sinngemäß zu erwarten in der neuen DIN 19643

Legionellen KBE/ 100 ml	Maßnahme	Weitergehende Untersuchung
> 1.000	Filterspülung Überprüfung der Aufbereitung weitergehende Maßnahmen* ggf. Nutzungseinschränkung	Nachuntersuchungen von Beckenwasser und Filtrat
1 bis 1.000	Filterspülung Überprüfung der Aufbereitung weitergehende Maßnahmen*	Nachuntersuchungen von Beckenwasser und Filtrat
0	keine	keine

\* Gesundheitsamt und Fachleute einbeziehen

### bau- und betriebstechnische Maßnahmen zur Vermeidung einer Filterverkeimung

**Minimierung des Verkeimungspotenzials im Filter:**

- Verfahrenstechnische Optimierung der Filtration und der Filterspülung (maximaler Schmutzaustrag bei fluidisierender Spülung)
- Optimierung der Flockung
- Vermeiden zu langer Filterstandzeiten
- regelmäßige desinfizierende Spülung mit gechlortem Spülwasser

**Wahl alternativer Aufbereitungstechniken:**

- Sandfiltration in Kombination mit Pulveraktivkohle statt Mehrschicht- oder Korngohlefiltration
- Membranfiltration statt Festbettfiltration: Verfahrenskombination nach DIN 19643, Teil 4 (liegt im Entwurf vor)

## Sanierung - verfahrenstechnische Maßnahmen -

### Filterdesinfektion:

- Thermische Desinfektion kann in der Regel wegen Materialunverträglichkeit nicht angewandt werden
- Zum Ablösen von Biofilmen sind mechanische und chemische Maßnahmen erforderlich (z.B. Scheuerdesinfektion)
- Hohe Chlorkonzentrationen (10 - 50 mg/L)
- Chlorzehrende Filtermaterialien können nicht immer erfolgreich desinfiziert werden (Materialaustausch)



## Zusammenfassung

Die vorgesehenen Änderungen in der überarbeiteten DIN 19643 erleichtern dem Betreiber die Bewertung einer Kontamination im Beckenwasser und das rechtzeitige Einleiten von Gegenmaßnahmen:

- Einheitliches Bezugsvolumen von 100 ml
- Konzentrationsabhängige Maßnahmewerte
- *Legionella species* statt *Legionella pneumophila*



## Copyright

Copyright 2009 der RheinEnergie AG. Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die RheinEnergie AG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Die vorliegenden Angaben werden von der RheinEnergie bereitgestellt und dienen ausschließlich zu Informationszwecken. Die RheinEnergie übernimmt keinerlei Haftung oder Garantie für Fehler oder Unvollständigkeit in dieser Publikation.

Die RheinEnergie steht lediglich für Produkte und Dienstleistungen nach der Maßgabe ein, die in der Vereinbarung über die jeweiligen Produkte und Dienstleistungen ausdrücklich geregelt ist. Aus den in dieser Publikation enthaltenen Informationen ergibt sich keine weiterführende Haftung. Sofern diese Publikation Verweise auf Internetseiten enthält, die nicht von der RheinEnergie verantwortet werden, so ist die RheinEnergie für diese Inhalte nicht verantwortlich.

RheinEnergie AG  
Parkgürtel 24  
50823 Köln

