

Vergleichende Untersuchung von Entkeimungssystemen in RLT Anlagen

Das unmittelbare Umfeld von mehreren Millionen Menschen wird heute durch raumluftechnische Anlagen (RLT Anlagen) beeinflusst. Gemäß VDI-Berichten klagt etwa ein Viertel dieser Personen über Befindlichkeitsstörungen.

Einleitung

Anlaß für die vergleichende Untersuchung mehrerer Entkeimungssysteme war der aktuelle Bedarf in einem Verwaltungszentrum, in dem die Qualität der Luftbefeuchtung zu verbessern war.

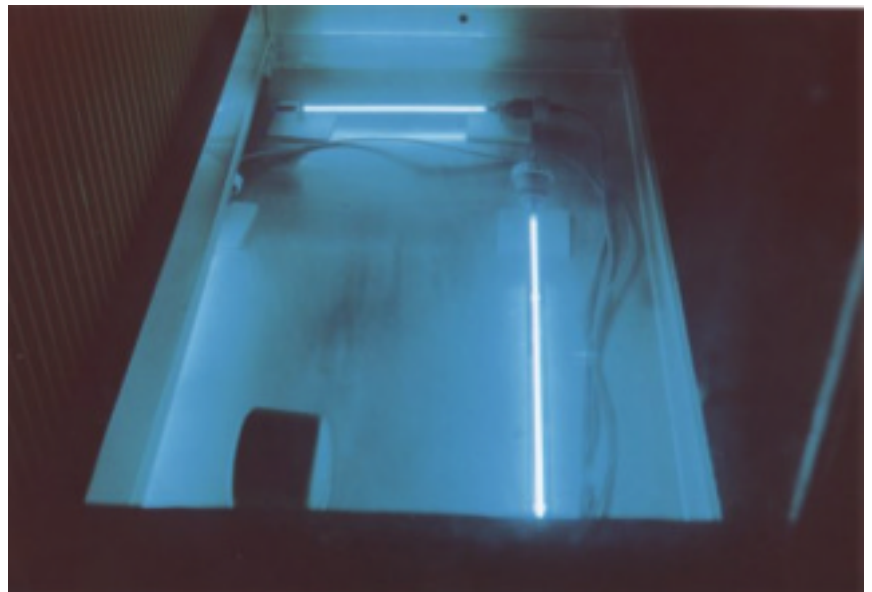
Ziel war die Erarbeitung von Beschaffungsgrundlagen mit einwandfrei vergleichbaren Resultaten. Ermöglicht wurde dies, da das Verwaltungszentrum die gleichen technischen Rahmenbedingungen für die verschiedenen Entkeimungsmethoden bzw. -anlagen zur Verfügung stellen konnte. Es verfügte über sechs identisch gebaute, dem selben Zweck dienende und unter gleichen äußeren Bedingungen arbeitende RLT-Anlagen¹.

Das Wäscherwasser von fünf Anlagen wurde mit unterschiedlichen UVC Desinfektionsanlagen entkeimt², eine Anlage arbeitete wie bisher, mit einem Wasserstoffperoxyd-Präparat.

Vier der Anbieter installierten sogenannte Durchlaufreaktoren (vergleichbar auch mit den **sterilAqua**® AQD Durchlaufgeräten), durch die das Wäscherwasser mittels zusätzlicher Pumpe in einem externen Aggregat desinfiziert wurde. In einer Anlage wirkten **sterilAqua**® AQT Tauchstrahler direkt im Wäscher.

- Ansteuerung und Kontrolle des Systems über das zentrale Gebäudeleitsystem,
- Wartungs- und Serviceanforderungen, sowie
- Anschaffungs- Ersatz- und Betriebskosten.

Das Untersuchungsprogramm wurde durch den Verantwortli-



Die Entkeimungsanlagen wurden nach folgenden Kriterien geprüft:

- Desinfektionsleistung der verschiedenen Entkeimungsmethoden,
- Konzept und System-sicherheit,
- technische Ausführung und Eignung unter den betrieblichen Gegebenheiten,

chen der Haustechnik dieses Verwaltungszentrums ausgearbeitet und überwacht. Für die fachtechnische Durchführung der Hygieneuntersuchung zeichnete sich das Hygieneinstitut des Ruhrgebietes verantwortlich.

Alle weiteren beschaffungsrelevanten Ergebnisse wurden vom firmeneigenen technischen Dienst erarbeitet.

Befindlichkeitsstörungen durch RLT Anlagen

Die Symptome können in zwei unterschiedliche Kategorien zusammengefaßt werden:

SBS = Sick-Building-Syndrom und

BRI = Building Related Illness.

Der Begriff SBS umfaßt eine Vielzahl von unspezifischen Symptomen³. Für alle spezifischen medizinischen Erkrankungen im Zusammenhang mit Innenraumluftproblemen⁴ steht der Begriff BRI.

Neben den gesundheitlichen Problemen sind vor allem auch ökonomische Aspekte in den Blickpunkt des Interesses gerückt. So belegt eine EU Studie⁵, daß mit einer optimierter Klimatisierung eine Kostenreduktion um den Faktor 8 gegenüber den Kosten erreichbar ist, die durch eine 1% häufigere krankheitsbedingte Abwesenheit von Angestellten entstehen.

Als häufigste Ursache für die Problematik der Innenluftqualität muß heute der Einsatz von Luftbefeuchtern (Wäscherkammern) in RLT-Anlagen gesehen werden. Bestimmender Faktor ist hierbei der Belastungsgrad des genutzten Wäscherwassers. Eine mikrobiologische Kontaminierung des Wäscherwassers⁶ von 1.000 KBE/ml⁷ gilt nach den geltenden VDI Richtlinien inzwischen allgemein als Grenzwert für Sprühbefeuchter-Umlaufwässer. Gleichzeitig ist das behandeln des Befeuchterwassers nur "mit physikalischen oder mit auf Brauchbarkeit geprüften Stoffen"⁸ zulässig. Die VDI 6022 geht in dieser Hinsicht noch weiter, sie fordert einen Nachweis der Unbedenklichkeit entsprechender Wasserzusätze.

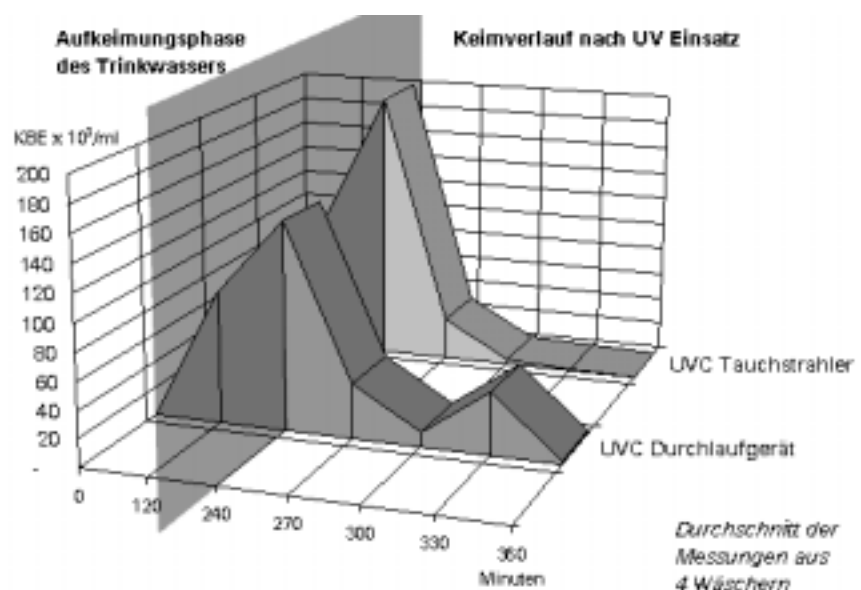
Als Desinfektionsmittel kommen heute meist Biozide zum Einsatz, deren toxikologische Unbedenklichkeit jedoch nur bedingt gesichert ist. Über den Luftstrom gelangen diese Zusatzstoffe in klimatisierte Räume, wodurch eine chronisch sensibilisierende Wirkung auf Personen nicht ausgeschlossen werden kann. Aus hygienischer Sicht ist deshalb die Bekämpfung des Bakterienwachstums in Wäscherkammern mit diesen Mitteln abzulehnen.⁹

Als wirkungsvolle Alternative zum Einsatz von Bioziden setzen sich in den letzten Jahren verstärkt UVC Entkeimungsanlagen zur Desinfektion von Befeuchterwässern durch. Diese Desinfektion hat den Vorteil ohne Chemikalien und Dosierungsprobleme auszukommen. Gleichzeitig beugt diese Methode der Resistenzbildung bestehender Bakterienstämme vor.

UV-Strahler wirken über die Lichtstrahlung der Wellenlänge (100 - 280 nm = UVC), indem sie das Erbmateriale (DNA), von Mikroorganismen inaktivieren und damit zum Zelltod führen. Als Nachteil der UV Desinfektion - im Vergleich zu Bioziden - gilt die mangelnde Depotwirkung, d.h. bei einer Unterbrechung der Bestrahlung kann es innerhalb kurzer Zeit zu einer starken Kontaminierung des Wäscherwassers kommen.

Diesem Nachteil kann man durch zwei Verfahrensweisen begegnen:

1. Durch Anwendung technischer Überwachungseinrichtungen, wie sie bei der Methode der Durchlaufentkeimung zum Einsatz kommt, oder
2. mit konzeptionellen Maßnahmen, wie bei den direkt im Wäscherwasser eingesetzten **sterilAqua®** AQT Tauchstrahlern.



Methoden und Material der mikrobiologischen und hygienischen Prüfung

In der hier beschriebenen Untersuchung zur Ermittlung der Desinfektionswirkung verschiedener Entkeimungsmethoden und verschiedener Systeme wurden die zur Verfügung gestellten Wäscherkammern gereinigt und mit Trinkwasser befüllt. Um eine erhöhte Kontamination des Wäscherwassers zu erreichen, wurde die RLT Anlage 4 ½ Std. ohne Entkeimung betrieben. Nach der Inbetriebnahme der Entkeimungsanlagen wurden im halbstündigen Abstand Proben entnommen, um die Desinfektionsleistung innerhalb von 2 Stunden zu ermitteln.¹⁰

Die Desinfektionswirkung wurde in zwei Untersuchungsreihen von je vier Wochen Dauer¹¹ sowohl mit Trinkwasser der öffentlichen Wasserversorgung¹², als auch mit Osmose-

wasser¹³ getestet. Zu Beginn und zum Ende der Untersuchungsreihen wurden die Proben zusätzlich auf Fäkalindikatoren¹⁴, fakultativ pathogenen Bakteriengattungen bzw. -arten¹⁵ und auf Aktiomyceten¹⁶ analysiert.

Alle Wasserproben wurde auf die Koloniezahl von Bakterien¹⁷ und Pilzen¹⁸, sowie auf den TOC -Wert¹⁹ untersucht. Als Nährmedien wurden Gelatine- und R2A-Agar²⁰, verwendet.

Die Verwendung beider Nährmedien ermöglicht den Vergleich zur DIN 1946 und bietet ein umfassendes Bild über die in den Wäscherwässern tatsächlich vorhandenen Mikroorganismen.

Die erste Probenahme erfolgte jeweils unmittelbar nach dem Befüllen der Wäscherkammern, um eine möglicherweise vorliegende bakterielle Grundbelastung der Kammern festzustellen. Anschließend wurden zwei Probenahmen je Woche

durchgeführt.

Die eine erfolgte immer am ersten Arbeitstag nach dem Wochenende, bevor die Lüftungsanlagen eingeschaltet wurden, die zweite am jeweils letzten Arbeitstag vor dem Wochenende während des normalen Betriebs der RLT-Anlage. Die mikrobiologische Qualität des Wäscherwassers wurde dadurch in den beiden Extremfällen erfaßt.

Hygienische Kriterien

Aus hygienischer Sicht sind Wäscherwässer bis zu 1000 KBE/ ml (DIN 1946/ VDI 6022) für die Luftbefeuchtung in RLT-Anlagen geeignet. Darüber und bis zu 10.000 KBE/ ml besteht dringender Handlungsbedarf in Form einer eingehenden Kontrolle der Desinfektionseinrichtungen. Bei Koloniezahlen über 10.000 KBE/ml sollte die RLT-Anlage grundsätzlich außer Betrieb genommen werden.

Beurteilung des Einsatzes von Desinfektionsmethoden und -anlagen.

Beurteilung der Desinfektionsleistung.

Einsatz von Bioziden

In der Wäscherkammer, in der mit einem Wasserstoffperoxyd-Präparat entkeimt wurde, konnte in keiner der Proben bis zum Versuchsende eine bakterielle Kontamination nachgewiesen werden. Auch in den zusätzlichen Untersuchungen bezüglich der Besiedelung in



Abbildung des neuen AQT 2000 compact

Gegenüber den in der Untersuchung verwandten Tauchstrahlern zeichnet sich dieser durch eine höhere Leistungsfähigkeit und um 50% verlängerte Lebensdauer aus.

und an den Sprühdüsen der Anlage, sowie an den inneren Oberflächen der Wäscherkammer waren die Resultate ebenfalls gut, da alle wasserbenetzten Teile vom Desinfektionsmittel erfaßt werden. Einzig die Untersuchung Pilzkulturen zeigte in einigen Proben einen geringen Befall.

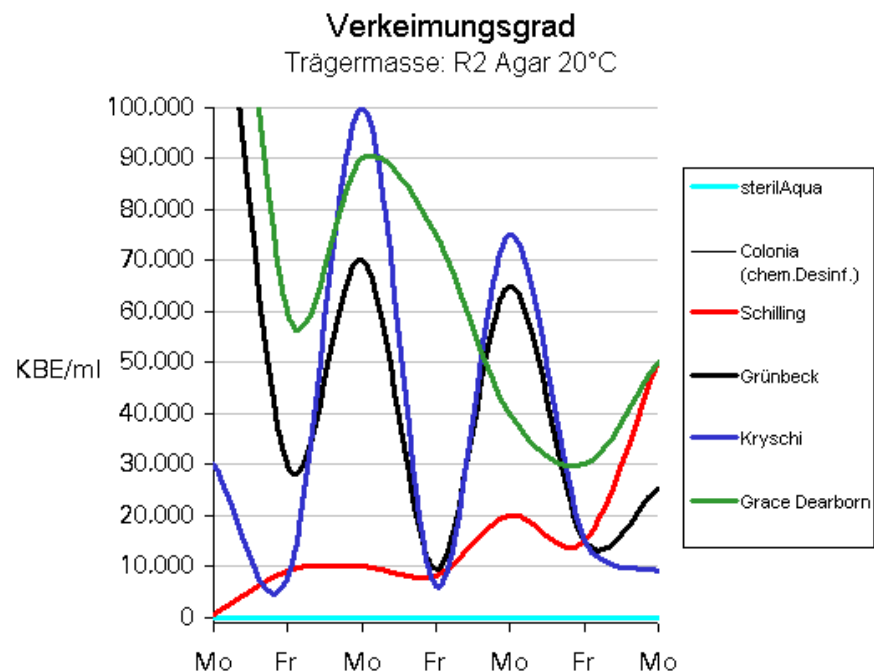
Aus Sorge um eine gesunde, mit Zusatzstoffen unbelastete Innenluftqualität wurde das - aus mikrobiologischer Sicht - einwandfreie Resultat als ungeeignet abgelehnt.

Einsatz von UVC Desinfektionsanlagen (allgemein)

Als Alternativmethode ohne chemische Zusatzstoffe kommen UVC Strahlen zur Desinfektion von Nutzwasser in Wäscherkammern zum Einsatz. Durch UVC Bestrahlung des Wassers kann die mikrobiologische Kontamination auf einem aus hygienischer Sicht ausreichend niedrigem Niveau gehalten werden. Die Ergebnisse treffen sowohl für die Gesamtkeimzahl zu, als auch auf die zusätzlichen Prüfungen auf Fäkalindikatoren¹⁴, fakultativ pathogene Bakteriengattungen¹⁵ bzw. -arten und Aktiomyzeten¹⁶.

Die Untersuchungen bezüglich der Besiedlung im Bereich der Sprühdüsen und an den inneren Oberflächen der Wäscherkammern zeigten jedoch, daß der Einsatz von UVC Strahlen zu Entkeimungszwecken grundsätzlich keinerlei Depotwirkung hat²¹.

Von dieser Beobachtung ausgehend ist der Einsatz von Durchlaufreaktoren zur Desinfektion von Umlaufwassern



systembedingt von Nachteil, eine Bestrahlung erfolgt nur in einem kleinen, abgegrenzten Bereich des Systems.

Die direkte Bestrahlung innerhalb der Wäscherkammer mit **sterilAqua®**-Tauchstrahlern führte deshalb bei allen Prüfungen zu wesentlich besseren Ergebnissen.

Durchlaufstrahler

Praktisch gleichwertige, befriedigende Ergebnisse lieferten die Durchlaufstrahler-Anlagen, die mit je einem UVC-Strahler und zugehöriger Umwälzpumpe das Wasser außerhalb der Wäscherkammer entkeimen. Die Kontamination mit Bakterien und Pilzen pendelte in einem akzeptablen Bereich. Allerdings sind, z.T. durch konzeptionelle und konstruktive Mängel bzw. Herstelleranweisungen wiederholt erhöhte Kontaminationen festgestellt worden. Die Zielvorstellung von ca. 1.000 KBE/ ml im Wäscher-

wasser zu Beginn des Lüftungs-betriebs nach den Wochenend-pausen konnte deshalb nicht immer eingehalten werden.²²

Tauchstrahler

Das aus hygienischer Sicht beste Untersuchungsergebnis wurde durch den Einsatz von **sterilAqua®** Tauchstrahlern direkt im Wasser der Wäscherkammer erzielt.²³

Hier lagen die Koloniezahlen meist bei 1 KBE/ ml, oftmals jedoch an bzw. unterhalb der Nachweisgrenze.

Der nach DIN 1946 und VDI 6022 festgelegte Richtwert von 1.000 KBE/ ml wurde daher weit unterschritten.

Die überdurchschnittlich guten Testergebnisse konnten auch in nachfolgend weitergeführten Untersuchungen unabhängiger Institute bestätigt werden.²⁴

Beurteilung von Konzept, Systemsicherheit und Eignung im betrieblichen Umfeld

Ein Mehrfachsystem, wie es das **sterilAqua®** Tauchstrahler-Konzept ist, bietet konstruktionsbedingt eine höhere Betriebs- und Funktionssicherheit als Anlagen, die mit nur einer Wirkungseinheit und zusätzlichen Anlagekomponenten belastet sind. Tauchstrahler sind einfach im Aufbau und weisen keine dem Verschleiß unterworfenen mechanischen Bauteile auf (z.B. Umwälzpumpe). Die hochwertigen Kompo-

zusätzlichen Überwachungsaufwand außerhalb des zentralen Gebäudeleitsystems. Dadurch kann die Bedarfssteuerung unter risikominimierten und wirtschaftlich optimalen Bedingungen realisiert werden. Bei einem eventuellen Ausfall wird die Fehlleistung automatisch ausgeglichen²⁵. Durch die intelligente Nutzung der Möglichkeiten eines solchen Konzeptes wird ein wesentlicher Beitrag zur Kostenreduktion bezüglich Personalbestand und Bereitschaftszeit erzielt.

Die direkte UVC Bestrahlung im Wasserbecken der Wäscherkammer führt zu einer geringe-

Einsparungen bezüglich Reinigungs- und Wartungsaufwand erzielt werden.

Beurteilung der ökonomischen Aspekte

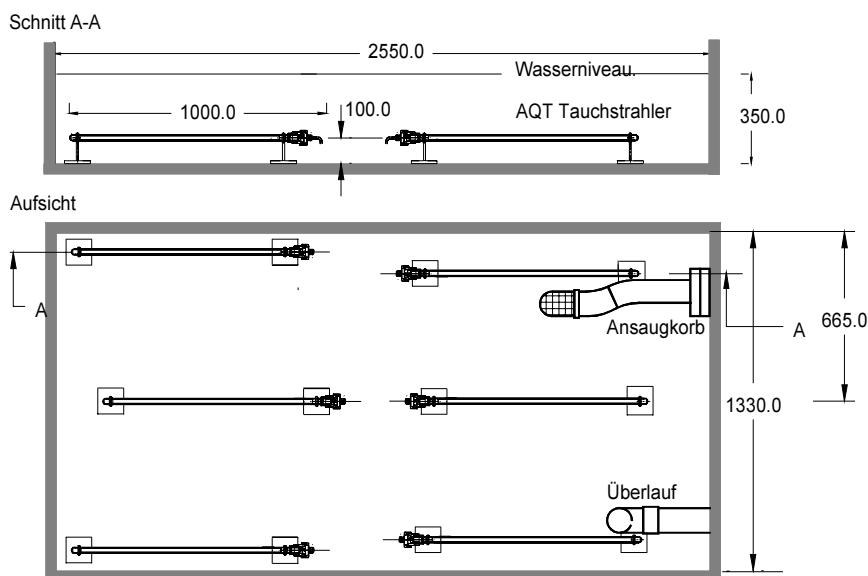
Die Gegenüberstellung rein ökonomischer Faktoren macht die Konkurrenzfähigkeit der Entkeimungsmethode mit **sterilAqua®** AQT Tauchstrahlern nicht nur gegenüber einem Durchlaufstrahlerkonzept, sondern auch gegenüber der gebräuchlichen chemischen Desinfektion deutlich:

Aus der Gegenüberstellung der Resultate, Verwendung von Trinkwasser gegenüber Verwendung von Osmosewasser, hat sich aus hygienischer Sicht keinerlei Notwendigkeit zur Verwendung des wesentlich teureren Osmosewassers ergeben. Dem in der Versuchsreihe verwendeten Trinkwasser muß jedoch eine sehr gute Qualität¹² in Bezug auf Härte und UV Transparenz attestiert werden.

Durch den Einsatz einer individuellen Bedarfsansteuerung der **sterilAqua®** Tauchstrahler über das **Kommunikationsmodul** wird der Energieverbrauch und der bei einem Mehrfachsystem höhere Ersatzteilbedarf optimiert.

Die nachfolgende Rechnung verdeutlicht den Sachverhalt:

Der gemessene Verbrauch pro Anlage mit jeweils sechs gesteuerten **sterilAqua®** Tauchstrahlern beträgt 120 KW/ Monat, bzw. in einer Befeuchterperiode von ca. 7 Monate/ Jahr weniger als 900 KW/ Jahr. Durch die Bedarfssteuerung erstreckt sich die durchschnittliche Lebensdauer der UVC-Röhren auf mehr als 3 Befeuchterperioden. Die Kosten pro



UV TEC AG, UVC Systemberatung und Engineering, Bööholz 4, CH-8400 Winterthur, Tel und Fax 0041 52 213 69 59

ponenten entsprechen heutigem Wissens- und Qualitätsstand. Die Konstruktion berücksichtigt hygienische Anforderungen in Bezug auf Aufbau, Wartungs- und Servicefreundlichkeit.

Das **sterilAqua®** Kommunikationsmodul ermöglicht die Ansteuerung und Funktionsüberwachung jeder einzelnen Tauchstrahlereinheit, ohne

ren Keimbelastung der Oberflächen. Sie ermöglicht ein um den Faktor drei verlängertes Wartungsintervall gegenüber den Reinigungsanforderungen, die an herkömmliche Durchlaufstrahler gestellt werden.²⁶

Durch den Einsatz von **sterilAqua®** Tauchstrahlern können so entscheidende

Tauchstrahler und Befeuchterperiode belaufen sich bei einer solchen Anlagenkonzeption:

- DM 70,- für den UVC Röhrenersatz
- ca. DM 30,- für die Energie, und damit
- insgesamt ca. DM 100.-²⁷.

Hochgerechnet auf alle Anlagen entsprechen diese Kosten dem ökonomischen Materialaufwand, der dem Einsatz von biozid wirkenden Chemikalien entspricht.

Der deutliche Kostenvorteil ergibt sich aus dem verringerten Reinigungsaufwand der Wäscherkammer:

Das mit Bioziden angereicherte Wasser dickt relativ schnell ein, weshalb der Reinigungsaufwand wird mit 6-7 Reinigungen/Jahr veranschlagt werden muß. Dem gegenüber steht ein Reinigungsaufwand von max. zwei Reinigungen unter Einsatz von **sterilAqua®** AQT Tauchstrahlern²⁸.

Bei einem Reinigungsansatz von 4,2 Std. durch eine Wartungsfirma, à DM 382,00 (Stand

1997), errechnet sich so ein **jährlicher Kostenvorteil von DM 1.719,00.**

Eine Kosteneinsparung, die für den Einsatz von **sterilAqua®** AQT Tauchstrahlern spricht.

In der ökonomischen Gegenüberstellung Tauchstrahler/Durchlaufstrahler verhält sich das Ergebnis entsprechend:

Bedingt durch die Mehrzahl an eingesetzten UVC-Röhren sind die reinen Betriebs- und

Beschaffungskosten eines Durchlaufstrahlers (mit dazu gehörigen Komponenten) geringer. Dies spricht zunächst für die Anschaffung einer solchen Lösung. Jedoch fallen die Unterhaltskosten für einen Durchlaufreaktor deutlich höher aus:

Ein Durchlaufreaktor bedarf Systembedingt häufiger Reinigungs- und Wartungsintervalle. Dabei darf auch die Kontrolle von Verschleißteilen, wie z.B. die Umwälzpumpe, nicht vernachlässigt werden. Zur Einhaltung der hygienerelevanten Vorschriften ist ein monatliches

Reinigungsintervall notwendig.

Insgesamt mußten die Reinigungskosten pro Wäscher und Befeuchterperiode deshalb mit ca. DM 1'500.- beziffert werden.

Bei dem Tauchstrahlerkonzept entfallen diese Kosten. Allein durch die höhere Zahl an direkt wirkenden UVC-Röhren kann zudem eine wesentlich höhere Systemsicherheit erzielt werden; sowohl in Bezug auf Entkeimungsleistung, als auch in Bezug auf Ausfallsicherheit.

sterilAqua® Tauchstrahler der neuen Generation lassen sich über das Gebäudeleitsystem steuern und überwachen. Hierfür stehen verschiedene Schnittstellen zur Verfügung, z.B. RS 232 oder RS 485. Auf diese Weise ist ein bedarfsge rechter und auf den jeweiligen Anwendungsfall optimierter UVC Einsatz möglich. Betriebsinterne Dienste können personell und kostenmäßig entlastet werden. Eine Einsatzbereitschaft zur Überwachung und sofortigen Störungsbehebung außerhalb der normalen Arbeitszeiten kann entfallen²⁹.

¹ Dieser Bericht basiert auf den umfangreichen Arbeiten, die uns die Colonia-Nordstern Management AG in Köln nach Abschluß der Testphase und anschließender Inbetriebnahme unserer sterilAqua AQT Tauchstrahleranlagen in allen 10 Luftwäschern der ersten Ausbaustufe für unsere firmeninterne Information und Schulung zur

Verfügung gestellt hat. Dafür gilt unserer Dank insbesondere Herrn Dipl. Ing. K. Schürer. Er und sein Team haben das Versuchsprojekt und die Realisierung mit großer Umsicht geleitet und begleitet es weiterhin.

² Die UV Entkeimungsanlagen wurden von den zum Test eingela-

denen Anbietern zur Verfügung gestellt und unter den vom jeweiligen Lieferanten vorgegeben Bedingungen betrieben.

³ Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsprobleme, Reizung/Trockenheitsgefühl der Schleimhäute usw.

4 Infektionen, Allergien, Krebserkrankungen

5 EU Report 4 "Sick Building Syndrome"

6 VDI Richtlinie 3803/ VDI Richtlinie 6022

7 Keimbildende Einheiten pro Milliliter

8 Nach DIN 1946 ,Teil 2 (Raumlufttechnik, gesundheitstechnische Anforderungen)

9 Die Sorge um gesunde und sichere Arbeitsplätze, sowie die begründete Skepsis der Verantwortlichen bezüglich des Kosten- Nutzenverhältnisses der bisher praktizierten chemischen Desinfektion waren ursächlich dafür verantwortlich, daß Versuche mit diesem großen Aufwand durchgeführt wurden.

10 Probeentnahmen aus allen Wäschern in denen UVC Entkeimungsanlagen eingebaut waren. Im mit Bioziden entkeimten Wäscher wurde aus betrieblichen Gründen erst in der 2. Untersuchungsreihe mit den Probeentnahmen begonnen.

11 Versuchsdauer vom 02.05.95 bis zum 26.06.95
1. Untersuchungsreihe KW 18 - KW 22.1995,
2. Untersuchungsreihe KW 22 - KW 26.1995.

12 Die Qualität des Trinkwassers entspricht den Anforderungen für die UVC Entkeimung optimal. (UV Transparenz bei 254nm $\tau_{10\text{nm}} = > 95\%$, Wasserhärte = 7° dH)

13 aufbereitet im Bereich der internen Haustechnik

14 Escherichia coli/coliforme Bakterien geben Hinweis auf fäkale Verunreinigungen z.B. Vogelkot.

15 Legionella spec. kann zu fiebrigen Erkrankungen führen, ggf. auch zu atypischen Lungenentzündungen mit tödlichem Verlauf. Pseudomonas aeruginosa lösen eitrige Entzündungen von Wunden und des Mittelohrs aus

16 Aktinomyceten werden - ähnlich wie Mikromyceten (Pilze) - für Allergien verantwortlich gemacht

17 bei 20°C. und 36°C Bebrütungstemperatur

18 bei 30°C Bebrütungstemperatur

19 (Total Organic Carbon), potentielle Nährstoffe, die das Bakterienwachstum begünstigen.

20 Empfindlicher Nährboden mit $10^2 - 10^3$ höherer Nachweisrate als beim Gelatine-Agar, so dass z.B. auch Lipopolysaccharide (Zellwandbestandteile aller gramnegativen Bakterien) erfaßt werden, welche bei Inhalation sensibilisierend wirken können.

21 zusätzliche Empfehlungen:
Soweit sich bei einer hohen Kontamination des Wäscherwassers bereits starke bakterielle Wandbeläge feststellen lassen, muß die Wäscherkammer grundgereinigt werden. Bei jeder Reinigung ist der Desinfektion der Sprühdüsen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Wenn ohne Befeuchtung belüftet wird (z.B. während der Sommermonate), ist es sinnvoll, Feuchtigkeitsnester im Wäscher zu vermeiden. Die Düsen, Versorgungsleitungen und die Pumpe sind zu demonstrieren und zu reinigen und erst zu Beginn der Heizungs- bzw. Befeuchtungsperiode wieder zu montieren.

22 In eigenen Versuchen mit **sterilAqua®** Durchlaufreaktoren (vergleichbar zu den im Test eingesetzten Anlagen) zeigte sich, daß im Dauerbetrieb (24-Stunden/ Tag) und unter Beachtung der Wasserführung im Bassin die Aufkeimung wesentlich vermindert wird.

23 Anordnung von sechs **sterilAqua®** AQT Tauchstrahlern im Wäscherbassin.

24 Die fortlaufenden Untersuchungen zeigen, daß beim Einsatz von 5 Tauchstrahlern/ Wäscher bei eingeschalteten Wäscherpumpen und 3 Tauchstrahlern bei Wäscherpumpenstillstand Werte < 20 KBE/ ml im Normalbetrieb bzw. Höchstwerte von < 1000 KBE/ ml vor dem Einschalten am Montagmorgen immer eingehalten wurden. Gleichzeitig konnten die Reinigungsintervalle der Wäscher drastisch reduziert werden. Von der Aufnahme des normalen Betriebes bis Ende 1995 mußte keine Wäscherreinigung vorgenommen werden.

25 Optimierungsversuche in der Praxis haben im Normalbetrieb zur o.a. risikolosen Herabsetzung des UVC Einsatzes geführt, so daß permanent mindestens einer der 6 eingesetzten Tauchstrahler für "Springerdienste" in Bereitschaft steht.

26 Ein Reinigungsintervall von 4 Wochen wurde bei allen Wäschern

mit Durchlaufentkeimung vom Hygiene Institut empfohlen.

27 Preisangabe **sterilAir®** **sterilAqua®** Vertriebsgesellschaft mbH Deutschland, Stand April '98

28 Angaben der Colonia-Nordstern Versicherungsmanagement AG

29 Das Aufkeimen des Wäschers beim Ausfall des Entkeimungssystems zeigt eindrücklich, daß in kürzester Zeit ein Gesundheitsrisiko entstehen kann. Durchlaufstrahler-Systeme erfordern neben einer zuverlässigen Überwachung einen permanenten Störungsdienst. Bei Mehrfachsysteme, wie es die **sterilAqua®** Tauchstrahler sind, ist dies nicht erforderlich.