

Gesundheitsrisiko

Schlecht gewartete Klimaanlage (Teil 4, Schluss)

Peter E. Häfliger ASHRAE / Dr. Ulrich Thies

Klimaanlagen stehen immer wieder in der Kritik für Gesundheitsgefährdung und Befindlichkeitsstörungen verantwortlich zu sein. Dies überträgt für den Betreiber von Klimaanlagen die Verantwortung, die Klimaanlage nach bestem Stand des Wissens und der Technik zu betreiben und zu warten. Häufig fehlt aber sowohl den Verantwortlichen als auch dem Wartungspersonal das notwendige Fachwissen, um einen hygienisch einwandfreien Zustand der Klimaanlagen zu gewährleisten.

Diese Artikelserie versucht daher die Hygieneproblematik von Klimaanlagen ausführlich darzustellen und dem Leser das einschlägige Fachwissen der Hygienetechnik zu vermitteln. Es wird sowohl auf die von Klimaanlagen verursachten Krankheiten und ihre Ursachen als auch auf die Problembereiche in den RLT-Anlagen eingegangen. Es wird weiterhin ein Überblick über vorhandene Richtlinien sowie Inspektions- und Analysemethoden gegeben. Ein kurzer Bericht über die Erfahrungen der Autoren mit der Wartung und Inspektion von Klimaanlagen liefert schliesslich einen Einblick in die Praxis. Viele der in diesen Artikeln behandelten Themen sind der VDI-Richtlinie 6022 entnommen, insbesondere die Abschnitte über Inspektion und Wartung von RLT-Anlagen lehnen sich stark an diese Richtlinie an.

Erfahrungen mit der Hygieneinspektion

Hygienezustand

Mittlerweile haben wir in über 300 RLT-Anlagen die hygienetechnische Untersuchung nach der VDI-Richtlinie 6022 durchgeführt. Hierbei haben nur zirka 15 % der Anlagen den Anforderungen genügt. Bei einem Grossteil der Anlagen wurden die vorgegebenen Grenzwerte für die Keimanzahl überschritten. Die Ursache hierfür liegt vor allem in der vernachlässigten Wartung und Reinigung der Anlagen (siehe Grafik). Zum Teil wurden schwerwiegende Mängel in den Anlagen festgestellt, die eindeutig auf mangelndes «Hygienebewusstsein» zurückzuführen sind. Beliebt ist zum Beispiel die Verwendung von Kammerzentralen als Ab-

stellager. Gerne werden Anlagen auch nach Plan gewartet und wöchentlich mit Wasser zwecks Reinigung ausgespritzt. Die stehen bleibenden Wasserlachen bilden eine gute Grundlage für Keimwachstum. Die häufigste Ursache für einen schlechten Anlagenzustand ist aber vor allem in einer minimalen Wartung der Anlagen zu suchen. So wird sie häufig auf das regelmässige Wechseln der Filter beschränkt, und es kommt vor, dass der Anlagenverantwortliche über Jahre hinweg keinen Blick in die RLT-Anlage wirft, so dass schliesslich aus einer Wartungsaufgabe eine Sanierungsaufgabe wird. Tatsächlich lässt sich in einigen Unternehmen leicht ein Zusammenhang zwischen Hygienezustand und Alter der Anlage feststellen. In Betrieben, in denen die Anlagen regelmässig und gründlich gewartet werden, ist indessen das Alter der Anlage nicht ausschlaggebend.

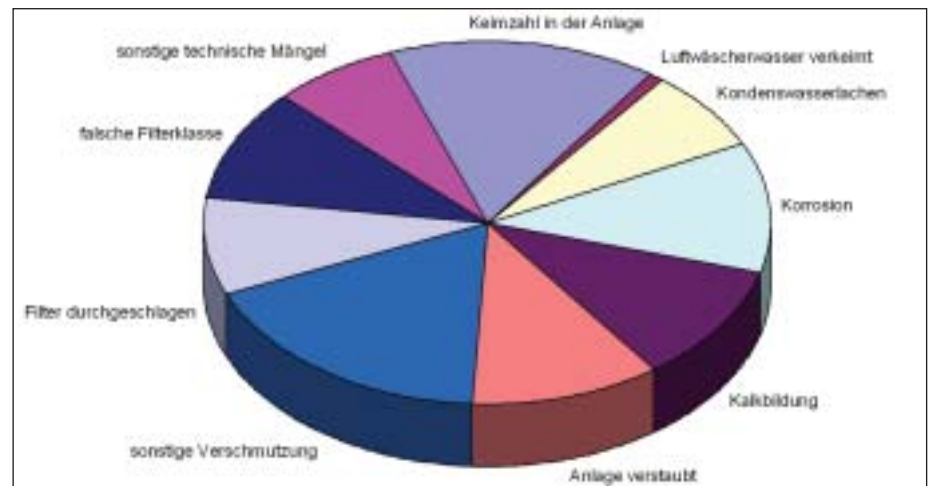
Anlagenzustand und Keimwachstum: Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem visuellen Eindruck einer RLT-Anlage und der Verkeimung der Anlage kann nicht getroffen werden. In seltenen Fällen kommt es vor, dass RLT-Anlagen mit starker optischer Verschmutzung seitens des Keimwachstums geringere Werte aufweisen, als Anlagen die vom Augenschein her sauber sind. Einfluss auf das Keimwachstum hat neben der Verschmutzung auch die Feuchtigkeit. Des Weiteren ist



Der Zustand einer Anlage ist nicht unbedingt abhängig vom Alter. Eine gute Wartung verhindert aufwändige Sanierungsmassnahmen.

entscheidend, ob zum Beispiel vermehrt Keime aus der Aussenluft eingebracht werden. Auch Mischluftanlagen in Küchenbereichen, bei denen sich über Jahre hinweg Fett in der Anlage absetzen kann, sind vom Keimbefall stark betroffen, auch wenn sie auf den ersten Blick sauber aussehen.

Keimwachstum im Wäscherwasser: Bisher sind in keiner der untersuchten Anlagen Legionellen nachgewiesen worden. Auch das Keimwachstum ist in den meisten RLT-Anlagen nicht zu be-
anstanden. Schwierigkeiten gibt es hier jedoch, wenn das Wasser, das eingefüllt wird, bereits übermässig ver-
keimt ist. Desinfektionsanlagen ver-



Gravierende Hygienemängel, die bei der Inspektion von 306 RLT-Anlagen festgestellt wurden (Mehrfachnennungen möglich). Der geringe Anteil an Anlagen mit Keimbefall im Wäscherwasser ist darin begründet, dass nur eine geringe Anzahl der untersuchten Anlagen mit Wäscher ausgestattet waren.

mindern zwar das Keimwachstum, allerdings gehen sowohl vom Desinfektionsmittel, als auch von den Bestandteilen abgestorbener Mikroorganismen Gefahren aus. In einem extremen Fall konnten wir einen Wäscher untersuchen, bei dem starkes Algenwachstum zu sehen war und Biofilm die Wasseroberfläche bedeckte. Aufgrund der UV-Desinfektionseinrichtung konnte aber keine gravierende Keimbelastung festgestellt werden.

Oberflächenbelastung: Die gravimetrischen Messungen der Oberflächenbelastungen zeigen vor allem, dass der visuelle Eindruck, der von jeder Messstelle notiert wird, häufig nicht mit dem Messwert übereinstimmt. Auch hier ist eine visuelle Beurteilung der Sauberkeit nicht ausreichend. Dabei liegen die Werte, die in RLT-Anlagen gemessen werden, in der Regel im Bereich zwischen 2 und 30 g/m², wobei ein Wert von über 15 g/m² bereits eine deutliche Verschmutzung darstellt. Ein Auswertung der Korrelation zwischen Verschmutzung und der Verkeimung der Anlagenelemente wird derzeit erarbeitet.

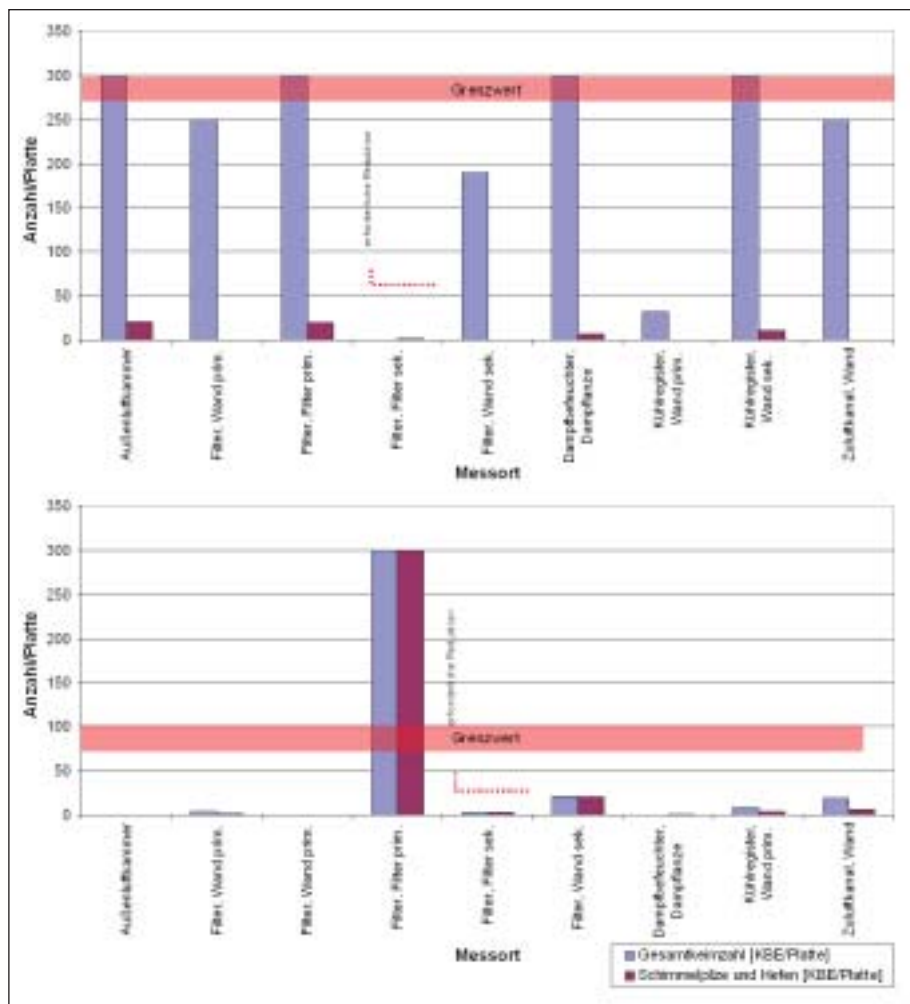


Messpads nach der Messung an einer Oberfläche mit 14 g/m² Ablagerungen. Deutlich ist die Verschmutzung der Messpads zu sehen.

Anlagenwartung – Beispiel aus der Praxis

Dieser Bericht zeigt die Wichtigkeit und Notwendigkeit der Hygieneinspektion. In Deutschland wurde Ende der Neunzigerjahre ein Grossraumbüro für zirka 100 Personen neu vermietet, und kurz darauf klagten einige dieser Personen über Beschwerden wie Augenreizung, schlechte Luft oder zu hohe Temperatur. Daraufhin wandte sich der Mieter an den Eigentümer. Eine Untersuchung wurde veranlasst, welche nicht nur das Gebäude, das Raumklima und die Klimaanlage umfasste, sondern auch die Hygienekomponenten.

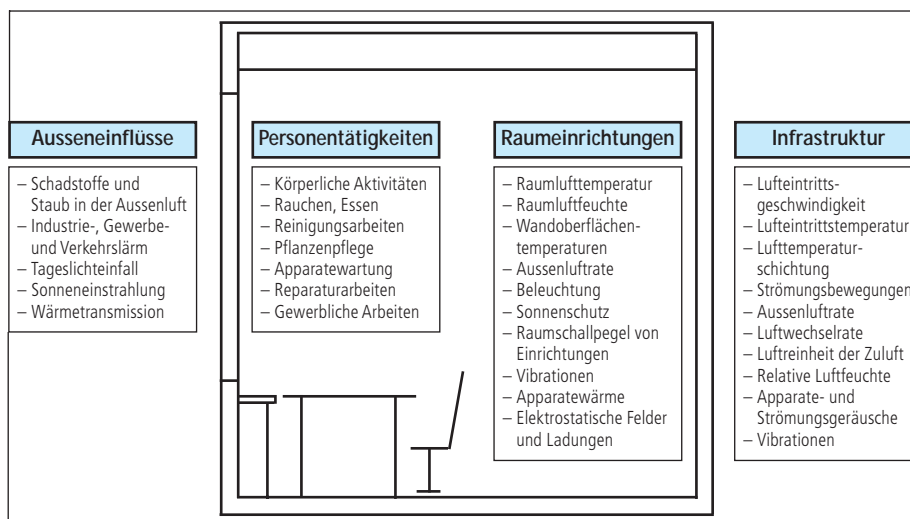
Für derartige Untersuchungen empfiehlt sich ein systematisches Vorge-



Keimwachstum in der RLT-Anlage vor (oben) und nach der desinfizierenden Grundreinigung (unten).

hen, damit alle auf den Menschen einwirkenden Umgebungseinflüsse berücksichtigt werden können. Diese Einflüsse lassen sich wie in untenstehender Grafik auflisten. Für umfassende Aussagen empfiehlt es sich, eine Umfrage zu veranstalten und die Benutzer um eine Beurteilung aller Umgebungseinflüsse, die möglicherweise das Wohlbefinden stören können, zu bitten (Frageblock 1).

Für eine systematische Untersuchung muss die Umfrage schriftlich erfolgen, nur so lässt sich sicherstellen, dass die Fragen immer gleichlautend gestellt werden und eine einwandfreie Auswertung und ein Vergleich mit Referenzwerten möglich ist. Zum Fragenkatalog gehören auch die Symptome der körperlichen Beeinträchtigungen, wie dies im Frageblock 2 dargestellt ist.



Auf den Menschen einwirkende Umgebungseinflüsse.

Frageblock 1: Die Umgebungseinflüsse

Unter den Einflüssen, die am Arbeitsplatz als störend empfunden werden und deshalb in die Frageliste aufgenommen wurden, befinden sich folgende Kriterien:

- Zugluft (Zugerscheinungen),
- zu hohe Raumtemperatur,
- stark wechselnde Raumtemperatur,
- zu tiefe Raumtemperatur,
- abgestandene Luft,
- trockene Luft,
- unangenehmer Geruch,
- statische Elektrizität,
- passives Rauchen,
- Lärmeinwirkung (hoher Schalldruckpegel, störende Geräusche),
- schlechte Beleuchtung (Blendwirkung, Reflexion),
- Staub und Schmutz (staubhaltige Raumluft).

Diese Merkmale können von den Personen je nach Wirkung als konstante oder gelegentliche Störung empfunden oder überhaupt nicht bemerkt werden.

Frageblock 2: Die Symptome der körperlichen Beeinträchtigungen

Als Beeinträchtigung des Wohlbefindens in einem umschlossenen Raum können folgende Symptome auftreten:

- Müdigkeit,
- schwerer Kopf,
- Kopfwegh,
- Unwohlsein und Schwindel,
- Konzentrationsschwierigkeiten,
- Reizung der Augen,
- gereizte, verstopfte oder triefende Nase,
- Heiserkeit, trockener Hals,
- Husten,
- trockenes, gerötetes Gesicht,
- schuppige, juckende Kopfhaut und Ohren,
- trockene, beissende, gerötete Hände,
- andere körperliche Beschwerden.

Die empfundenen Beeinträchtigungen können oft, manchmal oder nie auftreten. Körperliche Empfindungen und Beeinträchtigungen können von der Arbeitsumgebung herrühren oder mit gesundheitlichen Störungen zu tun haben, die ausserhalb der Arbeitsumgebung zu suchen sind. Um Hinweise auf Mängel aus der Umgebung zu erhalten, sind deshalb möglichst viele Benutzerantworten erforderlich.

Beispiel aus der Praxis – Ergebnisse

- **Gebäudezustand:** An Reparaturen wurde jeweils das zwingend für den Funktionserhalt Notwendige ausgeführt.
- **Klimaanlagen und Raumklima, Ist-Aufnahme:** Die Klimaanlagen sind zentral angeordnet mit gemeinsamer Luftfassung, mehreren Apparaten für die einzelnen Bereiche, bestehend aus Filter, Vorwärmer, Luftwäscher, Nachwärmer, Kühler, Zuluftventilator und Schalldämpfern. Die Klimaanlagen wurden vorschriftsgemäss gewartet, periodisch erfolgte eine Inspektion mit Funktionskontrollen der Alarmer und Regelungen, Reinigung des Luftwäschers und

sonstiger Apparate sowie Filterwechsel, allerdings wurden in dieser Zeit noch keine Hygieneuntersuchungen nach VDI 6022 durchgeführt, die erst heute Stand der Technik ist (seit 1998).

Die Luftstromkontrollen zeigten keine Abweichungen zu den ursprünglichen Planungsdaten. Die Zulufttemperatur, die Art des Zuluftaustrittes und die Luftverteilung waren jedoch nicht optimal und führten örtlich zu Bereichen, die zu warm waren. Asbest konnte nicht nachgewiesen werden, die übrigen Messwerte waren im zulässigen Bereich. Staubkonzentration und Keimgehalt waren im Raum höher als in der Zu- und Abluft, bedingt durch die Personenbewegungen, Teppichboden, Pflanzen usw. Bei Einschaltung der Klimaanlagen am Montagmorgen war der Staubgehalt kurzfristig über dem Grenzwert.

Einzelne Mängel waren dem Vermieter seit längerer Zeit bekannt. So befindet sich die Luftfassung an einer ungünstigen Stelle mit Lastwagenverkehr, die Kanäle sind für eine Reinigung nicht zugänglich, aber innen isoliert und die Isoliermatten hatten sich teilweise gelöst, was örtlich zu Querschnittsverengungen, Geräuschen und ungleicher Luftverteilung führte. Damit entstanden einerseits Bereiche, die zu warm wurden, und andere, an denen es zog. Die abgelöste Innenisolierung bildete aber auch Luftwirbel, welche sowohl zur Ablösung von Isolierfasern als auch zu Ablagerungen von Feinstaub führte. Beim Start der Anlagen führten diese Ablagerungen zu höherer Staubkonzentration im Raum. Diese Stäube sind teilweise so fein, dass sie lungengängig sind (Partikelgrösse $< 1\mu\text{m}$). Der Zuluftaustritt in den Raum erfolgt indirekt durch einen nicht isolierten Deckenhohlraum und Schlitze in einer Holzdecke. Die Fensterzone wird durch Klimakonvektoren geregelt.

Jeweils am Montagmorgen wurden die Klimaanlagen eingeschaltet und am Freitagabend nach der Entleerung und Reinigung der Luftwäscher abgeschaltet.

Konstruktiv bedingt blieb bei jeder Desinfektion Wasser in der Bodenwanne zurück, ausserdem gab es unzugängliche Stellen im Apparat, beispielsweise nach dem Tropfenabscheider, die nicht gereinigt werden konnten. Im Laufe der Zeit speicherte die Kanalisolation ebenfalls Desinfektionsmittel, Feinstaub und eigene, gelöste Partikel und gab diese beim Anlagenstart vermehrt an die Zuluft ab. Die Messungen zeigten daher speziell am Montag beim Start erhöhte Werte an Desinfektionsmittel und Staub, zwar unter der maximal zulässigen Konzentration, aber für empfindliche Personen doch störend. Die Qualität des bezogenen Befeuchterwassers war ausserdem eindeutig zu schlecht, die Keimzahl zu hoch. Dies war dann Anlass für den Vermieter, Fachplaner einzuschalten und mit der Projektierung von Verbesserungsmaßnahmen zu beauftragen.

Beispiel aus der Praxis – Ausführung Beispiel:

Die festgestellten Mängel, speziell die Hygiene und das Raumklima der Be-

nutzer betreffend, wurden behoben. Zur Problemlösung und Kostenermittlung wurde ein Gebäudetechnikspezialist beauftragt. Dieser schlug vor, aus Trinkwasser Dampf zu erzeugen und die Luftwäschereinbauten durch Dampfbefeuchter zu ersetzen.

Dieser Vorschlag hatte einerseits relativ niedrige Investitionskosten zur Folge, andererseits reduzierten sich die laufenden Wartungskosten durch den Wegfall der aufwändigen Luftwäscherreinigung und der Wartung einer sonst notwendigen Wasseraufbereitungsanlage. Eine adiabatische Kühlung wurde nicht benötigt. Für die Dampferzeugung wurde aber hochwertige Energie in Form von Strom benötigt. Der Stromanschluss war jedoch bereits vorhanden (die Kältemaschine lief im Winterhalbjahr bei Befeuchtungsbedarf nicht).

Zusätzlich wurden die Luftbefeuchtungs-Sollwerte, die Volumenströme und die Betriebszeiten überprüft und neu festgelegt. Die Konvektorverkleidungen wurden entfernt, die Konvektoren durch ein Spezialverfahren gereinigt. Weitere Massnahmen wie Schallschutzverbesserung und örtlich eine bessere Luftverteilung erhöhten die Lüftungseffizienz und das Arbeitsklima. Die Luftkanäle wurden gereinigt und die Isolation innen entfernt bzw. die ganzen Kanäle ersetzt.

Ebenso wichtig wie die Einleitung geeigneter Massnahmen ist die Information der Beteiligten. Mieter und Benutzer wurden deshalb periodisch über den Stand der Abklärungen, Planung und Durchführung von Massnahmen informiert und zeigten sich anschliessend zufrieden mit den erreichten Verbesserungen.

Mithilfe des Wartungspersonals

Nachdem die Veränderungen aber auch Einfluss auf die Wartung haben, musste nicht nur das Wartungspersonal über die Umbauten informiert werden, sondern auch die Revisionsunterlagen waren anzupassen. Es empfiehlt sich in solchen Fällen, das Personal von Anfang an in den Arbeitsprozess einzubeziehen:

- Teilnahme eines Wartungstechnikers an den Koordinationsbesprechungen.
- Kontrolle des Wartungsplanes auf aktuellen Zustand.
- Beizug des Personals bei den Umbauten, zum Beispiel Energien abstellen, Anlagen anfahren usw.
- Anpassung des Wartungsplanes nach durchgeführten Änderungen.
- Aktualisierung der Revisionsunterlagen.
- Nachschulung des Wartungspersonals.

Anlagenwartung und Hygienekontrolle

Bei der Kontrolle des Wartungsplanes wird oft festgestellt, dass dieser hygienetechnisch gesehen unvollständig ist. Um hier keine notwendigen Tätigkeiten zu übersehen, empfiehlt es sich, jede Anlage vor Ort zu besichtigen, ein Zustandsprotokoll anzufertigen und die einzelnen Massnahmen festzulegen.

Mit dem Rundgang wird zweckmässig bei der Aussenluftfassung begonnen und am Fortluftaustritt aufgehört. Nicht selten wird man dann feststellen, dass zwar das Wetterschutzgitter von aussen gereinigt wird, im anschliessenden Kanal fehlen dann aber Revisionsöffnungen zur Reinigung des Maschengitters und des Aussenluftkanals. Die Luftfilter werden zwar im Allgemeinen gewechselt, dabei muss aber auch die Dichtung periodisch erneuert werden und wir müssen kritisch hinterfragen, ob die Filterqualität bezüglich Abscheidegrad und Standzeit noch den heutigen Anforderungen entspricht. Alle Komponenten im Klimagerät müssen ebenfalls periodisch gereinigt werden. Oft fehlt hierzu der Platz, dann müssen beispielsweise Wärmetauscher und Ventilatoren zuerst ausgebaut werden. Vielfach fehlt ein Feinfilter nach dem Zuluftgerät, so dass zum Beispiel der ganze Keilriemenabrieb und sonstige Partikel wie Rost, Abrieb von Schalldämpfern und Partikel von korrodierten Wärmetauscherlamellen in den Zuluftkanal und in die Räume gelangen. Innen isolierte Zuluftkanäle mögen zwar in einigen Fällen den Schalldämpfer ersetzen, lassen sich aber nicht reinigen und führen meist zu Problemen mit Abrieb, beispielsweise lungengängige Glasfasern, Keimträger usw. Damit der Zuluftkanal gereinigt werden kann, ist es daher erforderlich, diesen nicht innen, sondern aussen zu isolieren und von Anfang an geeignete Öffnungen bei der Planung vorzusehen und deren Zugänglichkeit bei der Ausführung sicherzustellen. Wenn Kanäle erst einmal allseitig von Decken, Wänden und anderen Installationen umgeben sind, ist es für eine Kontrolle und Reinigung zu spät. Auch so genannte «bauseitige» Luftkanäle aus Gips oder abgehängte Decken sind Staubspeicher und müssen deshalb gereinigt werden. Kanäle und Betondecken erfordern dazu einen abwaschbaren Anstrich. Abgehängte Decken mit ihren Profilen und Aufhängungen lassen sich in der Praxis nicht ausreichend reinigen. Bei der Kontrolle von abgehängten Lüf-

tungsdecken wird man auch oft ungewollte Undichtigkeiten zu anderen Räumen und Veränderungen am ursprünglich vorgesehenen Ausblasquerschnitt feststellen. Besser ist es daher in jedem Fall, die Luft in Kanälen und Rohren bis zu den richtig dimensionierten Luftauslässen zu führen und abgehängte Decken nur aus optischen und akustischen Gründen einzusetzen. Je nach Anforderungen des Raumes müssen Zuluftkanäle zur Reinigung demontabel sein. Die Luftauslässe selbst müssen ebenfalls leicht demontabel sein und in das Reinigungsprogramm aufgenommen werden. Anschliessend gehen die ganze Kontrolle und Ergänzung des Wartungsplanes auf der Abluftseite sinngemäss weiter.

Der ganze Wartungsablauf ist also ein Kreisprozess mit tangentialem Eingang als einmaliger Vorbereitung, bestehend aus der Aufnahme der Komponenten, Abklärung der Ziele des Eigentümers und Nutzers und Festlegung der notwendigen Massnahmen im Wartungsplan, zugeschnitten auf jede einzelne Anlage. Daran anschliessend folgt der Kreislauf von Wartungsvorbereitung, Durchführung der Wartungsarbeiten einschliesslich der Hygienekontrolle, Dokumentation als Ergebnisprotokoll, Kontrolle und Anpassung des Wartungsplanes. Anschliessend beginnt der Kreislauf wieder neu.

Anlagenreinigung

Einen deutlichen Eindruck über die Wirkung einer Anlagengrundreinigung ist in der Tabelle ersichtlich. Die erste Inspektion ist kurz vor, die zweite Inspektion zwei Wochen nach der Reinigung durchgeführt worden. Bei dieser Reinigung sind die Filter nicht gewechselt worden, sodass das Keimwachstum an der Schmutzseite des Filters unverändert hoch bleibt. Da aber die Filterwirkung durch den Test auf der Reinseite bestätigt wurde, stellt dies kein Problem dar.



Messgerät PEG-1 zur Bestimmung der Staubflächendichte nach Rotationsverfahren.

Vorteile der Hygieneinspektion

Sicherlich bedeutet die Hygieneinspektion einen personellen und finanziellen Aufwand. Aber auf der anderen Seite gibt es, zumindest in Deutschland durch das Arbeitsschutzgesetz und die Arbeitsstättenverordnung, eine gewisse Verpflichtung, die Inspektion durchzuführen. Die Einhaltung der VDI-Richtlinie sollte aber nicht aufgrund gesetzlicher Pflichten durchgeführt werden, vielmehr sind die Vorteile für den Betreiber und den Wartungsbetrieb so umfassend, dass diese Gründe für eine Inspektion ausreichend sein sollten. So lässt sich leicht vorstellen, dass ein Aussenluftkanal zu einer starken Reduzierung der Ansaugleistung, vor allem der Standzeit des Filters führt. Kurz die Vorteile zusammengefasst:

- Durch die Inspektion wird der Anlagenzustand komplett erfasst.
- Sie ermöglicht des Weiteren sowohl dem Betreiber als auch dem Wartungsbetrieb eine umfassende Kontrolle des Wartungszustandes der Anlage.
- Massnahmen zur Erhaltung des Anlagenzustandes werden angezeigt, bevor aufwändige Sanierungsmassnahmen notwendig sind.
- Der Wartungsaufwand sowie der Aufwand für Betriebsmittel (Desinfektionsmittel, Filter) kann dadurch deutlich gesenkt werden.
- Der Wartungsbetrieb vervollständigt damit seine Dienstleistung und dokumentiert sie gegenüber dem Kunden.
- Erfüllung und Einhaltung rechtlicher Anforderungen, Richtlinien und technischen Standards.
- Erbringung der obliegenden Eigenverantwortung und Sorgfaltspflicht hinsichtlich dem «Gesundheits- und Arbeitsschutz der Beschäftigten am Arbeitsplatz».
- Der Anlagennutzer wird mit hygienisch einwandfreier, gesundheitlich zuträglicher Atemluft versorgt. Grundvoraussetzung für ein motiviertes und gesundes Arbeiten.
- Durch die Zertifizierung und Dokumentation können im Falle von Beschwerden sowie im Sinne der Beweislastumkehr aussagekräftige Aufzeichnungen vorgelegt werden.

Zusammenfassung

Das Bewusstsein für die Verantwortung der RLT-Anlagen für Wohlbefinden und Gesundheit wird, nicht zuletzt durch Negativschlagzeilen – wie die jüngsten Fälle der Legionärskrankheit deutlich gemacht haben – stetig steigen. Wird erst einmal die Klimaanlage für das Unwohlsein am Arbeitsplatz verantwortlich gemacht, so ist es schwer, die Ursachen zu finden und die Betroffenen umfassend aufzuklären.

Die vorliegende Artikelserie hat versucht, einen fachübergreifenden Einblick in die Problematik der Lufthygiene zu geben. Dabei wurden nicht nur Grundlagen der Mikrobiologie angeschnitten, sondern auch veranschaulicht, wo genau die neuralgischen Punkte einer RLT-Anlage liegen. Des Weiteren wurde ein Einblick in den Inhalt einer Hygieneinspektion nach der VDI-Richtlinie 6022 gewährt.

Aus eigener Erfahrung lässt sich sagen, dass nur die wenigsten Anlagen einen unbedenklichen Zustand aufweisen und dass ein Grossteil der untersuchten Anlagen gravierende Wartungsmängel aufgewiesen haben. Dies lässt vielleicht den Verdacht aufkommen, dass die Grenzwerte in der Richtlinie zu eng ge-

steckt sind, aber Tatsache ist, dass die Erhaltung eines hygienisch einwandfreien Zustandes bei regelmässiger, vorbeugender Wartung der Anlage kein Problem darstellt. Mit diesem Hintergrund sollte selbstverständlich sein, dass der Menschen bei der Arbeit, sprich die Essenz eines Unternehmens, mit hygienisch einwandfreier, gesundheitlich zuträglicher Atemluft versorgen wird. «Denn nur wer das Beste gibt, kann das Beste erwarten».

Bezugsquellen / Literaturhinweise

- *Lehrbuch der Hygiene* von Grundmann, Rüdén, Sonntag, G. Fischer Verlag Stuttgart und New York, Ausgabe 1991
- *Taschenbuch Heizung und Klimatechnik* von Recknagel, Sprenger, Schramek, Oldenburg Verlag München und Wien
- *Hygiene, Präventivmedizin, Umweltmedizin systematisch* von K. Fiedler, UNI-MED Verlag Lorch/Württemberg, Ausgabe 1995
- *Raumlufttechnik, Zwischenbericht zum ProKlima-Projekt* von W. Schmid, Heizung Klima, 5/99 und Spektrum^{GT} 11/2000
- *Hygieneverbesserung in Lüftungsanlagen* von H. P. Läng, Heizung Klima, 7/96
- *Hygienische Anforderungen an die RLT-Anlagen* von H. P. Läng, Heizung Klima, 11/2000
- *Zielwerte für Lüftungsanlagen* von B. Wahlen, Spektrum^{GT}, 3/98
- *Gebäudemonitoring, ein Qualitätssicherungsinstrument* von P. E. Häfliger, Novartis Services AG, Publikation Robe Verlag AG, 1998

- *Betreuung von Reinräumen durch eine virtuelle Gebäudeorganisation*, von P. E. Häfliger, Novartis Services AG, Publikation Robe Verlag AG, 1998, www.gbt.ch/knowhow/Doc500029/virtuell.htm
- *Airless, Wartung von RLT Anlagen* von B. Müller und K. Fitzer, Heizung Klima, 4/2000
- *Luftkanalreinigung, Stiefkind der Gebäudetechnik* von U. Sterkle, Robe Verlag AG, Spektrum^{GT}, 3/2001
- *Reinigung und Desinfektion von Klimaanlage* von Hr. Thibaut, Klima Becker, www.klima-becker.de/thibaut.html, letzte Aktualisierung 6/2001
- [SMA] – Sylvia Mackensen von Astfeld «Das Sick-Building-Syndrom unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Mobbing», Hamburg, 2000
- [Mche-99] – Dipl.-Chem. Reinhard Oppl: «Flüchtige organische Stoffe (VOC) in der Raumluft von Bürogebäuden, Studie Nr. 90829 der Miljö-Chemie, Hamburg, 1999
- [TRGS-907] – «Verzeichnis sensibilisierender Stoffe – Technische Regeln für Gefahrstoffe Nr. 907:», 1997
- [OFa-70] – O. Fanger, «Thermal Comfort», DTH, Denmark, 1970
- [OFa-88] – O. Fanger, «Introduction to the olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors» in *Energy and Buildings*, Vol. 12, No. 1, pp. 1–6, 1988
- [SGM-01] – <http://sgm.nettec.de/>

Autoren

- P. E. Häfliger ASHRAE, haefliger@balcab.ch
- Dr. U. Thies, thies@atw-ivensys.de