

# Schlecht gewartete Klimaanlage (Teil 3)

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.

## Vorschriften und Bestimmungen

Seit der Einfluss von RLT-Anlagen auf die Gesundheit bekannt ist, sind von verschiedensten Institutionen Richtlinien und Empfehlungen zum Aufbau, dem Betrieb und der Wartung von RLT-Anlagen aufgestellt worden. Im September 1992 wurde in Deutschland eine «Konzeption der Bundesregierung zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen» aufgestellt. Im Bereich RLT-Anlagen resultieren hieraus verschiedene Massnahmen und Forschungsprogramme, wie zum Beispiel das bereits erwähnte ProKlima-Verbundprojekt. Eine Übersicht über die

verschiedenen Normen, Richtlinien und Vorschriften, die sich direkt oder indirekt mit der Innenraumlufthygiene und RLT-Anlagen befassen, gibt die untenstehende Tabelle. Sie erhebt allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### VDI-6022 Blatt 1

Viele der vorangehend aufgelisteten Richtlinien sind in der VDI-Richtlinie 6022 «Hygienische Anforderungen an Raumlufthtechnische Anlagen Büro- und Versammlungsräume» eingeflossen. Die Besonderheit dieser Richtlinie ist, dass sie nicht nur Richtwerte vorgibt, sondern auch einen ausführlichen Leitfaden hinsichtlich der hygienetechnischen Wartung von RLT-Anlagen darstellt. Durch die Aktualität und die fachübergreifende Berücksichtigung technischer und medizinischer Bereiche, stellt sie derzeit die umfassendste Richtlinie hinsichtlich Hygiene in RLT-Anlagen dar und wird hier ausführlicher behandelt. Das bisher existierende Blatt 1 der Richtlinie\* befasst sich mit den hygienischen Anforderungen an Raumlufthtechnische Anlagen (RLT-Anlagen) in Büro- und Versammlungsräumen sowie vergleichbaren Aufenthaltsräumen. Sie betrifft Zuluftanlagen, da sie massgeblich für die Raumlufthygiene verantwortlich sind. Abluftanlagen werden nur berücksichtigt, wenn sie die Zuluftqualität beeinflussen. Dies ist dann der Fall, wenn ein Anteil von Abluft als Umluft hinter der ersten Filterstufe in den Zuluftbereich eingebracht wird.

Einfluss auf den hygienetechnischen Zustand von Raumlufthtechnischen Anlagen hat auf der einen Seite die bauliche Ausführung der Einzelkomponenten sowie der Einbau der Anlage im Gebäude, auf der anderen Seite der Betrieb und die Instandhaltung der Klimaanlage. Dementsprechend gliedert sich die Richtlinie in:

- Massgaben für die Gestaltung der Komponenten sowie den Aufbau und die Inbetriebnahme der Anlage.
- Vorgaben für den Betrieb und die Instandhaltung von RLT-Anlagen.

Der erste Teil der Richtlinie gibt dem Betreiber damit ein wirkungsvolles Instrument zur Auswahl des Anlagenanbieters sowie zur Vervollständigung der Erstabnahme in die Hand.

Der zweite Punkt bringt für den Betreiber von existierenden Klimaanlagen neue Aufgaben und eine erweiterte Verantwortung mit sich. Dies sorgt für entsprechende Verunsicherung sowohl bei Betreibern als auch bei den beauftragten Wartungsfirmen. Häufig fehlt in den entsprechenden Betrieben das hygienetechnische Fachwissen. Die VDI-Richtlinie schreibt daher eine Schulung der mit der Inspektion beauftragten Mitarbeiter vor (definiert in Blatt 2 der VDI-6022).

Im Folgenden werden die grundlegenden Möglichkeiten zur Untersuchung der Lufthygiene und der Hygiene von RLT-Anlagen beschrieben und dabei insbesondere auf die Hygieneinspektion eingegangen, wie sie in der VDI-Richtlinie 6022 vorgesehen ist.

## Hygieneuntersuchung

Treten am Arbeitsplatz gesundheitliche Beschwerden auf und liegt ein Verdacht auf mangelhafte Lufthygiene vor, so wird in der Regel eine Bestimmung der Luftqualität mit entsprechenden Analy-

TRGS-900	Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz, «Luftgrenzwerte»
TRGS-907	Verzeichnis sensibilisierender Stoffe
DIN-1946 Teil 2	Raumlufthtechnik-gesundheitliche Anforderungen
DIN 33403 Teil 1	Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung
DIN 33403 Teil 3	Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Beurteilung des Klimas im Erträglichkeitsbereich
DIN EN ISO 7730	Ermittlung des PMV* und des PPD** und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit
VDI-3803	Raumlufthtechnische Anlagen – Bauliche und technische Anforderungen
VDI-3816 Blatt 1–Blatt 4	Betrieb von RLT-Anlagen bei belasteten Aussenluftsituationen
VDI-4200	Messen von Innenraumlufthverunreinigungen
VDI-6022	Hygienische Anforderungen an Raumlufthtechnische Anlagen, Büro- und Versammlungsräume

\* PMV: Predicted Mean Vote – vorausgesagtes mittleres Votum  
 \*\* PPD: Predicted Percentage of Dissatisfied – vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener

Übersicht über verschiedene Normen, Richtlinien und Vorschriften.

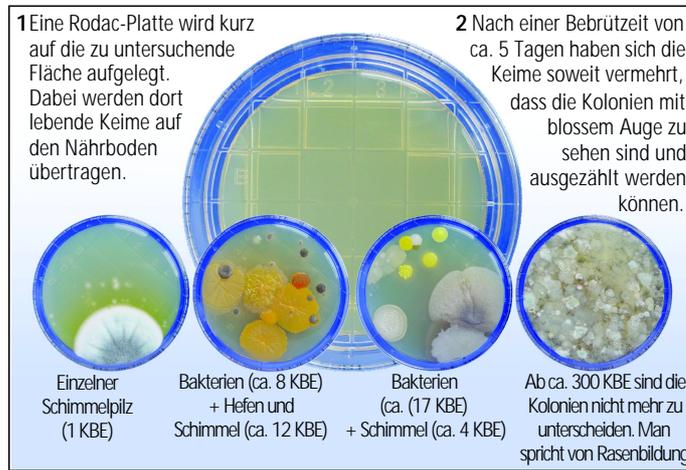
\* Blatt 2 gibt Hinweise zur Schulung der Mitarbeiter, die eine Hygieneinspektion durchführen. Blatt 3 liegt als Entwurf vor, es erweitert den Geltungsbereich auf Produktionsräume.

severfahren durchgeführt. Hierdurch können leicht übermässig hohe Schadstoffkonzentrationen festgestellt werden, wenn die Quellen hierfür im Raum selber liegen. Schwieriger gestaltet sich die Untersuchung, wenn die RLT-Anlage als Ursache in Frage kommt. Denn hier schwanken die Werte der in die Raumluft abgegebenen Keime, abhängig vom Betriebszustand der Anlage und dem aktuellen Zustand der Aussenluft, sehr stark. Eine Untersuchung des Keimgehaltes der Raumluft, zum Beispiel, liefert nur bedingt eine treffende Aussage über den hygienetechnischen Zustand der RLT-Anlage.

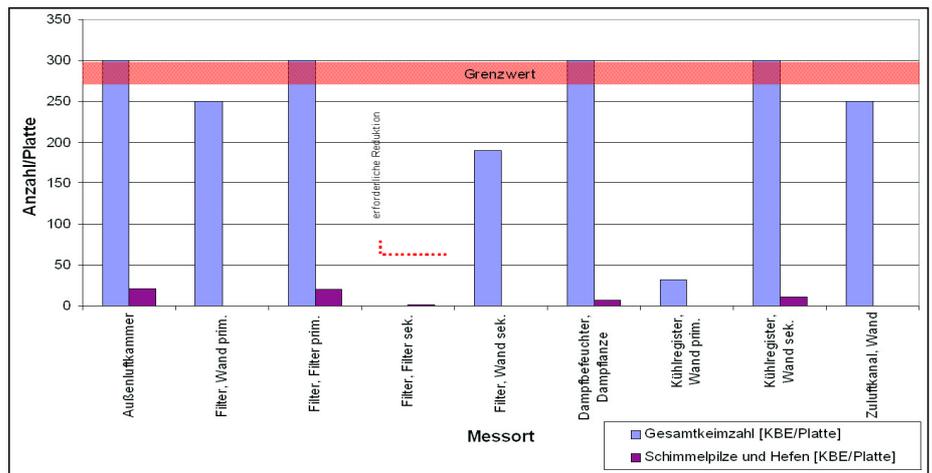
Die VDI-6022 schreibt daher eine Hygieneuntersuchung direkt in der RLT-Anlage vor. Damit wird sicher gestellt, dass die Probleme in der Anlage erkannt und die Ursachen beseitigt werden können. Hierzu sind spezifische Messpunkte an neuralgischen Punkten der Anlage vorgesehen, so dass eine vollständige Erfassung der RLT-Anlage sowie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet wird. Im Folgenden wird auf diese Messungen detailliert eingegangen.

**Mikrobiologische Untersuchung**

Die mikrobiologische Untersuchung erfolgt durch die sehr einfache und zuverlässige Anwendung von Rodac-Platten, die häufig auch als Abklatschplatten bezeichnet werden. Bei dieser Untersuchung wird ein Nährboden mit definierter Grösse kurz auf die zu untersuchende Oberfläche aufgepresst. Dabei übertragen sich lebende Keime von der Oberfläche auf den Nährboden. Beim anschliessenden Bebrüten vermehren sich diese Keime, so dass sie schliesslich mit blosssem Auge als Kolonien sichtbar sind. Die Anzahl der entstandenen Kolonien ist ein Mass für die Anzahl übertragener Keime und damit für den Hygienezustand der untersuchten Oberfläche. Die Anzahl wird in KBE angegeben (Koloniebildende Einheiten). Ab etwa 300 KBE sind die Kolonien



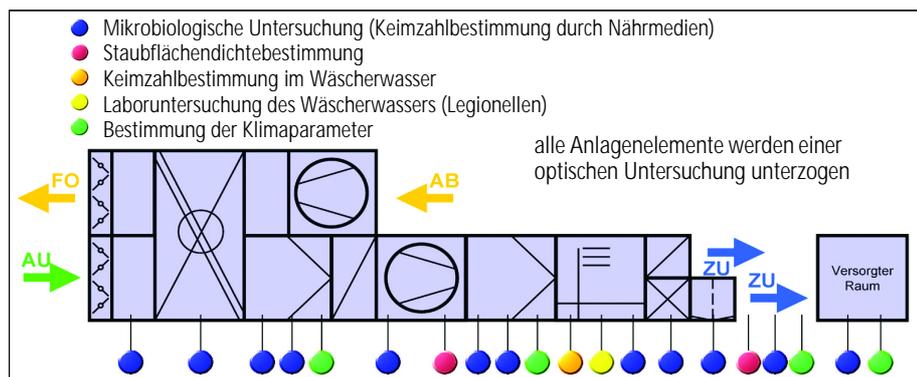
Durch die Untersuchung mit Rodac-Platten lässt sich die Gesamtkeimzahl an Oberflächen bestimmen.



Keimverteilung in der RLT-Anlage. Die Messung an verschiedenen Punkten der RLT-Anlage erlaubt die Beurteilung der «Keimverteilung» in der RLT-Anlage. Diese Anlage erfüllt die Anforderungen der VDI-6022 nicht.

auf der Platte nicht mehr einzeln zu erfassen, man spricht dann von Rasenbildung. Daher liegt die Messobergrenze dieses Verfahrens bei 300 KBE. Hefen, Schimmelpilze und Bakterien lassen sich aufgrund der Form der gebildeten Kolonien unterscheiden. Zur genaueren Differenzierung werden auch Nährböden (Selektiv-Agar) eingesetzt, die das Wachstum zum Beispiel von Bakterien verhindern, so dass sich nur Schimmelpilz-Kolonien entwickeln können. Das Bild zeigt im Hintergrund eine Rodac-Platte und im Vordergrund unterschiedliche Koloniebildungen.

Diese Untersuchung wird an den Innenwänden der RLT-Anlagenkomponenten durchgeführt, die für einen Keimbefall besonders anfällig sind. Um festzustellen, ob die Filter nicht durchschlagen, das heisst, die Keime noch nicht von der Schmutz- auf die Reinseite des Filters hindurchgewachsen, werden auf beiden Seiten des Filtermaterials ebenfalls Tests durchgeführt. Zur Beurteilung des Ergebnisses dienen die Werte, die im Aussenluftbereich der Anlage festgestellt werden. In der Anlage darf an keiner Stelle (mit Ausnahme der Schmutzseite des Filters) gleiches oder stärkeres Keimwachstum festgestellt werden als im Aussenluftbereich. Die zweite Vorgabe betrifft die Filter. Hier muss auf der Reinseite eine Reduktion der Keimzahl von 90 % gegenüber der Schmutzseite erreicht werden. Damit ist sichergestellt, dass der Filter seine Funktion noch ausreichend erfüllt. Obenstehendes Balkendiagramm zeigt die Ergebnisse der Messungen in einer Anlage. Deutlich ist zu sehen, dass die Werte in der Anlage an der Wand des Dampfbefeuchters und hinter dem Kühlregister den Wert der Aussenluftkammer (hier der Referenzwert) erreichen und damit



Messpunkte einer professionellen Hygieneinspektion in Anlehnung an die VDI-6022.

die Bedingungen der VDI-Richtlinie 6022 nicht erfüllt sind. Eine Grundreinigung der Anlage ist dringend angeraten, zumal auch im Zuluftkanal verstärktes Keimwachstum festgestellt wurde. Der eingesetzte Filter ist hinsichtlich der mikrobiologischen Grenzwerte in Ordnung, da die erforderliche Reduktion deutlich erreicht wird. Allerdings deutet der feststellbare Schimmelpilz auf der Sekundärseite schon auf eine längere Einsatzdauer des Filters hin.

**Keimzahl- und Legionellenbestimmung im Wäscherwasser**

Das Wäscherwasser bietet für Keime einen guten Lebensraum. Auch Legionellen sind Keime, die im Wasser leben. Durch die Aerosolbildung im Sprühbefeuchter der Anlage gelangen diese Keime in die Raumluft. Das Wäscherwasser ist daher einer genaueren Untersuchung zu unterziehen.

Neben der Beurteilung des Zustandes, zum Beispiel Flockenbildung, Algenwachstum, Bildung eines Biofilms oder feststellbarer Geruch wird das Wasser auch hinsichtlich der Keimzahl untersucht. Die VDI-6022 schreibt hierzu eine 14-tägige Keimzahlbestimmung vor, sowie im Rahmen der Hygieneinspektion eine Keimzahlbestimmung zuzüglich einer spezifischen Legionellenbestimmung.

Für die allgemeine Keimzahlbestimmung kann das Wasser entnommen werden und in einem geeigneten Labor untersucht werden oder mit einem Dip-Slide direkt untersucht werden.

Die Laboruntersuchung ist in der Regel genauer, allerdings muss hierfür das Wasser innerhalb weniger Stunden in das Labor gebracht werden. Weiter ist zu beachten, dass beim Transport der Wasserprobe die gleiche Temperatur vorherrscht, wie im Wäscher. Im Labor

werden die Proben dann mit Nährflüssigkeit versetzt, bebrütet und ausgezählt. Die Laboruntersuchungen werden im Zuge der Hygieneinspektion durchgeführt, da nur im Labor eine genaue Bestimmung der Legionellenanzahl möglich ist (für die Bebrütung von Legionellen ist ein Labor der Sicherheitsstufe 2 erforderlich).

Zur Keimzahlbestimmung mit «Dip-Slide» werden diese direkt in das Wäscherwasser getaucht und anschließend bei Zimmertemperatur für zwei bis drei Tage bebrütet. Der Dip-Slide ist ein rechteckiger Streifen auf dem auf beiden Seiten ein unterschiedlicher Nährboden (Agar) aufgebracht ist, so dass eine Differenzierung hinsichtlich Schimmelpilz und Bakterien möglich ist. Wie bei den Rodac-Platten erfolgt die quantitative Bestimmung der Keimzahl durch Auszählen der Kolonien. Der Wert wird in KBE/ml angegeben.

Das Wäscherwasser darf einen Grenzwert von 1000 KBE/ml nicht überschreiten. Tritt ein vermehrtes Keimwachstum auf, sollte ebenfalls das Einlasswasser untersucht werden, hier darf ein Grenzwert von 100 KBE/ml – was Trinkwasserqualität entspricht – nicht überschritten werden.

**Legionellenschnelltest**

Etwas unverständlich ist, dass ein Test hinsichtlich Legionellen im Wäscherwasser nur im Rahmen der Hygieneinspektion und damit alle zwei Jahre vorgeschrieben ist. Grund hierfür sind wahrscheinlich die hohen Kosten, die durch eine Legionellenbestimmung im Labor anfallen. Auch wenn ein geringes Gesamtkeimwachstum eine gewisse Sicherheit bietet, so ist doch die Gefahr, die von den Legionellen aus geht, so gross, dass eine differenzierte Untersuchung in regelmässigeren Abständen zu befürworten ist.

Hierfür bietet sich der Einsatz eines erst vor kurzer Zeit am Markt eingeführten Legionellenschnelltests an. Er erlaubt die Detektion von Legionellenantikörpern im Wasser innerhalb von einer Stunde. Der Test selber ist nach einer entsprechenden Schulung leicht und schnell auch ausserhalb eines Labors durchführbar [SGM-01]. Derzeit wird der Test bei uns für die 14-tägige Wäscherwasseruntersuchung eingesetzt und mit Laboruntersuchungen verifiziert. Da bisher noch keine positiven Befunde aufgetreten sind, kann an dieser Stelle noch keine Aussage zur Zuverlässigkeit des Tests getroffen werden.

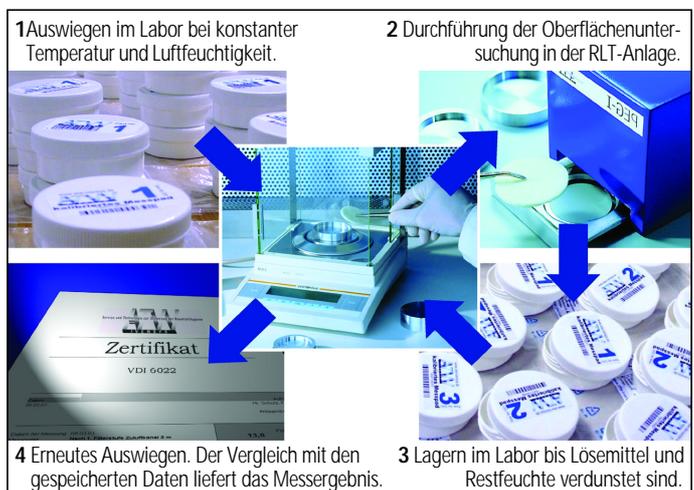
**Gravimetrische Oberflächenuntersuchung**

Eine Messung, die einen Eindruck des Verschmutzungsgrades der RLT-Anlage angibt, ist die Staubflächendichtebestimmung, die im Anhang des Blatt 3 der Richtlinie aufgenommen wurde und damit auch für Untersuchungen nach Blatt 1 vorgeschrieben ist. Das Ziel dieser Messung ist die Bestimmung der Menge der Verschmutzung, die sich auf der Oberfläche – in der Regel dem Boden der RLT-Anlagenkomponenten – abgelagert hat. Dieser Schmutzfilm ist partiell verantwortlich für die Bakterienbelastung, aber auch für die Geruchsbildung durch RLT-Anlagen.

Mittels Angabe der Verunreinigung in g/m<sup>2</sup> kann auch der Erfolg einer Reinigung der RLT-Anlage aufgezeigt werden. Die Schwierigkeit bei der Messung liegt darin, dass der Schmutz meist anhaftet, denn lose Partikel werden bereits durch die Luftströmung in der Anlage mitgerissen. Beim Lösen des Schmutzes ist darauf zu achten, dass durch eingesetzte Lösemittel sowie durch zu starke mechanische



Cult-Dip combi (Dip-Slide). Auf der linken Seite die beiden unterschiedlichen Nährböden (TTC-Agar und Kartoffel-Glucose-Agar), rechts der bebrütete Stift mit Keimen (zirka 10<sup>6</sup>) und Hefen und Schimmelpilzen (zirka 10<sup>3</sup>).



Messverfahren zur Bestimmung der Oberflächenverschmutzung.

Beanspruchung keine abgelösten Metallpartikel das Ergebnis verfälschen. Ein mögliches Messverfahren stellt die Abbildung 10 dar.

Bei diesem Messverfahren wird durch ein Probenahmegerät auf die zu untersuchende Oberfläche Lösemittel aufgebracht, anschliessend werden nacheinander drei kalibrierte Messpads rotierend aufgepresst. Das Gerät überwacht dabei die Lösemittelmenge, den Anpressdruck und den Rotationswinkel, so dass der Bedieneinfluss minimiert wird. Durch die Verwendung von drei einzeln kalibrierten Filz pads je Messstelle wird die Messgenauigkeit erhöht.

### Optische Untersuchung und Dokumentation

Die wichtigste Inspektionsaufgabe ist schliesslich die genaue optische Untersuchung der Anlage. Hierbei werden sowohl bauliche als auch wartungsbedingte Mängel aufgedeckt, die sich vor allem durch Kalkablagerungen und Rostbildung äussern. Aber auch Abrieb von Keilriemen, austretende Schmierstoffe am Ventilator sowie Beschädigungen der Lamellen der Register sind unter hygienetechnischen Gesichtspunkten ein Mangel und werden bei dieser Inspektion dokumentiert. Eine genaue Aufstellung der weiter zu untersuchenden Punkte würde hier den Rahmen sprengen.

Wichtig für die Qualität einer Untersuchung ist eine ausführliche Dokumentation der festgestellten Mängel durch Laborberichte und Messprotokolle. Die Ergebnisse der optischen Untersuchung wird dabei idealerweise durch eine Fotodokumentation belegt. Durch diese Dokumentation kann der ordnungsgemässe Zustand der Anlage bei Bedarf nachgewiesen werden. Im Falle auftretender Mängel bietet die Dokumentation auch ein Grundlage für die Beurteilung der Qualität durchgeführter Wartungs- und Reinigungsmaßnahmen.

### Bezugsquellen / Literaturhinweise

- *Lehrbuch der Hygiene* von Grundmann, Rüden, 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<sup>GT</sup> 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<sup>GT</sup>, 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](http://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<sup>GT</sup>, 3/2001
- *Reinigung und Desinfektion von Klimaanlage* von Hr. Thibaut, Klima Becker, [www.klima-becker.de/thibaut.html](http://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](mailto:haefliger@balcab.ch)
- Dr. U. Thies, [thies@atw-ivensys.de](mailto:thies@atw-ivensys.de)



Durch die optische Inspektion werden auch verdeckte Mängel, zum Beispiel im Zuluftkanal (links) oder Aussenluftkanal (rechts), deutlich.