Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 44

Artikel: Sanierung von Induktionsklimaanlagen
Autor: Kollbrunner, Stephan
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79817

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

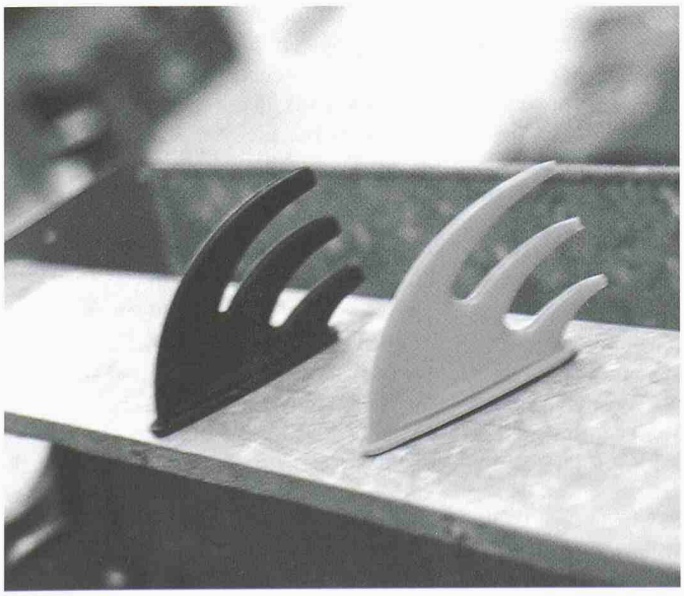
Stephan Kollbrunner, Herrliberg

Sanierung von Induktionsklimaanlagen

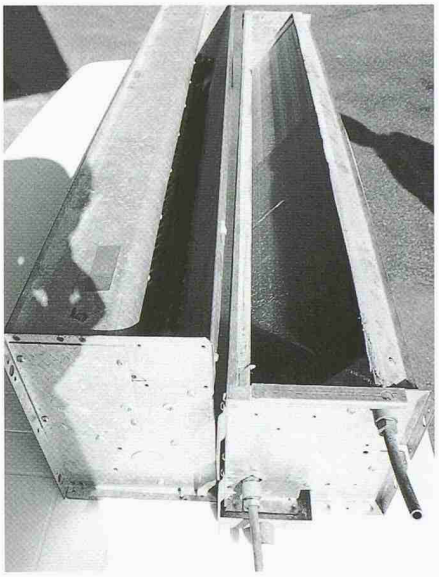
Etwa vor zehn Jahren kamen die Klimaanlagen in Verruf. Mittels neu entwickelter Düsen (Bild 1), die aufgrund ihrer Innovation und Nachhaltigkeit mit dem Prix eta 98 ausgezeichnet wurden, können Brüstungsgeräte von Induktionsklimaanlagen aus den 60er- und 70er-Jahren – ohne grossen Aufwand und heutigem Standard entsprechend – kostengünstig saniert werden.

In den Anfängen der Klimatisierung wurde der Wärmeanfall (Sonnenschein, Beleuchtung, Büroapparate, Personen) in den Büroräumen mit zugeführter Kaltluft von der Zentrale kompensiert. Diese zwangsläufig grossen Luftmengen, überstiegen das Frischluftbedürfnis der Benutzer mehrfach und wurden mittels eines Verteilkanalsystems mit grossem Platzbedarf über Lochdecken eingeblasen. Neben hohen Ventilationskosten (Druckverluste) verlangte der grosse Luftwechsel pro Büro (10-fach) auch nach entsprechend zusätzlicher Heiz- und Kühlleistung, natürlich mit den damit verbundenen Unterhaltskosten und dem entsprechenden Energieverbrauch. Um diesem Missstand abzuhelfen, wurden in den 60er Jahren die Induktionsanlagen eingeführt. Mit der Weiterentwicklung wich der zehnfache dem dreifachen Luftwechsel bei Induktionsanlagen, die nun auch Hochdruckanlagen genannt wurden. Die Verkleinerung des Frischluftbedarfs wurde damals als grosser Fortschritt bewertet und setzte sich in der Folge als Anlagenart durch. Die herrschende Baukonjunktur der 70er-Jahre führte zu einer weiten Verbreitung dieser heute erneuerungsbedürftigen Anlagen. Vor etwa zehn Jahren kamen Klimaanlagen in Verruf: aus hygienisch-medizinischen Gründen (Sick-Building-Syndrome), wegen des Strom- und Ölverbrauches als Energieverschwender, und nicht zuletzt wegen einer allgemeinen Sensibilisierung der Technik gegenüber. Viele Zentralen waren wirklich überdimensioniert und schlecht oder gar nicht gewartet. Festgestellt wurde, dass die Vorwürfe prinzipiell zutrafen. In der Folge entstanden neue Vorschriften und eine restriktive Bewilligungspraxis. Der Einbau von Klimaanlagen bei Neubauten wurde mehr und mehr eingeschränkt.

Heute werden hauptsächlich Läden und Einkaufszentren gekühlt. So wurde die Entwicklung der Büroklimaanlagen in der Schweiz unterbrochen, abgesehen von der Einführung von Quelllufteinlässen mit Deckenkühlung, deren Werte heute auf einen einfachen Luftwechsel pro Stunde geschrumpft sind. Dieser Wert allerdings wäre bei Brüstunggeräten durch eine Verbesserung des Induktionsverhältnisses von 1:2,5 auf 1:10 auch erreichbar.



1
Die neu entwickelten Düsen, die mit dem Prix eta 98 ausgezeichnet wurden



2
Ausgebautes Brüstungsgerät

Induktionsklimaanlagen

Induktionsklimaanlagen beruhen im wesentlichen auf der Idee, durch Frischlufteinblasung Raumluft durch einen Wärmetauscher zu schleppen, der mittels Wasser die Luft kühlt oder heizt, um so die gewünschten Klimatisationsbedingungen zu erreichen. Die Raumluft wird mit der zentral aufbereiteten Primärluft mittels Induktionsdüsen durch die Wärmetauscher befördert, mit der Primärluft vermischt und am Fenster (mit der örtlich grössten Heiz- und Kühllast) von Zeit zu Zeit emporgeblasen. Je grösser der Anteil der Raumluft im Verhältnis zur Primärluft aus der Zentrale ist, um so wirtschaftlicher kann gekühlt oder geheizt werden.

Grundsätzlich ist eine reine Frischluftkühlung ab Zentrale immer auf das maximale Fördervolumen zur Kühlung ausgelegt. Die Zentrale hat diese Leistung immer bereitzustellen und mit dem Ventilator in die Büros zu blasen, ohne Rücksicht, ob ein derartiges Volumen dauernd benötigt wird. Im Gegensatz dazu lässt die Kühlung über ein Wassersystem eine Regelung pro Raum vergleichsweise präzise zu. Der Wasserkreis wird auf die nötige Leistung mittels Ventile gedrosselt. Heute ist es möglich, dies mit modernen, drehzahlgeregelten Pumpen energetisch zu optimieren. Der Transport der Kühlleistung mit Wasser benötigt etwa 2% des Raumvolumens der entsprechend dimensionierten Zuluftkanäle, aber nur etwa 3% der Energie wird zur Beförderung von Luft benötigt. Somit ist es naheliegend, dass

3
Brüstungsgerät

eine Verbesserung der Induktionsleistung (altes Konzept mit neuen Pumpen und neuer, kleinerer Zentrale) heute wirtschaftlich betrieben werden kann.

Zwei Konzepte

Die beiden Haupthersteller und Installateure der 60er- und 70er-Jahre verwendeten verschiedene Anlagekonzepte: die beiden Ventiltypen (Dreileiter, Vierleiter) unterschieden sich sowohl im hydraulischen als auch regeltechnischen Konzept. Merkwürdigerweise hatten aber die Anlagen keine getrennten Heiz- und Kühlschlangen in den Wärmetauschern, was zu erheblichen Nachteilen führte. Beim Einbau war zudem oft die Geräteabmessung systementscheidend(!). So wurden etwa die kleineren Geräteabmessungen der Jet-Air-Geräte bei kleinerem Fensterraster eingebaut, diese führen heute, der erhöhten Geräteanzahl wegen, zu höheren Wartungs- und Sanierungskosten.

Allen damaligen Anlagen gemeinsam ist das nachteilige - damals aber aktuelle - Verhältnis zwischen Umluft und hohem Frischluftanteil, was sich mit einem viel zu hohen Luftwechsel und hohen Luftgeschwindigkeiten in den Kanälen koppelt (Hochdruckklimaanlage). Eine weitere Gemeinsamkeit besteht darin, dass eine Erhöhung der Induktionsleistung die benötigte Primärluftmenge, bei gleicher (oder besserer) Geräteleistung, bis zu 75% reduziert. Die hohen und damals unterschätzten Verbrauchswerte und Verluste in den Geräten entstehen hauptsächlich durch die Alterung der Abdichtungen an den beweglichen Teilen: im Ventil oder durch eine von Anfang an ungenügende Auslegung der Ventile (hoher Druckverlust, ungenügende Wassermenge), sowie deren ungenügende Wartung. Verstärkt wird dieser Effekt bei Einrohrwärmetauschern und Anlagen mit gemeinsamem Rücklauf (Dreileiter) durch die Mischverluste beim Kühlen und Heizen gleichzeitig im gleichen Gerät, was den Energieverbrauch der Wasserkreise bis zu 50% erhöhen kann: es heizt der Kessel, während die Kältemaschine kühlt, das Heiz- und Kühlwasser mischt sich im Rücklauf des Dreileiters und/oder wird auch im Ventil und im Wärmetauscher vermischt, der Kessel bekommt Kühlwasser zurück und die Kältemaschine kühlt Wasser aus dem Heizkreis.

Diese Scheinleistung liess sich neben der tatsächlichen Leistung, welche dabei natürlich stark reduziert wurde, bei Prüfstandversuchen mit defekten Ventilen nachweisen.

Alte Technik auf dem Prüfstand

Baut man die alten Wärmetauscher aus, findet man sie luftseitig extrem verschmutzt, die Lamellen sind vom Schwitzwasser aufgelöst und innen wasserseitig in den Bögen vom Lochfrass, hervorgerufen durch Spannungsrisskorrosion, durchgerostet; oder sie sind wegen Schwitzwasser und Staub wie zugekittet, was die Folge von Absenkungen der Kühlwassertemperatur zu Gunsten einer Leistungsverbesserung ist, was wiederum auf mangelhaften Unterhalt zurückzuführen ist. Durch die immer schlechter funktionierenden Ventile traten beim Kühlbetrieb Zugerscheinungen auf, da immer mehr Ventile nur noch entweder kühlten oder heizten. Folglich wurde im Winter gekühlt und im Sommer geheizt.

Auf dem Prüfstand wurden die Funktion der Ventile kontrolliert und die Leistung der Geräte nachgemessen. Obwohl Ventile ausgewählt worden waren, die als funktionstüchtig angesehen wurden, die also bei richtiger Primärluftmenge und Versorgung mit Wasser eine gute Leistung erreichen sollten, stellte sich heraus, dass sie in den Geräten Kalt- und Heizwasser vermischten und nicht mehr auf die Raumtemperatur reagieren konnten, also nicht mehr in der Lage waren zu regulieren.

Neuentwicklung

Drei grundsätzlich verschiedene Gerätereihen mit neu entwickelten Wärmetauschern und angepassten Düsen, welche genau in die alte Halterung passten, und Ventile mit kleinem Druckverlust und verbessertem Arbeitsweg (Hub 1 mm anstatt 6 mm) wurden entwickelt, geprüft und dann auch praktisch auf ihre Einbaueignung erprobt. Ziel der Erneuerung war:

- heute gültige Vorschriften zu berücksichtigen. Das bedeutet vor allem eine Reduktion der Frischluftmenge bei gleicher Leistung des Induktiongerätes, um die Vorschriften über die Luftgeschwindigkeit in den Kanälen einzuhalten
- den Komfort heutigen Kühldeckenanlagen anzugleichen (keine Zugerscheinungen bei Heizbetrieb)
- Beibehaltung der hohen Leistung im kritischen Fassadenbereich und schnelle Ansprechbarkeit auf wechselnde Raumverhältnisse
- massive Senkung des Energieverbrauchs in den Bereich der modernster Anlagetypen

Um die Werte dem neuen Energiegesetz anzupassen wurde durch neue Wärmetauscher der saugseitige Druckverlust verringert und zugleich die Trennung von Heiz- und Kühlkreis (wasserseitig) vorgenommen. Durch die neuen zweikreisigen Wärmetauscher mit grösserer Tiefe und grösserem Lamellenabstand (3 mm anstelle 1,5 mm) konnte auch die Ventiltechnik mit marktgängigen, billigen Produkten gelöst werden. Die neuen Düsen (Prix eta 1998) erlauben dank den verbesserten Wärmetauschern bei gleicher Kühlleistung halbierte Primärluftmengen und damit eine um 75% reduzierte Ventilatorleistung.

Durch den Wegfall der Mischverluste wurde auch der Verbrauch an «Scheinenergie» spektakulär gesenkt.

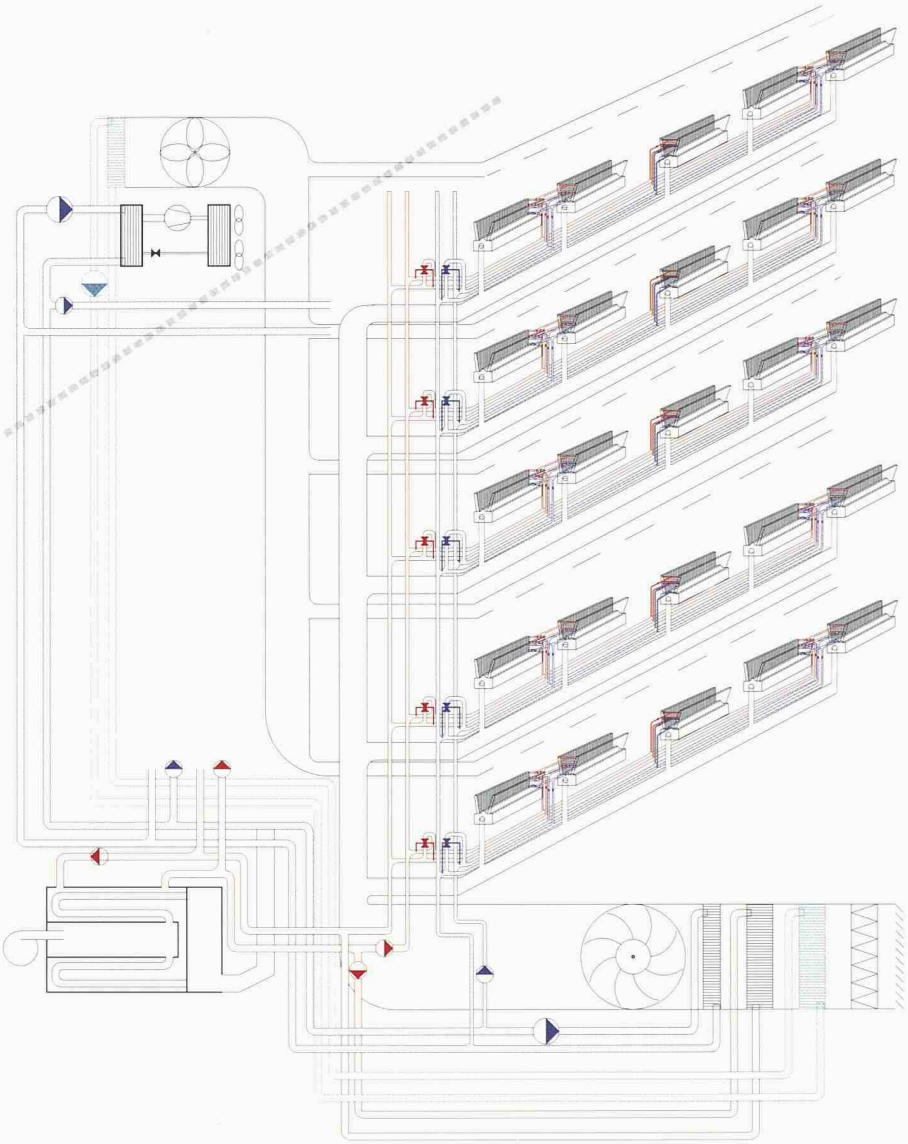
Einfluss der Düsen auf Induktionsverhältnis und Energieverbrauch

Neben dem Ersatz der Ventile und der Regeltechnik ist die Aufmerksamkeit vor allem der Betriebssicherheit, dem Druckverlust und der Fühlerpositionierung zu schenken. Bei der Mehrheit der alten Geräte müssen auch die Einrohrtauscher gegen neue auf Mass gefertigte Zweirohrtauscher

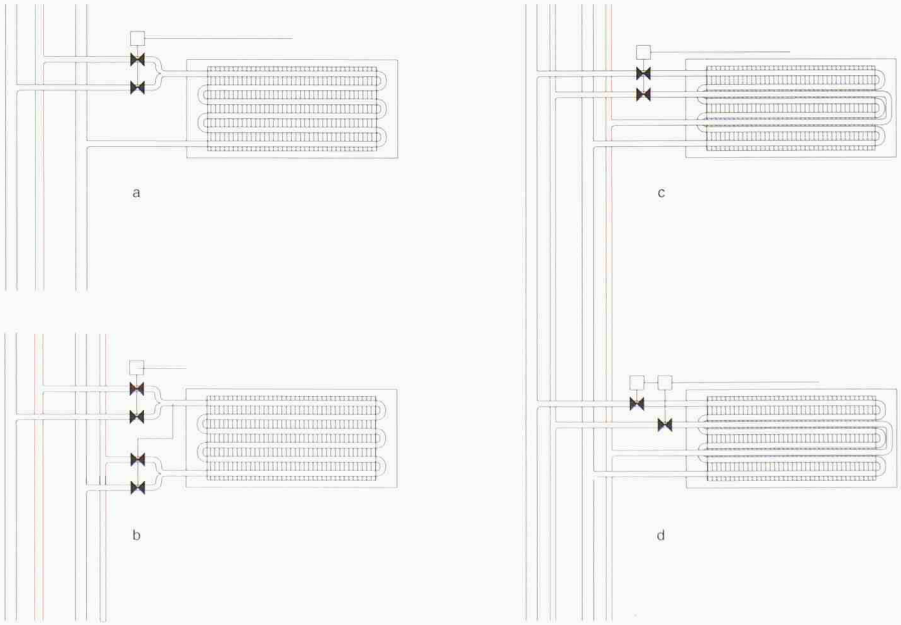
ersetzt werden. Durch den vergrösserten Lamellenabstand und das Weglassen der Filter fällt auch der einfachere Unterhalt der neuen Tauscher ins Gewicht.

Durch den kleineren Druckabfall am Wärmetauscher und den Düsen mit stark verbessertem Induktionsverhältnis, wird der Frischluftbedarf theoretisch um 66% gesenkt (Heiz- und Kühlleistung und Befeuchtungsleistung).

Der Strombedarf wird zur Luftförderung auf unter 20% reduziert, was einer Angleichung an den Energiebedarf neuester Anlagen entspricht. Durch die Kühlung und Heizung an der Brüstung - dort treten die unregelmässigsten und grössten Lasten witterungsabhängig auf - und die tiefe Raumdurchspühlung lassen sich bei mittleren Luftgeschwindigkeiten angenehme Verhältnisse erzielen. Entscheidend ist dabei die Qualität der Regelung. Kühlung wird nur als angenehm empfunden, wenn es wirklich heiss ist, sonst entsteht sofort der Eindruck von Zugluft. Der getrennt steuerbare Kühl- und Heizbetrieb sperrt die Kühlung vor Erreichen der Raumtemperatur. Die Brüstungsklimageräte sollten zur ordentlichen Durchspühlung (Walze) des Büroraumes nach innen vom Fenster weg gerichtete Austrittsgitter mit zum Raum geneigten Lamellen aufweisen. Bei den älteren Vierleitergeräten wurden die Düsen schon schräg gestellt um den Luftstrom vor dem Gitter in den Raum zu richten. (Bei schlecht gesteuerten, alten Induktionsanlagen, kann beobachtet werden, dass die Benutzer die Brüstungsauslassgitter gegen das Fenster wenden [keine Raumwalze], oder aber die Auslässe in der Nähe des Arbeitsplatzes zugedeckt werden. Ungenügende Regel-



4
Versorgungsschema einer Induktionsanlage



5
Die häufigsten Hydrauliksysteme sind hier dargestellt. Getrennte Rohrsysteme und separat angesteuerte Ventile mit getrennten Rückläufen erwiesen sich beim Umbau als die richtige Lösung: a. Dreileitersystem mit kombiniertem – meistens pneumatischem – Dreiwegventil am Eingang und am Einrohrwärmetauscher. b. Vierleitersystem mit kombiniertem Ein/Aus-Dreiwegventil. Zuteilung im Rücklauf je nach Kühl- oder Heizbetrieb. Maximale Verluste bei mangelnder Rückgabeventilfunktion. c. Vierleitersytem mit Vierleiterventil an zweirohrigen Wärmetauscher (pneumatisch oder thermostatisch.) Verluste über undichte Sitze und verschlissene O-Ringe mit Scheinleistung bei der Wassermischung kalt/warm. d. Saniertes Vierleitersystem, Umbau eines Dreileiters: neuer Wärmetauscher (Heizschlange von Kühlschlange getrennt), neue Heizungsrücklaufleitung. Neue Ventile, getrennt nach Heizen und Kühlen, gemeinsamer Regler und Totzone

technik führt also zur Ablehnung durch die Benutzer.)

Geräte mit neuen Wärmetauschern, ohne Filter bringen bis zu 40% mehr Leistung ohne Düsenauswechslung. Durch das Auswechseln der Düsen wird die Leistung durch die Erhöhung des Raumumluftvolumenstromes entweder verbessert oder die Primärluftmenge kann entsprechend reduziert werden. Sie wird mindestens halbiert, kann aber meistens auf ein Drittel gesenkt werden.

Die effektive im Raum anfallende Last wird mit Wasser gekühlt. Dieses wird direkt über die Ventile kontrolliert und stellt nicht wie die Primärluft eine für das ganze Haus geltende feste Temperatur der Luft dar. Diese individuelle Regelung pro Raum spart um so mehr Energie, je mehr Raumlast sie übernehmen kann und je unterschiedlicher die Raumlast ist, sie ist somit wieder direkt vom Induktionsverhältnis abhängig.

Ein Beispiel

An der Dufourstrasse 101 in Zürich musste die Zuluftanlage erneuert werden, da die alten Monoblöcke verrostet waren. Das Gebäude ist etwa 20 Jahre alt. Verschiedene Gutachten (Fassadenqualität, Sonnenschutz usw.) wurden erstellt. Die Energiebezugsfläche beträgt 3650 m^2. Installiert ist eine Kälteleistung von 403 kW, verteilt auf zwei Maschinen. Die Primärluftmenge zur Versorgung der Brüstungsgeräte beträgt 24 000 m^3/h. Damit ist der Umbau der Zentrale von der Wahl der Bürogeräte abhängig. Vier verschiedene Sanierungvarianten wurden geprüft:

- Ersatz der Brüstungsgeräte durch neue. Diese weisen aber keine verbesserte Induktionsleistung auf.
- Moderne Quellluftinduktionsgeräte: sie saugen die Raumluft durch einen Wärmetauscher, von oben an und blasen sie nach unten aus. Um gute Leistung im Kühlbereich zu erreichen, ist jedoch die Austrittsgeschwindigkeit im Bodenbereich für ein Komfortklima zu hoch, vor allem im Kühlbetrieb, der die grössten Empfindlichkeiten in Gerätenähe erzeugt.
- Kühldecken. Diese bedingen jedoch den Einbau einer neuen Heizungsanlage (Radiatoren) sowie einer neuen Frischluftzuführung

Gemäss der Konzeptstudie des Ingenieurbüros Studer + Partner bietet, nach Abwägung aller Faktoren (Kosten/Nutzen-Rechnung), eine sanfte Sanierung guten Komfort und ähnlich gute Energiekennzahlen wie die teurere Kühldeckenvariante. Zudem ist nicht zu unterschätzen, dass umgebaut werden kann, ohne die Büros zu räumen.

Schlussfolgerung

Der anfängliche Aufwand durch Ausmessung und Erprobung der zu sanierenden Elemente einer Induktionsklimaanlage führte beim praxiserprobten Umbau mit den entsprechenden neuen Bauteilen zu viel besseren Ergebnissen, als ursprünglich erwartet worden war. Die konzeptionell guten Induktionsanlagen wurden durch mangelnde Pflege und Wartung, unsachgerechte Umbauten und hydraulische Anpassungen in der Zentrale und vor allem auch wegen veralteter Regeltechnik völlig unterschätzt. Mit wenigen, aber sorgfältig konstruierten und messtechnisch begründeten und auf leichten Einbau zugeschnittenen Einzelkomponenten, lassen sich Ergebnisse erzielen, die zu einem Bruchteil der Kosten einer Totalsanierung, aber mit annähernd gleichen Energiewerten zu realisieren sind.

Adresse des Verfassers:
Stephan Kollbrunner, ecopac AG, Ingenieurbüro, Schlattstrasse 7, 8704 Herrliberg