

# Schritt für Schritt und mit System

**Bei der Inbetriebnahme und Abnahme einer raumluftechnischen Anlage gilt es einiges zu beachten.  
Ein Beispiel aus der Praxis**

In Deutschland gibt es eine Vielzahl an raumluftechnischen Anlagen im Bestand. Je älter eine Anlage ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie vollständig oder in Teilen erneuert werden muss. An der Technischen Hochschule Köln erfolgte eine solche Bestandssanierung an der Forschungsklimaanlage des Fachbereichs Technische Gebäudeausrüstung. Die verschiedenen Aspekte, die in diesem Zusammenhang bei der Abnahme und Inbetriebnahme zu berücksichtigen sind, werden nachfolgend dargestellt.

## Wozu eine Abnahme?

Die Abnahme hat aus juristischer Sicht unterschiedliche Auswirkungen. Mit ihr beginnt zum einen die Gewährleistungsfrist. Sofern die VOB/B vertraglich vereinbart ist, beträgt diese für Bauwerke (unter anderem RLT-Anlagen) vier Jahre, sofern der Auftragnehmer für diese Zeit einen Wartungsvertrag erhält. Ohne Wartungsvertrag gilt für elektrische und maschinelle Bauteile, bei denen die Wartung Einfluss auf die Sicherheit hat (z. B. Ventilatoren), eine zweijährige Gewährleistungsfrist. Ohne Vereinbarung der VOB/B gilt die gesetzliche Grundlage nach BGB mit fünf Jahren Gewährleistung. Des Weiteren ist der Gefahrenübergang eine Folge der Abnahme. Ab diesem Zeitpunkt muss der Auftraggeber für den Schutz des Werkes Sorge tragen. Die Umkehr der Be-

weislast ist ebenfalls eine Folge der Abnahme und führt dazu, dass der Auftraggeber den Nachweis führen muss, dass ein nach der Abnahme entdeckter Mangel bereits zum Zeitpunkt der Abnahme vorhanden gewesen ist. Der Auftragnehmer hat darüber hinaus mit der Abnahme Anspruch auf Vergütung.

## Prüfung einer RLT-Anlage

Die DIN EN 12599 stellt ein hilfreiches Werkzeug zur Planung und Umsetzung einer Inbetriebnahme/Abnahme dar. Daran orientieren sich die folgenden Aussagen. Zunächst ist die Anlage einer Vollständigkeitsprüfung zu unterziehen, um feststellen zu können, ob sie so errichtet worden ist, wie die vertragliche Vereinbarung es vorsieht und ob die Komponenten mit dem Leistungsverzeichnis überein-

stimmen. Im besten Falle ist die Person, die für die Bauleitung und -überwachung des Lüftungsprojektes verantwortlich ist, in die Vollständigkeitsprüfung eingebunden. Weiterhin wird geprüft, ob die Anlage den anerkannten Regeln der Technik entspricht (z. B. LüAR, DIN EN 16798, VDI 6022, etc.), die Zugänglichkeit für Wartungs- und Revisionsarbeiten auskömmlich ist, sich die Zentrale und das Kanalnetz in einem sauberen Zustand befinden und eine Luftdichtheitsprüfung vorliegt. Außerdem sollten die notwendigen Betriebsunterlagen vorhanden sein. Die Prüfung erfolgt sowohl mittels Inaugenscheinnahme als auch anhand der Berechnungen und Unterlagen.

Im nächsten Schritt folgt die Funktionsprüfung. Bei dieser wird die Betriebsfähigkeit der Anlage getestet. Sämtliche Sensoren und Aktoren sind auf ihre korrekte Funktion zu prüfen. Im Anschluss daran wird eine Funktionsmessung durchgeführt, bei der unter anderem die Volumenströme gemessen werden. Zudem werden die Temperaturen in der Anlage und in den zu konditionierenden Räumen erfasst. Diese können beispielsweise zur Prüfung der Wärmerückgewinnung herangezogen werden. Weiter werden Volumenströme und Temperaturen der Fluide im Heiz- und Kühlregister ermittelt und zur akustischen Bewertung die Schalldruckpegel gemessen.

Tip: Es empfiehlt sich, die Anforderungen an die Abnahme bereits im Vorfeld vertraglich zu definieren. So kann beispielsweise zusätzlich zur DIN EN 12599 eine Hygieneinspektion nach VDI 6022 vereinbart werden.

## Praxisbeispiel – Abnahme der Forschungsklimaanlage

Bei der eingangs beschriebenen Forschungsklimaanlage wurde zunächst die Inbetriebnahme in Anlehnung an DIN EN

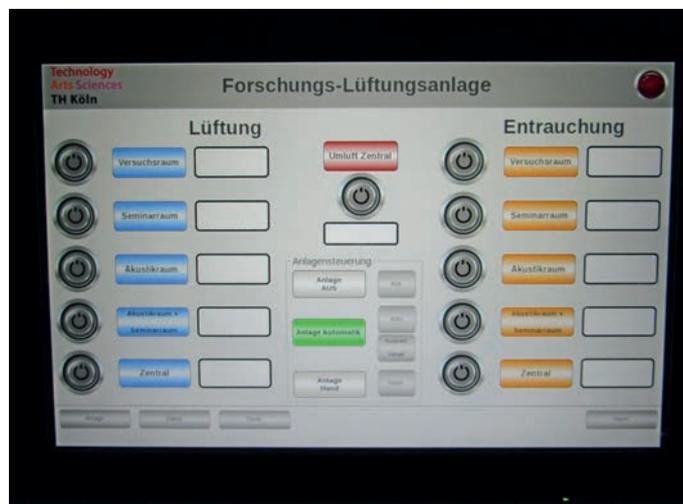


Die Forschungsklimaanlage des Instituts Energie- und Gebäudetechnik der TH Köln nach Abschluss der Sanierungsmaßnahme.

12599 geplant, um vorhandene Mangel-  
punkte vor der nachfolgenden Abnahme  
reduzieren zu können. Es folgte die Voll-  
ständigkeitsprüfung, bei der die gesamte  
Anlage begangen und mittels Checkliste  
nachgehalten wurde, ob die Bauteile, Sen-  
soren und Aktoren vorhanden und kor-  
rekt eingebaut sind. Bei den Filtern ist bei-  
spielsweise darauf zu achten, dass die ak-  
tuelle Bezeichnung nach DIN EN 16890  
gemäß des Abscheidegrads, z. B. ePM10,  
angegeben ist. (Die Zahl im Index steht für  
den Größenbereich der Partikel, die abge-  
schieden werden können. Bei ePM10 liegt  
dieser zwischen 0,3 und 10 µm.)

Bei der anschließenden Funktions-  
messung wurden sämtliche Betriebszu-  
stände der Anlage gefahren und geprüft,  
ob die Sensoren und Aktoren in Funkti-  
on sind und die Werte auf dem Bedienpa-  
nel im Schaltschrank richtig ausgegeben  
werden. Im Anschluss daran wurden ver-  
schiedene Messungen hinsichtlich der Vo-  
lumenströme, bei der Wärmerückgewin-  
nung und der maschinellen Entrauchung  
durchgeführt.

Die Volumenstrommessung erfolgte  
nach DIN EN 12599. Wichtig dabei ist es,  
eine geeignete Messstrecke zu wählen, um  
Störungseinflüsse durch Strömungsum-  
lenkungen oder Einbauten zu minimie-  
ren. Je nach geometrischer Form der Lüf-  
tungsleitungen müssen die Positionen der  
Messstellen für Rohre über das Schwerli-  
nienverfahren und für Kanäle über das  
Trivialverfahren berechnet werden. Der  
Hauptvolumenstrom der Anlage wurde



Bedienpanel  
im Schaltschrank,  
über das die  
gewünschten  
Anlagenzustände  
per Touch-Funktion  
ausgewählt werden  
können.

über den Weg des dynamischen Drucks  
mittels Prandtlrohr und die einzelnen  
Teilvolumenströme an verbauten Mess-  
blenden ermittelt.

Tip: Bei der Berechnung der Volu-  
menströme ist es notwendig diese auf die  
Normdichte von 1,2 kg/m<sup>3</sup> umzurechnen,  
da die Messergebnisse sonst nicht ver-  
gleichbar sind.

Die Überprüfung der Hochleistungs-  
wärmerückgewinnung erfolgte durch  
die Temperaturmessung der Luft und des  
Wasser-Glykol-Gemischs des KV-Systems  
jeweils vor und nach den Registern der  
Zu- und Abluft (je drei Register). Darüber  
hinaus mussten der Luftvolumenstrom,  
der Fluidvolumenstrom, die Leistungs-  
aufnahme der Ventilatoren und die Hilfs-  
energien für das KV-System aufgenom-  
men werden. Die Sensoren zur Tempera-  
turmessung sollten vor der Messung in  
einem Eis-Wasser-Gemisch auf 0°C kalibriert  
werden. Nach der Messung können der  
Wirkungsgrad und die Leistungszif-  
fer berechnet werden. Der Wirkungsgrad

nach DIN EN 13053 verringert sich mit  
steigender Ventilatorleistung um bis zu  
24 auf 41,44 % nach der folgenden Formel:

$$\eta_e = \frac{\dot{Q}_{WRG} - f_p \cdot P_{el}}{\dot{Q}_{Potenzial}}$$

$\eta_e$  = Wirkungsgrad  
nach DIN EN 15053

$\dot{Q}_{WRG}$  = tatsächliche Leistung der WRG  
 $\dot{Q}_{Potenzial}$  = theoretische maximale  
Leistung der WRG

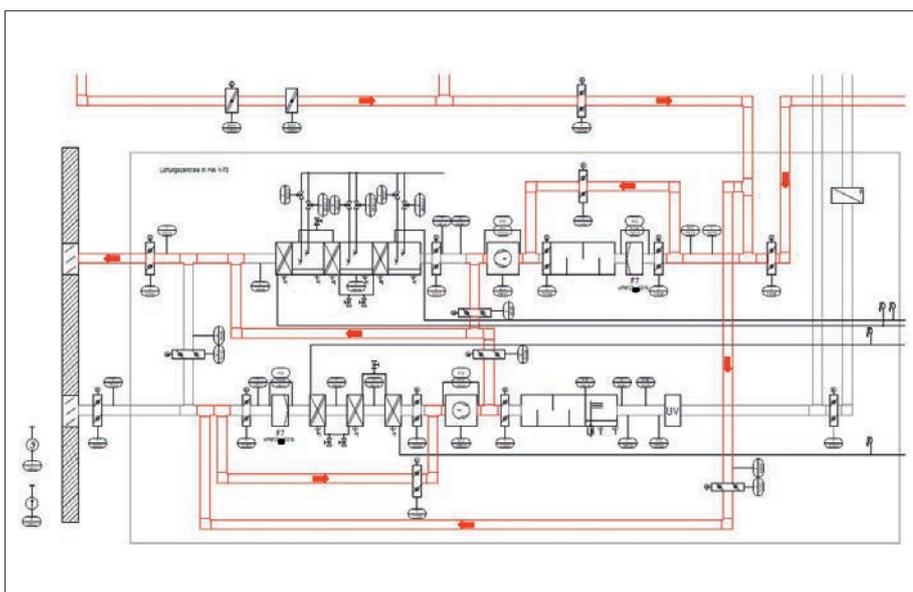
$f_p$  = Primärenergiefaktor  
(1,8 für Strom)

$P_{el}$  = zusätzlich benötigte Leistung  
des Ventilators und Hilfsener-  
gien.

Der Wärmeübergang wird durch die hö-  
heren Luftgeschwindigkeiten zwar ver-  
bessert, aber im Verhältnis gesehen ge-  
ringer, als die Druckverluste der Re-  
gister und im KV-System. Sie steigen  
gemäß des Energieverlustterms im Satz  
von Bernoulli in quadratischer Abhän-  
gigkeit zur Strömungsgeschwindigkeit  
an.

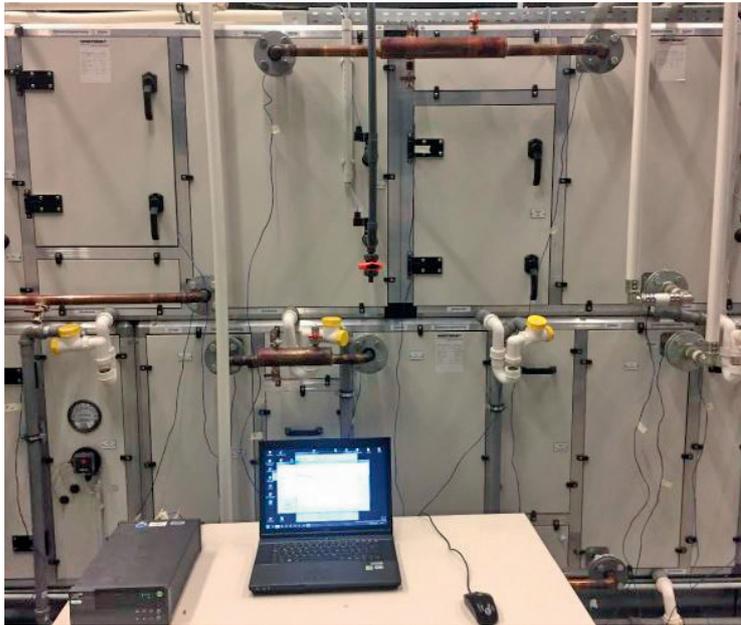
Zur Prüfung der maschinellen Entrauch-  
ung wurde zunächst der erforderliche  
abzuführende Rauchgasvolumenstrom  
nach DIN 18232 Teil 5 berechnet. Wesent-  
liche Faktoren dabei sind die Raumgröße  
(Der zu entrauchende Raum hat eine  
Größe von ca. 120 m<sup>2</sup>), die Raumhöhe  
(3 m), die Höhe der raucharmen Schicht  
(2,5 m) sowie die Wärmedurchgangskoeffi-  
zienten der Bauteile, die mit dem Rauch-  
gas in Berührung kommen, da sie eine  
Temperaturreduktion des Rauchgases  
bewirken.

Die Besonderheit der Forschungs-  
klimaanlageanlage besteht darin, dass bei-  
de Ventilatoren im Entrauchungsbetrieb  
aus strömungstechnischer Sicht zu Ab-  
luftventilatoren werden, um im Paral-  
lelbetrieb größere Luftmengen aus dem  
Raum fördern zu können. Die rechne-  
rische Auslegung nach Norm ergab ei-  
nen erforderlichen Rauchgasabluftvolu-  
menstrom von 67 700 m<sup>3</sup>/h. Die anschlie-



Anlagenschema der maschinellen Entrauchung mit der Besonderheit, dass die beiden  
Ventilatoren durch Änderungen der Klappenstellungen zu Abluftventilatoren im Parallelbetrieb  
geschaltet werden können.

Versuchsaufbau für die Messung der Wärmerückgewinnung. Die Kabel verbinden die Temperatursensoren mit der Auswerteeinheit. Die Daten der Auswerteeinheit werden auf dem Laptop weiterverarbeitet.



ßende Messung des Volumenstroms ergab lediglich 5000 m<sup>3</sup>/h im Entrauchungsbetrieb. Die hohe Abweichung zur DIN EN 18232-5 ist dadurch zu erklären, dass die Anlage nicht zur Entrauchung von heißen Gasen vorgesehen ist. Die Berechnung der Norm bezieht sich auf heiße Rauchgase und auf großflächige Hallen (400 m<sup>2</sup>). Im Gegensatz dazu ist nach den aktuellen Forderungen der MIndBauRL für Raumgrößen ≤ 400 m<sup>2</sup> ein Luftvolumenstrom von 10 000 m<sup>3</sup>/h vorzusehen. Aufgrund der Abweichungen sollte die Anlage daher nur zu Demonstrationszwecken mit kaltem Rauch oder Nebel betrieben werden. ◀

Autoren: B. Eng. Florian Bork, Masterstudent TH Köln, Prof. Dr.-Ing. Felix Hausmann, TH Köln

Bilder: Florian Bork/TH Köln

## Nachgefragt



Florian Bork, Masterstudent an der TH Köln.

**IKZ-FACHPLANER:** Anlagen im Bestand sind oftmals in der Peripherie überdimensioniert, während man immer wieder feststellt, dass Lüftungszentralen aus heutiger Sicht zu klein ausgelegt wurden, um die Anforderungen der ErP-Richtlinie an zulässige Luftgeschwindigkeiten einzuhalten. Welche Auswirkungen hat dieser Umstand auf eine Bestandsanierung?

**Florian Bork:** Bei einer Bestandsanierung ist es wichtig, eine umfangreiche Grundlagenermittlung

durchzuführen, um unter anderem die vorhandenen Platzverhältnisse in der Planung so berücksichtigen zu können, dass die Anlage den Anforderungen der ErP-Richtlinie und beispielsweise der VDI 6022 aus hygienischer Sicht entspricht. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, ausreichende Flächen für Wartungs- und Revisionsarbeiten vorzusehen, und wenn es erforderlich ist, den Standort des Lüftungsgerätes anzupassen, bzw. die Produktauswahl so zu treffen, dass die Anforderungen eingehalten werden.

**IKZ-FACHPLANER:** Experten gehen davon aus, dass dem sommerlichen Wärmeschutz zukünftig ein höherer Stellenwert eingeräumt werden muss. Die reine Lüftungsfunktion wird nicht mehr ausreichen. Werden RLT-Anlagen bei der Modernisierung also zwangsläufig mit einer Kühlfunktion ergänzt?

**Florian Bork:** Es ist nicht unbedingt erforderlich, eine zwangsläufige Kühlfunktion bei Modernisierungen zu installieren. Vielmehr sollte in der Planungsphase darüber nachgedacht

werden, beispielsweise eine Leerkammer mit einer Entwässerungsmöglichkeit vorzuhalten, um bei Bedarf die Kühlfunktion ohne größeren Aufwand nachrüsten zu können. Über die direkte Kühlung hinaus besteht die Möglichkeit, mittels adiabatischer Befeuchtung die Temperaturen zu reduzieren. Ein positiver Effekt kann auch schon dadurch entstehen, dass die Außenluft-Ansaugung nicht direkt in der Nähe eines aufgeheizten Daches erfolgt, sondern der Ansaugort mit Bedacht gewählt wird. Solche Maßnahmen sind finanziell aufwendiger, stellen aber eine langfristige Investition im Bereich Behaglichkeit und Komfort dar.

**IKZ-FACHPLANER:** Welche Einsparungen lassen sich bei der Sanierung einer RLT-Anlage realisieren? Über welche Amortisationszeiträume sprechen wir hier?

**Florian Bork:** Die Einsparpotenziale sind je nach Anlagenbauweise, Nutzung des Gebäudes und Nutzerverhalten sehr verschieden. Aufgrund dieser Tatsachen ist es nicht möglich, eine pauschale Aussage zu Amortisationszeiten zu treffen, da diese für jeden Einzelfall gerechnet werden müssen. Grundsätzlich ist es aber so, dass sich die meisten Maßnahmen innerhalb weniger Jahre rechnen.

### Im Gebäudebestand ist aus lüftungstechnischer Sicht ein hohes Energieeinsparpotenzial vorhanden.

Durch den Einsatz einer Wärmerückgewinnung, energetisch optimierter Motoren für Ventilatoren und Pumpen und einer angepassten MSR-Regelung der Anlage ist es durchaus möglich, Energieeinsparungen im Bereich von um die 80 % zu erreichen. Im Gebäudebestand in Deutschland ist aus lüftungstechnischer Sicht ein hohes Energieeinsparpotenzial vorhanden, das durch Sanierungen der bestehenden Anlagen nutzbar gemacht werden kann. Über die wirtschaftlichen Aspekte hinaus sind Vorteile wie höherer Komfort und Behaglichkeit (Luftqualität, Lärm, Zugerscheinungen, etc.) zu berücksichtigen.