

Weiterentwicklung der EnEV zur Umsetzung der neuen EG-Richtlinie

Grundlagen zur Inspektion von Klimaanlage

Teil 2: Methodik der Inspektion von Klimaanlage

Endbericht

Forschungsprogramm

Ressortforschung Bauwesen

Projektlaufzeit

September 2003 bis Juli 2005

Aktenzeichen

Z6-10.06.03.-04.120

im Auftrag

des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

sowie

des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

bearbeitet von

Dipl.-Ing. Heiko Schiller
schiller engineering, Hamburg

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzzusammenfassung	3
2	Anforderungen der Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden	5
3	Klimasysteme in der Bundesrepublik Deutschland.....	7
3.1	Definitionen	7
3.2	Klassifizierung von raumluftechnischen Anlagen	8
3.3	Bestand an raumluftechnischen Anlagen	11
3.4	Energiebedarf raumluftechnischer Anlagen.....	12
3.5	Maßnahmen zur Energieeinsparung bei raumluftechnischen Anlagen	14
3.5.1	Maßnahmen ohne bzw. mit geringfügigen Investitionen	14
3.5.2	Maßnahmen in Verbindung mit zusätzlichen Investitionen.....	16
3.6	Bisherige Inspektionstätigkeiten und Normungsansätze	19
3.7	Europäische Normungsaktivitäten	22
4	Anwendungsgebiet einer Verordnung von Inspektionen	25
4.1	Anwendungsgebiet.....	25
4.2	Mindestgröße der raumluftechnischen Anlage	25
5	Vorschlag für den Umfang von Inspektionen an raumluftechnischen Anlagen	27
5.1	Verpflichtung zur Inspektion.....	27
5.2	Komponentenbezogene Inspektionen	28
5.2.1	Inhalt der komponentenbezogenen Inspektionen	28
5.2.2	Qualifikationsanforderungen	29
5.2.3	Kosten der komponentenbezogenen Inspektion.....	30
5.3	Systembezogene Inspektionen.....	31
5.3.1	Inhalt der systembezogenen Inspektionen	31
5.3.2	Qualifikationsanforderungen	33
5.3.3	Kosten der systembezogenen Inspektion	34
6	Erforderliche Dokumentationen	35
7	Fristen und Intervalle der Inspektionen.....	36
8	Überprüfung und Qualitätssicherung	37
9	Literaturverzeichnis.....	38
Anhang 1:	Checkliste für die erforderliche Dokumentation zur systembezogenen Inspektion	
Anhang 2:	Checkliste für die Inhalte der systembezogenen Inspektion	

1 Kurzzusammenfassung

Die vorliegende Studie beinhaltet Vorschläge für die nationale Umsetzung des Artikel 9 EPBD „Inspektion von Klimaanlage“. Dazu wurden zunächst

- eindeutigere begriffliche Abgrenzungen eingeführt
- der Anlagenbestand klassifiziert
- der typische Energiebedarf quantifiziert
- die bestehenden Inspektionsansätze und Richtlinien in Deutschland sowie die europäischen Normungsansätze einer Wertung unterzogen.

Es wird vorgeschlagen, die geplante Inspektionsverordnung auf raumluftechnische Anlagen und auf Raumkühlanlagen anzuwenden. Die Bagatellgrenze von 12 kW sollte auf die (kalorische) Kälteleistung einer Anlage bezogen werden. Als zusätzliches Kriterium wird ein Zuluftvolumenstrom von 4.000 m³/h empfohlen, um raumluftechnische Anlagen bzw. Teilklimaanlagen ohne Luftkühler äquivalent zu erfassen. Dezentrale Einzelkühlgeräte sind bei regelmäßiger Anordnung zu einer Anlage zusammenzufassen.

Für die Inspektion wird ein zweistufiges Vorgehen aus mehreren Gründen für sinnvoll erachtet.

1. Regelmäßige Prüfungen in Form einer komponentenbezogenen Inspektion sollen sicherstellen, dass sich die energetische Effizienz einer Anlage nicht verschlechtert.
2. Systembezogene Inspektion sollen dazu dienen, Vorschläge für die Verbesserung der energetischen Effizienz auf Basis einer umfassenderen ingenieurmäßigen Begutachtung zu unterbreiten.

Die Zweistufigkeit führt zu einer Verringerung des Kostenaufwands und wird gleichzeitig den unterschiedlichen Qualifikationsanforderungen gerecht.

Die komponentenbezogene Inspektion kann auf der handwerklichen Ebene vorgenommen werden. Eine geeignetes Instrument stellen die VDMA-Einheitsblätter 24186 dar. Auf die energetisch relevanten Teilleistungen der VDMA 24186 kann direkt Bezug genommen werden. Es wird eingeschätzt, dass mehr als 60 % des Anlagenbestandes bereits heute auf Basis der VDMA 24186 gewartet werden und damit einer regelmäßigen Prüfung unterstehen. Für diese Anlagen sollten keine nennenswerten Mehrkosten aus der Inspektionsverordnung entstehen. Als Intervall wird 1 Jahr vorgeschlagen. Mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung und Berufspraxis sollten die Qualifikationsanforderungen erfüllt sein.

Regelmäßig erfolgende komponentenbezogene Inspektionen ermöglichen es, die systembezogenen Inspektionen in größeren Zeitabständen zu vollziehen. Die Energiesparpotenziale resultieren vor-

nehmlich aus veränderten Nutzungsanforderungen und dem technischen Fortschritt. Frühzeitige Erstinspektionen bei älteren Anlagen sind notwendig, die Wiederholungsintervalle können dagegen länger ausfallen. Ein Intervall von 6 Jahren wird als sinnvoll erachtet.

Bei der systembezogenen Inspektion soll eine umfassende Beratung erfolgen, bei der die Nutzungsanforderungen analysiert werden, die Dimensionierung der Anlage geprüft wird und für die Betriebsweise Optimierungsvorschläge unterbreitet werden. Neben anlagentechnischen Kenntnissen müssen bauphysikalische Aspekte einbezogen werden. Für die Durchführung sind eine Ingenieurqualifikation und aktuelle Berufserfahrung Voraussetzung.

Eine wichtige Voraussetzung für die Inspektionen ist das Vorliegen aussagefähiger aktualisierter Dokumentationen. Hierzu wurde eine Checkliste erstellt, deren Anforderungen bei neu errichteten Anlagen in der Regel bereits erfüllt werden. Die Vervollständigung lückenhafter Dokumentationen älterer Anlagen sollte dem Betreiber obliegen.

Für den Start der systembezogenen Erstinspektionen wird eine Staffelung der Fristen vorgeschlagen, die auf eine Glättung des jährlichen Aufkommens abzielt.

2 Anforderungen der Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

Durch die Umsetzung der EG-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) [1] wird zukünftig auch eine Reduktion der CO₂-Emissionen erwartet, die durch bestehende Klimaanlage verursacht werden.

Neben der Festlegung von Mindestanforderungen für zu errichtende Gebäude und die Aufnahme des Energiebedarfs für Klimatisierung in Energiepässe, sollen für bestehende Anlagen energetische Verbesserungen durch regelmäßige Inspektionen bewirkt werden.

Artikel 9

Inspektion von Klimaanlagen

Zur Senkung des Energieverbrauchs und zur Begrenzung der Kohlendioxidemissionen treffen die Mitgliedstaaten die erforderlichen Maßnahmen, um die regelmäßige Inspektion von Klimaanlagen mit einer Nennleistung von mehr als 12 kW zu gewährleisten.

Diese Inspektion umfasst eine Prüfung des Wirkungsgrads der Anlage und der Anlagendimensionierung im Verhältnis zum Kühlbedarf des Gebäudes. Die Nutzer erhalten geeignete Ratschläge für mögliche Verbesserungen oder für den Austausch der Klimaanlage und für Alternativlösungen.

Nach Artikel 2 der EG-Richtlinie ist eine „Klimaanlage“ definiert als:

*„Kombination sämtlicher Bauteile, die für eine Form der Luftbehandlung erforderlich sind, bei der die Temperatur, eventuell gemeinsam mit der Belüftung, der Feuchtigkeit und der Luftreinheit, geregelt wird **oder** gesenkt werden kann“.*

Nach Artikel 2 wird die Nennleistung wie folgt definiert:

„Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck: ...

7. Nennleistung (in kW) die maximale Wärmeleistung, die vom Hersteller für den kontinuierlichen Betrieb angegeben und garantiert wird, bei Einhaltung des von ihm angegebenen Wirkungsgrads“

Der Tätigkeitsumfang nach Artikel 9 lässt sich sinngemäß in drei Abschnitte einteilen:

1. Prüfung des Wirkungsgrads
2. Ermittlung des Kühlbedarfs und Prüfung der Anlagendimensionierung im Verhältnis zum Kühlbedarf
3. Verbesserungsvorschläge und Alternativlösungen.

Artikel 10 beschreibt die Anforderungen an das unabhängige Fachpersonal:

„Die Mitgliedsstaaten stellen sicher, dass die Erstellung des Energieausweises von Gebäuden, die Erstellung der begleitenden Empfehlungen und die Inspektion von Heizkes-seln sowie Klimaanlageanlagen in unabhängiger Weise von qualifizierten und/oder zugelassenen Fachleuten durchgeführt wird, die entweder selbstständige Unternehmer oder Angestellte von Behörden oder privaten Stellen sein können.“

3 Klimasysteme in der Bundesrepublik Deutschland

3.1 Definitionen

Begrifflich sollten bei der nationalen Umsetzung der EU-Richtlinie Präzisierungen vorgenommen werden.

Der Begriff „Wirkungsgrad“ kann auf Klimaanlage nur im übertragenen Sinne angewendet. Mit Wirkungsgrad wird in den Ingenieurwissenschaften das Verhältnis aus abgegebener Leistung (Nutzleistung) zu aufgenommener Leistung gemeint. Klimasysteme bestehen aus einer Vielzahl von Apparaten und Maschinen. Ebenso kann der Nutzen vielfältig sein, z. B. Kühlleistung, Heizleistung, Be- und Entfeuchtungsleistung. Der Begriff Wirkungsgrad ließe sich nur auf einzelne Apparate wie Ventilatoren physikalisch korrekt anwenden.

Es wird daher vorgeschlagen, statt „Wirkungsgrad“ den allgemeineren Oberbegriff „Effizienz“ anzuwenden.

Mit dem Begriff „Energiebedarf“ wird seit einigen Jahren in der Normung die physikalische Größe Arbeit verbunden. Im Artikel 9 wird der Begriff „Kühlbedarf“ in Relation zur „Anlagendimensionierung“ gesetzt. Unter Anlagendimensionierung kann verallgemeinert die Anlagenleistung verstanden werden. Daher sollte anstatt des Begriffes „Bedarf“ auch der Begriff „Last“ verwendet werden, der sich allgemein als Bezeichnung für die erforderliche Leistung durchgesetzt hat.

Der Begriff „Klimaanlage“ fällt in die Terminologie DIN 1946-1 „Raumluftechnik; Terminologie und grafische Symbole“ [5]. Danach gliedert sich die Lufttechnik definitorisch in die Bereiche Raumluftechnik und Prozesslufttechnik.

Mit prozesslufttechnischen Anlagen werden die Anlagen bezeichnet, *„bei denen die geförderte Luft zur Durchführung eines technischen Prozesses innerhalb von Apparaten und Maschinen verwendet wird.“*

Die Gruppe Raumluftechnik gliedert sich in „Raumluftechnische Anlagen“ und „Freie Lüftungssysteme“. Weitere Differenzierungen richten sich nach der Anzahl der thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten).

Liegt nur eine thermodynamische Luftbehandlungsfunktion vor, spricht man von „Lüftungsanlagen“ oder „Umluftanlagen“. Bei zwei oder drei Funktionen gilt die Bezeichnung „Teilklimaanlage“ oder „Umluft-Teilklimaanlage“. Erst bei Vorlage von vier Luftbehandlungsfunktionen gilt die Bezeichnung „Klimaanlage“. Als Pendant zur „Teilklimaanlage“ hat sich hierfür auch der Begriff „Vollklimaanlage“ eingebürgert.

Aus der Einführung der europäischen Norm DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden; Allgemeine Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage“ [6] ergeben sich an diesen Definitionen Änderungen. Der Begriff „Klimaanlage“ ist hier an die Kühlfunktion gekoppelt. Weiterführend wird dann in

„einfache Klimaanlage“ für „Teilklimaanlage“ und „Klimaanlage“ anstatt „Vollklimaanlage“ unterscheiden.

Für dezentrale Kühlflächen oder Kühlgeräte, die außenluft- bzw. zuluftunabhängig arbeiten, wird nachfolgend der Begriff „Raumkühlsystem“ eingeführt.

3.2 Klassifizierung von raumluftechnischen Anlagen

Neben den grundsätzlichen Klassifizierungen nach den thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen nach DIN 1946-1 [5] bzw. DIN EN 13779 [6] existieren Klassifizierungsmerkmale hinsichtlich der technischen Ausführung von raumluftechnischen Anlagen.

Die Variantenvielfalt der Systeme ist verhältnismäßig groß – vereinzelt sind im Bestand individuelle Sonderlösungen anzutreffen.

Einen guten Systemüberblick bieten die Veröffentlichungen aus vorangegangenen Forschungsprojekten SANIREV [3] und IKARUS [20].

Die Systemlösungen resultieren aus der grundsätzlichen Schwierigkeit, sowohl die Außenluftzufuhr als auch die thermodynamische Raumlufkonditionierung (Temperatur und Feuchte) raumweise individuell und mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand zu regeln.

Da die Erfüllung der genannten Aufgaben nur auf Basis des Mediums Luft mit erheblichen Investitionen, Energiekosten und Platzbedarf möglich ist, wurden die raumluftechnischen Anlagen teilweise mit dezentralen Raumsystemen kombiniert. Diese verwenden als Energieträger überwiegend das Medium Wasser. Seit einigen Jahren ist auch eine Zunahme des Einsatzes von Kältemitteln zum raumweisen Heizen oder Kühlen zu beobachten. Eingeführt wurde die Unterscheidung in „Nur-Luft-Systeme“ und „Wasser-Luft-Systeme“.

Weil die technischen Anforderungen an die Ausrüstung von Anlagen, deren Volumenstrom (raumweise) variabel und damit bedarfsgerecht verändert werden kann, einen deutlich höheren Investitionsbedarf erfordern, unterscheidet man zusätzlich noch nach Konstant-Volumenstrom-Systemen (KVS) und Variabel-Volumenstrom-Systemen (VVS).

Variabel-Volumenstrom-Systeme sind seltener vorzufinden, wurden aber in der Vergangenheit als Einkanal-VVS-Anlagen oder Zweikanal-VVS-Anlagen errichtet.

Die häufigsten Systeme sollen nachfolgend kurz beschrieben werden.

1. Einkanal-Anlagen mit konstantem Volumenstrom

Bei Einkanalanlagen mit konstantem Volumenstrom erfolgt die Zulufttemperatur- und Zuluftfeuchterege lung zentral - in geringem Umfang auch zonenweise. Für den Einsatz in der Vollklimatisierung eignen sich diese Anlagen dann, wenn nur eine oder wenige große Gebäudezonen zu konditionieren sind. Beispiele sind Industriehallen, Säle, Theater u. ä.. Die Dimensionierung richtet sich in diesem Fall nach der maximalen Anforderung aus Heizlast, Kühllast oder der notwendigen Außenluft rate.

Einkanal-Anlagen mit konstantem Volumenströmen werden auch dann eingesetzt, wenn geringe Anforderungen an das Raumklima gestellt werden. In diesem Fall decken sie die Mindestaußenluft rate ab und liefern lediglich eine Grundkühlung. Bei höheren Kühllasten werden ansteigende Raumtemperaturen akzeptiert. Aufgrund der knappen Dimensionierung werden Unterkühlungen einzelner Räume vermieden.

2. Einkanal-Anlagen mit variablem Volumenstrom

Diese Anlagenart eignet sich für die Regelung der Kühlleistung in Gebäuden mit einer großen Anzahl von Räumen. Zulufttemperatur und Zuluftfeuchte werden zentral geregelt. Die Anpassung der raumweisen Kühllast erfolgt über Temperaturregler, die auf den Volumenstrom über motorische Drosselemente wirken. Die zentralen Ventilatoren werden druckgeregelt, um auf die veränderlichen Kanalnetz kennlinien zu reagieren.

Die raumweisen Volumenstromregler unterschreiten voreingestellte Mindestaußenluft rates nicht, um unabhängig von der thermischen Last die Lüftungsfunktion sicherzustellen.

Die Zulufttemperatur liegt in der Regel ganzjährig unterhalb der Raumlufttemperatur, sodass die Nachheizung statische Heizflächen in den Räumen erfordert. Anwendungsbeispiele sind Büroräume, Laboratorien, Hörsäle.

3. Zweikanal-Anlagen mit konstantem Volumenstrom

Das Problem der Einzelraumregelung wird dadurch gelöst, dass pro Regelzone die Zulufttemperatur durch Mischung von Warmluft und Kaltluft aus unterschiedlichen Kanalnetzen geregelt wird. Die Warm- und Kaltluft wird zentral konditioniert. Die Mischboxen halten den Gesamtvo lumenstrom konstant, sodass die Ventilatoren ungeregt sind und das Abluftkanalnetz keine Volumenstromregler aufweist. Die Dimensionierung der Luftvolumenströme richtet sich nach dem Maximum aus Heiz- und Kühlfall. Statische Heizflächen werden nicht zusätzlich benötigt. Die Warm- und Kaltkanaltemperaturen müssen für die jeweils ungünstigsten Situationen im Gebäude vorgehalten werden. In Räumen mit gemäßigten thermischen Lasten kommt es aufgrund der Mischung zu exergetischen Verlusten. Ein weiterer Nachteil ist der hohe Energiebedarf für die Luftförderung.

4. Zweikanal-Anlagen mit variablem Volumenstrom

Bei diesem Anlagentyp werden die Vorteile der Zweikanal-Anlagen und der Variabel- Volumenstrom-Systeme verbunden. Der Bereich für die Raumtemperaturregelung gliedert

sich in zwei Abschnitte. Zunächst erfolgt bei Mindestvolumenstrom die Regelung über die Mischung aus Warm- und Kaltkanal. Steigen die Kühllasten weiter, wird der Kaltkanal-Volumenstrom über den Mindestvolumenstrom hinaus erhöht. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass auf statische Heizflächen verzichtet werden kann bzw. eine Unterkühlung von z. B. innen liegenden Räumen vermieden wird.

5. Induktionsanlagen

Induktionsanlagen gehören zu den Wasser-Luft-Systemen. Dabei wird ein Primärluftvolumenstrom zentral mit konstantem Volumenstrom konditioniert. Die Primärlufttemperatur liegt in der Regel deutlich unterhalb der Raumlufttemperatur. In den Räumen befinden sich (in der Regel Brüstungs-) Induktionsgeräte. Die Primärluft wird in die Induktionsgeräte über Düsen mit hoher Geschwindigkeit eingeblasen. Dadurch induziert der Primärstrom zusätzliche Sekundärluft über Nachströmöffnungen im unteren Geräteteil. Diese Sekundärluft wird über zusätzliche wasserbeaufschlagte Wärmetauscher geführt, nachtemperiert und gelangt dann mit der Primärluft vermischt in den Raum.

Man unterscheidet klappen- und ventilgeregelte Induktionsgeräte, je nachdem ob die Regelung luft- oder wasserseitig erfolgt. Es gibt Geräte mit einem Wärmeübertrager zum wechselnden Heizen oder Kühlen oder mit zwei Wärmeübertragern. Weiterhin wird hinsichtlich des Wassersystems in Zweirohr-, Dreirohr- oder Vierrohrsysteme unterschieden. Bei Zweirohrsystemen wird das Rohrnetz zentral für den Heiz- oder Kühlbetrieb umgeschaltet. Bei Dreirohrsystem wird der Rücklauf für das Kaltwasser- und Warmwassersystem gemeinsam genutzt. Bei Vierrohrsystemen kann raumweise variabel geheizt oder gekühlt werden, ohne die mischungsbedingten Exergieverluste der Dreirohrsysteme in Kauf zu nehmen.

Grundsätzlich zählen Induktionsanlagen zu den energiesparendsten Systemen im Bestand. Jedoch war der Primärluftstrom häufig etwas größer als der erforderliche Mindestvolumenstrom. Zudem waren wegen des Induktionsprinzips in älteren Anlagen höhere Vordrücke an den Geräten erforderlich, was den Strombedarf der Ventilatoren steigerte.

6. Kombinationen von Mindestlüftung und Kühldecken

Mit prinzipiell ähnlicher Systematik wie Induktionsanlagen haben seit den 90er Jahren Kühldecken und später Systeme der thermischen Bauteilaktivierung Einzug gefunden. Die Heizfunktion wird im Regelfall von zusätzlichen statischen Heizflächen übernommen. Die Grundlüftung richtet sich strikt am Mindestluftwechsel, und die Anlagen arbeiten mit niedrigeren Drücken. Aufgrund der hohen Systemtemperaturen für die Kühlung eignen sich die Anlagen für die Nutzung von Umweltenergie wie z. B. aus dem Erdreich oder Grundwasser. Da Kondensation an den Decken vermieden werden muss, kommt der Grundlüftung im Sommer die Aufgabe der Luftentfeuchtung zu.

7. Ventilator-Konvektoren

Ventilator-Konvektoren (engl. „fan coils“) bestehen aus dezentralen reinen Umluftventilatoren in Verbindung mit Luftkühlern, die als Deckenkassetten, Unterflurgeräte oder Brüstungsgeräte

ausgeführt werden. Wenn aufgrund der Lage und Geometrie des Gebäudes die Lüftungsfunktion auf natürliche Weise sichergestellt werden kann, eignen sich diese Geräte zur Abfuhr hoher Kühllasten bei guten Regelungsmöglichkeiten. Da die Geräte über Tauwasserwannen verfügen, ist eine zentrale Luftentfeuchtung nicht erforderlich. Bei Ausführung als Vierrohrsystem kann wahlweise geheizt und gekühlt werden. Häufiger ist jedoch die Kombination mit statischen Heizflächen. Als Kühlmittel überwiegt der Einsatz von Wasser. Bei kleineren und mittleren Gebäuden nehmen so genannte Multisplitsysteme zu, bei denen Kältemittel dezentral direkt verdampft wird. Relativ neu sind auch Ausführungen als dezentrale Fassaden-Lüftungssysteme, bei denen zusätzlich Außenluft über Fassadenöffnungen angesaugt und beigemischt werden kann.

In der SANIREV-Studie [3] wurden die Marktanteile der Systeme für Bürogebäude aus dem Zeitraum 1960 – 1980 untersucht. Die Studie gelangt zu folgender Einschätzung:

- Einkanal-Anlagen mit konstantem Volumenstrom:	10 %
- Zweikanal-Anlagen:	18 %
- Variabel-Volumenstrom-Anlagen:	19 %
- Zwei-Rohr-Induktionsanlagen:	22 %
- Vier-Rohr-Induktionsanlagen:	24 %
- Sonstige:	7%.

Somit dürften bei Bürogebäuden die Induktionsanlagen eine dominierende Rolle spielen. In anderen Anwendungen des Nichtwohnungsbaus dürften die Nur-Luft-Systeme dagegen stärker verbreitet sein.

3.3 Bestand an raumluftechnischen Anlagen

Im Teilbericht 1 [2] wurde der Bestand raumluftechnischer Anlagen abgeschätzt. Die Untersuchung ergab einen Anlagenbestand für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2002 eine RLT-konditionierte Fläche von 279 Mio. m². Die Unsicherheit in dieser Schätzung ist sehr hoch, da nur wenig statistisches Zahlenmaterial existierte.

Weil das Ziel der Abschätzung in [2] die Bestimmung des Energieeinsparpotenzials bzw. des CO₂-Reduktionspotenzials war, war eine konservative Herangehensweise an zahlreiche Schätzungen gerechtfertigt.

Die vorliegende Untersuchung soll auch die Beurteilung des personellen und volkswirtschaftlichen Aufwandes für Inspektionen bewerten. Daher sind die Schätzungen tendenziell höher anzusetzen.

Geht man von einem durchschnittlichen flächenbezogenen Luftvolumenstrom von 9,0 m³/(h m²) für die RLT-konditionierte Fläche aus, ergibt sich die Gesamtheit der installierten Luftvolumenströme zu 2.511 Mio. m³/h.

Legt man eine mittlere Anlagengröße von $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$ je Anlage zugrunde, ergäben sich 251.100 betreffende RLT-Anlagen.

Für die weiteren Betrachtungen wird von einem Anlagenbestand von 250.000 – 500.000 RLT-Anlagen für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2002 ausgegangen.

3.4 Energiebedarf raumluftechnischer Anlagen

Der derzeitige Energiebedarf raumluftechnischer Anlagen wurde im Teilbericht 1 [2], auf konservativen Annahmen basierend, abgeschätzt. Für den Anlagenbestand im Jahr 2002 ergab die Untersuchung einen Gesamtenergieverbrauch für 279 Mio. m^2 von 46 TWh/a bei einem Stromanteil von 28 %.

Aus diesen Ansätzen folgt ein mittlerer flächenbezogener Energiebedarf der RLT-Anlagen von ca. $165 \text{ kWh}/(\text{a m}^2)$. Dieser Betrag setzt sich aus den Anteilen für zentrale raumluftechnische Anlagen und dezentrale Raumkühlsysteme zusammen. Setzt man für die dezentralen Raumkühlgeräte einen Kältebedarf von jährlich $60 \text{ kWh}/(\text{a m}^2)$ Kälte und einem mittleren COP von 2,5 für 50 % der Flächen an, verbleibt ein Anteil von $153 \text{ kWh}/(\text{a m}^2)$ für die zentralen raumluftechnischen Anlagen bei einem Stromanteil von 22,3 %.

Setzt man einen durchschnittlichen flächenbezogenen Luftvolumenstrom von $9,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ für die RLT-konditionierte Fläche an, ergäbe sich ein mittlerer volumenstrombezogener Energiebedarf von $17 \text{ kWh}/(\text{a m}^3/\text{h})$. Bewertet man den Stromanteil von 22,3% mit dem Primärenergiefaktor 3,0, folgt daraus ein mittlerer volumenstrombezogener Primärenergiebedarf von $24,6 \text{ kWh}/(\text{a m}^3/\text{h})$.

Dieser Wert zeigt gute Übereinstimmung mit den Richtwerten nach VDI 3804 für Bürogebäude, aus denen sich volumenstrombezogene Primärenergiebedarfswerte für Lufterwärmung, Luftbefeuchtung, Luftkühlung und Lufttransport ermitteln lassen. Die Rückrechnung der flächenbezogenen VDI 3804-Daten auf volumenstrombezogene Kennwerte ergibt einen mittleren Primärenergiebedarf von $21 \text{ kWh}/(\text{a m}^3/\text{h})$ für Anlagen mit Energierückgewinnung und $34 \text{ kWh}/(\text{a m}^3/\text{h})$ für Anlagen ohne Energierückgewinnung (ERG).

In [20] wurde der Primärenergiebedarf für die Vollklimatisierung von Büroflächen bei unterschiedlichen Randbedingungen untersucht. Variiert wurden die solaren und internen Wärmebelastungen innerhalb für den Bestand typischer Bandbreiten. Aus den Gesamtwerten wurde der Beleuchtungsenergiebedarf herausgerechnet. Es ergeben sich die Bereiche für den Energiebedarf nach Tabelle 3-1.

Klimasystem		Mittelwert des jährlichen Primärenergiebedarfs	
		kWh/(a m ²)	kWh/(a m ³ /h)
Zweikanal-VVS-Anlage	mit ERG	490	21
Induktions-Anlage	mit ERG	433	42
Zweikanal-VVS-Anlage	ohne ERG	640	27
Induktions-Anlage	ohne ERG	534	52

Tabelle 3-1: Mittlere Energiebedarfswerte für die Vollklimatisierung von Bürogebäuden nach [20] mit und ohne Energierückgewinnung (ERG)

Die obere Grenze der IKARUS-Kennwerte für Büronutzungen liegen mit dem Bereich 21 .. 52 kWh/(a m³/h) gegenüber dem aus VDI 3804 hergeleiteten Bereich 21 .. 34 kWh/(a m³/h) höher. Während im IKARUS-Bericht [20] eine jährliche Betriebszeit von 3.650 Stunden angesetzt wurde, basieren die VDI 3804 – Angaben auf einer jährlichen Anlagenbetriebszeit von 3.024 Stunden. Weiterhin muss beachtet selbst innerhalb der Systeme die individuellen Einflussgrößen wie

- Gesamtdruckverluste des Kanalnetzes,
- äußere und innere Kühllasten,
- Anforderungen an die Luftfeuchte,
- Wärmerückgewinnungsgrad

außerordentlich breit gestreut sein können.

Vor dem Hintergrund der Literaturlauswertung zum mittleren Energiebedarf von RLT-Anlagen erscheint der aus [2] abgeleitete Ansatz mit einem mittleren Primärenergie-Kennwert von 25 kWh/(a m³/h) bei einer typischen Bandbreite von 15 .. 60 kWh/(a m³/h) plausibel. Der typische Zahlenwert muss auch die enthaltenen Lüftungs- und Teilklimaanlagen repräsentieren. Vereinzelt können deutlich höhere Bedarfskennwerte auftreten, wenn z. B. eine durchgängige Betriebsweise der Anlage erforderlich wird.

Grundsätzlich sind volumenstrombezogene Kennwerte zur Anlagenbeurteilung besser geeignet als flächenbezogene Kennwerte, da mit der Festlegung des Volumenstromes häufig bereits der Bezug zu den nutzungsbedingten oder bauphysikalisch bedingten Lasten hergestellt wird. Die volumenstrombezogenen Kennwerte lassen sich besser auf Anwendungen übertragen, bei denen höhere Luftwechsel erforderlich sind (Versammlungsstätten, Laboratorien).

Die Kühlfunktion dürfte in Abhängigkeit der Systeme einen verhältnismäßig kleinen Anteil am Gesamt-Primärenergiebedarf einnehmen. Aufgrund der regionalen Klimaverhältnisse liegen die mittleren Außentemperaturen nur an verhältnismäßig wenigen Stunden oberhalb der akzeptierten Raumtemperaturen. Daher ist der Kühlenergiebedarf bei Nur-Luft-Systemen mit hohem Außenluftanteil im Bereich 10 .. 30 % des Gesamtbedarfs zu sehen.

Hingegen kann bei ungünstiger Bauweise und hohen gebäudeinternen Wärmegewinnen der Anteil bei wassergestützten Raumkühlsystemen deutlich höher ausfallen.

3.5 Maßnahmen zur Energieeinsparung bei raumlufttechnischen Anlagen

Die denkbaren Maßnahmen zur Energieeinsparung sind aufgrund der Systemvielfalt, der unterschiedlichen Nutzungsanforderungen und der Individualität von Planung und Ausführung vielfältig. Die in den nachfolgenden Abschnitten genannten Maßnahmen sind exemplarisch zu sehen und können die fachliche Beurteilung im Einzelfall nicht ersetzen.

Ein generell großes Potenzial wird durch den technischen Fortschritt im Bereich der Mess-/ Steuer- und Regelungstechnik sowie in der Gebäudeleittechnik gesehen.

Bei den mechanischen Maßnahmen wird das Problem gesehen, dass die konstruktive Integration in das Gebäude aufgrund des Platzbedarfs nicht immer möglich sein wird. Umbauten berühren zudem häufig sicherheitstechnische Nebenaspekte und benachbarte hochbauliche Gewerke.

So kann die Vergrößerung des Außenluftanteils zur freien Kühlung oder die Nachrüstung von Wärmerückgewinnungsanlagen abstrakt wirtschaftlich sein, aus Platzgründen jedoch nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand realisiert werden.

Ein anderes Beispiel können brandschutztechnische Aspekte sein, für die ein baurechtlicher Bestandsschutz besteht. Der entfallende Bestandsschutz könnte ein Hemmnis für das Auslösen energetisch sinnvoller Maßnahmen sein.

Zum Beispiel kann das Nachrüsten von Volumenstromreglern separat wirtschaftlich sein, jedoch die komplette Erneuerung von abgehängten Decken nach sich ziehen.

In vielen Fällen wird es darauf ankommen, energetische Verbesserungen mit ohnehin fälligen Grundsanierungen zu verknüpfen. Es sollte durch die Inspektionen darauf hingewirkt werden, dass gerade bei anstehenden Sanierungen älterer Gebäude kein 1:1 Ersatz stattfindet, sondern die Systeme grundsätzlich in Frage gestellt und Alternativen geprüft werden.

3.5.1 Maßnahmen ohne bzw. mit geringfügigen Investitionen

1. Begrenzung von Leistungen durch Anpassung an den tatsächlichen Bedarf

Durch die Überprüfung der thermischen und stofflichen Lasten lassen sich bei Altanlagen oft Reduzierungen im Leistungs- oder Volumenstromangebot vornehmen. In der Vergangenheit wurden häufig große Sicherheiten bei der Anlagendimensionierung berücksichtigt. Die Ingenieurmethoden, wie z. B. die Kühllastberechnung, waren gegenüber dem heutigen Stand ungenauer. Bei Konstantvolumenstrom-Systemen führen diese Sicherheiten zu einem dauerhaft erhöhten Ener-

gieverbrauch. Bei leistungsgeregelten Systemen kann eine Drosselung des Leistungsangebotes ebenfalls Einspareffekte bewirken, z. B. bei Fehlfunktionen oder Fehlverhalten.

2. Beseitigen von Fehlfunktionen / Störungen durch Instandsetzungen

Ein generelles Problem wird in der Fehlerdiagnose älterer Klimaanlage gesehen. Störungen, wie falsche Messwerte, ausgefallene Ventil- oder Klappenantriebe, können häufig nicht oder nur sehr spät bemerkt werden. Folgen können sein:

- gegenläufiges Heizen oder Kühlen
- Ausfall der Volumenstromabsenkung
- zu hohe Ventilator drücke
- zu hohe Zuluftfeuchten
- Ausfall der Wärmerückgewinnung.

Die genannten Punkte sind ohne regelmäßige Wartung und Prüfung durch Fachpersonal häufig nicht diagnostizierbar, da sie von den Nutzern nicht unmittelbar wahrgenommen werden.

3. Reinigung

Einen störungsfreien Betrieb vorausgesetzt, sind Verunreinigungen die Hauptursache für Effizienzverschlechterungen nach längerer Betriebszeit. Dies trifft Filter, Wärmeübertrager, Ansauggitter, Rückkühleinrichtungen u. ä. und kann sich sowohl auf die Ventilatorleistungen als auch auf die thermischen Leistungen effizienzmindernd auswirken.

4. Optimierung der Sollwerteinstellungen

Bei den Sollwerten für Raumtemperaturen und Raumlufffeuchten sind größere Toleranzen zwischen minimalen und maximalen Grenzwerten möglich. Die entsprechenden Normenwerke [5],[6] weisen darauf ausdrücklich hin. In der Vergangenheit wurde dagegen oft angenommen, dass Konstanz und Präzision bei den Klimaparametern wichtige Komfortkriterien seien. Diese Auffassung gilt heute als überholt. Schwankungsbereiche bei Temperatur und Feuchte sowie ein Gleiten der Raumtemperatur bei hohen Außenlufttemperaturen finden teilweise eine höhere Akzeptanz bei den Nutzern. Gleichzeitig sind erhebliche Energieeinsparungen durch die Ausnutzung der Dynamik („freies Schwingen“) und Schwankungsbereiche („Totbänder“ bei der Feuchterege- lung) realisierbar, ohne dass Einbußen beim Komfort hingenommen werden müssen.

5. Optimierung der Zeitsteuerprogramme

Zeitprogramme, die Anlagenbetriebszeiten, Volumenströme, Außenluftraten, Sollwertvorgaben u. ä. steuern, lassen sich häufig restriktiver gestalten oder nachrüsten.

3.5.2 Maßnahmen in Verbindung mit zusätzlichen Investitionen

1. Bauphysikalische Verbesserungen

- Durch die Minderung des solaren Energieeintrags im Sommer lassen sich der Kühlbedarf senken und die Spitzenlast reduzieren. Bei Konstant-Volumenstrom-Anlagen ließe sich der Volumenstrom komplett absenken, was enorme Reduzierungen bewirken könnte. In einzelnen Extremfällen kann der Grund für die Raumkühlung hinfällig werden.
- Durch den Austausch der Verglasung lassen sich sowohl der winterliche als auch der sommerliche Wärmeschutz erheblich verbessern. Nach 20 – 30 Jahren wird der Austausch der Verglasung ohnehin in vielen Fällen nötig sein. Dabei sollten gesamtenergetische Belange berücksichtigt werden. Teilweise findet man in anspruchsvollen Gebäuden der 70er Jahre noch so genannte Fensterblasanlagen im Betrieb. Diese hatten ihre Berechtigung in der Sicherung behaglicher Zustände nah der Fassade und können bei einer Erneuerung der Verglasung größtenteils entfallen.
- In älteren niedriggeschossigen Gebäuden fehlt bei Vorhandensein von Vollklimaanlagen teilweise die Möglichkeit zur natürlichen Lüftung. Die Nachinstallation von Fensteröffnungsflügeln ist in diesen Fällen häufig möglich und kann ein Reduzieren bzw. Abschalten der Klimaanlagen bei gemäßigten Witterungszuständen möglich machen.
- Durch die Erhöhung der Speicherfähigkeit, z. B. bei Verzicht auf abgehängte Decken, und ergänzenden Maßnahmen wie natürliche Nachtlüftung und schwingende Raumtemperaturen lassen sich Kühllasten reduzieren.

2. Minderung / Prüfung der nutzungsbedingten Wärmeeinträge

- Durch die Installation von energiesparenden Leuchtmitteln und Leuchten lässt sich neben dem Strombedarf für die Beleuchtung der Kühlbedarf verringern und damit der Luftvolumenstrom generell reduzieren.
- Bei Installation von tageslicht- und/oder präsenzabhängigen Steuerungsanlagen kann die Dauer der thermischen Belastung verringert werden.
- Durch die Kapselung von extremen Wärmequellen bzw. Direkterfassung deren Abwärme über Hauben u. ä. können Energieeinträge in Nachbarzonen verringert und damit die Volumenströme verringert werden.
- Die Minderung der thermischen Raumbelastungsgrade aufgrund von geänderten Raumströmungsprinzipien (Verdrängungsströmungen) kann bei gleichen Kühllasten zu niedrigeren Volumenströmen führen.

3. Systemänderungen

- Durch eine Erhöhung der maximalen Außenluftfrate sowie deren variabler Betriebsweise bei Anlagen mit Umluftanteil kann insbesondere in Gebäuden mit hohen inneren Wärmebelastungen ein erheblicher Freikühl-Effekt erzielt werden.

- Bei Nur-Luft-Systemen lassen sich erhebliche Energieeinsparungen durch eine Umstellung von Konstant- auf Variabel-Volumenstrom-Betrieb erzielen. Dabei können je nach Nutzung unterschiedliche Regelstrategien sinnvoll sein, z. B. Raumluftqualitätsregelung in Hörsälen, Raumtemperaturregelung in Büroräumen, Abzugsregelung in Laboratorien oder Zeitprogrammsteuerungen.
- Alternativ kann es bei Nur-Luft-Systemen sinnvoll sein, einen Wechsel zu Wasser-Luft-Systemen vorzunehmen. Dabei würden die Luftvolumenströme auf den hygienisch notwendigen Mindestwert reduziert werden. Zusätzliche Kühllasten ließen sich dann durch ein zweites System weniger energieintensiv abgeführt werden.

4. Effizienzsteigerungen durch Komponentenaustausch

- In vor 1980 errichteten RLT-Anlagen sind Wärmerückgewinnungsanlagen eher die Ausnahme. Um Energie zu sparen, wurde bei Anlagen mit hohen Luftwechsellagen häufig Umluft beigegeben. Bei bestimmten Anwendungen wie Laboratorien, Krankenhäusern oder Industrielüftungsanlagen verbot sich dieses wegen der Schadstoffübertragung. Eine Nachrüstung von Wärmerückgewinnungsanlagen oder der Austausch ineffizienter Systeme können häufig zu schnell amortisierenden Energieeinsparungen führen.
- Im Bereich der Ventilatoren haben sich in den vergangenen Jahrzehnten deutliche Effizienzverbesserungen ergeben. Zudem tritt in Bestandsanlagen häufig das Problem auf, dass aufgrund von Umbauten und Veränderungen ältere Ventilatoren nicht mehr im optimalen Betriebsbereich betrieben werden.
- Preiswerte Frequenzumformer zur Drehzahlregelung sind erst seit einigen Jahren verfügbar. Sie ermöglichen die nachträgliche Ertüchtigung vorhandener Ventilatoren für einen variablen Betrieb oder gestatten eine wesentlich effizientere Teillastregelung bereits variabel betriebener Ventilatoren mit veralteten Drehzahlregelungen.
- Die Größe und das Funktionsprinzip von Rückkühlsystemen beeinflussen die Verflüssigungstemperatur von Kältemaschinen und somit deren Leistungsziffer. Niedrige Kühlwassertemperaturen können zudem die Voraussetzung sein, bei Wasser-Raumkühlsystemen Freikühleffekte zu erzielen.
- Auch bei Kältemaschinen kann ein Austausch zu deutlichen Effizienzsteigerungen führen. Wenn die Maschinen für Außenluftkühlung eingesetzt werden, wird die maximale Leistung nur an wenigen Stunden im Jahr abgerufen. Im Teillastverhalten liefern die unterschiedlichen Maschinentypen und Regelungsprinzipien erhebliche Effizienzunterschiede.
- Möglichkeiten der regenerativen Kühlung ergeben sich durch die Nutzung von Erdreichwärmeübertragern, Grundwasser, den Einsatz von Abwärme, Solarwärme für Absorptionsprozesse oder sorptionsgestützte Klimaprozesse. In diesem Zusammenhang ist auch die so genannte „adiabate Kühlung“ zu sehen, die eine Nutzung des Verdunstungseffektes auf der Abluftseite und damit Kühlung der Zuluft über Wärmerückgewinner beschreibt.
- Primärenergetische Vorteile können durch vielfältige Möglichkeiten der Wärme-Kälte- oder Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung erzielt werden, was z. B. in Krankenhäusern oder Industrieanwendungen häufig wirtschaftlich darstellbar ist.

5. Ertüchtigungen der Anlagen für energiesparende Betriebsweisen bei Beibehaltung des Grundsystems
- Bei älteren Bestandsanlagen mit analoger teils pneumatischer Regelung sind die Möglichkeiten zur Messdatenerfassung und -darstellung stark eingeschränkt, was die Betriebsführung erschwert. Generell großes Potenzial zur Energieeinsparung wird daher in der Erneuerung der MSR und der Installation von Gebäudeleittechnik gesehen. Durch die erweiterten Abbildungsmöglichkeiten lassen sich unterschiedlichste Optimierungsstrategien realisieren, wie z. B. so genannte h,x-Strategien oder lastabhängige Optimierungen von Kanaltemperatur-Sollwerten bei Zweikanal-Anlagen.
 - Die Sensorik, um eine sichere und langfristig robuste Feuchtemessung vorzunehmen, stand bei der Errichtung älterer Anlagen nicht zur Verfügung, wodurch Vollklimaanlagen mit Verdunstungsbefeuchtern in der Regel nach der energetisch ungünstigen Taupunktregelung betrieben wurden. Dieses Regelungsprinzip führt zu erheblichem Zusatzenergiebedarf gegenüber einer direkten Feuchteregelung. Umrüstungen dieser Anlagen sind oft möglich und amortisieren sich in kurzer Zeit.
 - Eine bedarfsgerechte Einzelraumregelung des Zuluftvolumenstroms oder von Klimaparametern war in der Vergangenheit wegen der hohen Kosten häufig nicht möglich oder nur mit geringer Effizienz realisierbar.
 - In der Installation von Energieverbrauchszählern wird ein Instrument für das Energiemanagement gesehen. Häufig herrscht bei den Anlagenbetreibern Unkenntnis darüber, wie hoch der anteilige Energieverbrauch für die Klimatisierung tatsächlich ist. Dadurch wird die Motivation für Optimierungsmaßnahmen verringert und Ausreißer aufgrund von Mängeln, Störungen u. ä. bleiben lange unbemerkt.

3.6 Bisherige Inspektionstätigkeiten und Normungsansätze

Mit der 1998 erschienen VDI-Richtlinie 6022: „Hygienische Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen“ wurden neben den Anforderungen an die Planung und Errichtung von RLT-Anlagen erstmals auch Forderungen an den Betrieb und die Instandhaltung formuliert.

„Hierzu sind regelmäßige technische Inspektionen und Wartungen sowie kurzfristige Hygienekontrollen durch Betriebspersonal (Eigenpersonal) und zusätzliche Hygieneinspektionen in größeren Zeitabständen durch geschultes Personal durchzuführen.“

Die Hygieneinspektionen von RLT-Anlagen durch Fachpersonal sind im Abstand von 2 Jahren bzw. 3 Jahren (bei Anlagen ohne Luftbefeuchtung) durchzuführen. Als Qualifikation für die Inspektion gilt die Hygieneschulung A.

Die Hygieneschulung A wird von jeweils einem Referenten auf dem Gebiet der Anlagentechnik und einem Referenten auf dem Gebiet der Hygiene / Mikrobiologie durchgeführt. Qualifikationsanforderungen der Referenten und Schulungsinhalte sind in VDI 6022 – Blatt 2 geregelt. Als Qualifikationsvoraussetzung zur Teilnahme an der Hygieneschulung A gilt der Meister / Techniker in der Fachrichtung Technische Gebäudeausrüstung / Versorgungstechnik oder gleichwertig und eine mehrjährige Berufserfahrung mit RLT-Anlagen.

Hygienekontrollen sind nach einer Checkliste, abgestuft in Intervalle von 1 – 12 Monaten, von Fachpersonal mit absolvierter Hygieneschulung B durchzuführen. Die Anforderungen an die Hygieneschulung B sind ebenfalls in VDI 6022-2 geregelt. Als Qualifikationsvoraussetzung zur Teilnahme gilt eine abgeschlossene Berufsausbildung als Fachmonteur der Lüftungs- und Klimatechnik oder gleichwertig.

Die VDI-Richtlinie hat eine breite Akzeptanz in der Öffentlichkeit sowie Eingang in die VDMA-Einheitsblätter [9], die VOB Teil C (für die Errichtung von Anlagen) und die AMEV-Richtlinien [13] gefunden. Andererseits unterliegt die Anwendung der VDI 6022 im laufenden Betrieb bisher keiner verbindlichen gesetzlichen Verordnung.

Ein indirekter Druck zur Anwendung entsteht dadurch, dass beim Eintreten von Personenschäden (z. B. in Krankenhäusern) durch Nichteinhaltung der Regeln der Technik verstärkte Haftungsprobleme auftreten dürften.

Der Obmann des Richtlinienausschusses schätzt ein, dass ca. 40 % des Anlagenbestandes regelmäßigen Inspektionen nach VDI 6022 unterliegen,

Für die Qualitätssicherung existiert mit dem „Ehrenkodex“ des FGK eine Selbstverpflichtung von Verbandsunternehmen, die im Fachinstitut Gebäude-Klima e. V. (FGK) organisiert sind.

Zu den Themen Wartung und Inspektion wurden vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. folgende VDMA-Einheitsblätter herausgegeben:

- VDMA 24176 (Entwurf September 2004): Inspektion von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden
- VDMA 24186 : Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden. Unter anderem bestehend aus den für „Klimaanlagen“ relevanten Blättern:
 - Blatt 0: Übersicht und Gliederung, Nummernsystem, Allgemeine Anwendungshinweise
 - Blatt 1: Lufttechnische Geräte und Anlagen
 - Blatt 3: Kältetechnische Geräte und Anlagen zu Kühl- und Heizzwecken
 - Blatt 4: MSR-Einrichtungen und Gebäudeautomationssysteme

Die VDMA –Einheitsblätter 24186 können als Industriestandards gelten, die sich in der praktischen Anwendung weitgehend durchgesetzt haben.

Instandhaltung¹		
Bestandteile		
Wartung	Inspektion	Instandsetzung
Ziele		
Bewahrung des Sollzustandes	Feststellung und Beurteilung des Istzustandes	Wiederherstellung des Sollzustandes
Einzelmaßnahmen		
Prüfen Nachstellen Auswechseln Ergänzen Schmieren Konservieren Reinigen Funktionsprüfung	Prüfen Messen Beurteilen Ableiten von Konsequenzen	Ausbessern Austauschen Funktionsprüfung
Ausführendes Fachpersonal²		
Fachmonteur Meister Techniker ³	Ingenieur Meister Techniker	Fachmonteur Meister Techniker

Bild 3-1: Abgrenzungen der Tätigkeiten im Rahmen der Instandhaltung nach VDMA 24186

Definitiv unterscheiden die VDMA-Einheitsblätter zwischen den Themen Wartung, Inspektion und Instandsetzung. Jedoch werden die „Prüfung“ und die „Funktionsprüfung“ als Bestandteil der Wartung gesehen.

Definitionen nach [9]:

In VDMA 24186 sind die Tätigkeiten bzw. Leistungen festgelegt, die im Rahmen der Wartung von Baugruppen und Bauelementen in technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden durchgeführt werden müssen, um den Sollzustand zu bewahren.

Betrachtet man die Leistungsbilder detailliert, ist festzustellen, dass die deutlich überwiegende Anzahl der Tätigkeiten auf die Punkte „Prüfen“ und „Funktionserhaltendes Prüfen“ entfällt.

Mit der „Inspektion“ wird eher eine systemübergreifende Prüfung verbunden, mit der nach Bild 2-1 auch höhere Qualifikationsvoraussetzungen verbunden sind.

VDMA 24176 [8] definiert:

Aufgabe der Inspektion ist die Feststellung und Beurteilung des Istzustandes. ... Ihr Ziel ist die Erfassung und Beurteilung von Daten über den momentanen Zustand der jeweiligen gebäudetechnischen Anlage und Ausrüstung. Hierzu gehören

- ...
- *Darstellung des Betriebsverhaltens*
- ...
- *Vorschläge zur Optimierung des Betriebsverhaltens*
- ...
- *Vorschläge zur Verbesserung bestehender Anlagen und Ausrüstungen*

Die Beurteilung des Istzustandes setzt die Vergleichbarkeit der erfassten Zustandsmerkmale voraus. ...

Zum Vergleich können u.a. folgende Kriterien herangezogen werden:

- ...
- *Wirtschaftlichkeit*
- ...

Das Leistungsprogramm für die Inspektion nach VDMA 24176 soll individuell festgelegt werden. Beispielhaft sind Listen für Lüftungsgeräte und Rückkühlanlagen aufgeführt. Obwohl die oben genannten Punkte „Optimierung“ und „Wirtschaftlichkeit“ genannt wurden, zielen die Inspektionsinhalte tendenziell stärker auf Verbesserungen im Rahmen der Werterhaltung ab.

Die VDMA-Einheitsblätter liefern eine feinere Trennung zwischen „Prüfen“ und „Inspektion“, wogegen Inspektionsbeschreibung nach Artikel 9 der EU-Richtlinie sowohl die „Prüfung des Wirkungsgrads“ als auch ingenieurmäßige Tätigkeiten wie „Prüfung des Kühlbedarfs“ und „Ratschläge für mögliche Verbesserungen“ umfasst.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Reihe von Tätigkeiten, die durch Artikel 9 gefordert werden, sinngemäß in den Leistungsbildern der VDMA-Einheitsblätter 24186 enthalten sind. Die Leistungsbeschreibungen der VDMA 24176 sollten weiter gefasst werden.

Nach Gesprächen mit verschiedenen Praktikern auf dem Gebiet der Wartung raumlufttechnischer Anlagen konnte der (nicht repräsentative) Eindruck gewonnen werden, dass für ca. 60 - 70 % der RLT-Anlagen die VDMA-Einheitsblätter 24186 die Grundlage abgeschlossener War-

tungsverträge bilden. Bei neu errichteten Anlagen dürfte der Wartungsanteil höher sein, da mit dieser eine längere Gewährleistungszeit verbunden ist. Gleichwohl ist die regelmäßige und fachgerechte Wartung und Inspektion bisher nicht gesetzlich vorgeschrieben.

Sowohl die Inhalte der VDI 6022 als auch die Leistungsbilder der VDMA 24186 haben Eingang in die Empfehlungen des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV): Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden (Wartung 2002) gefunden. Diese enthalten Vertragsmuster für die Wartung und Inspektion.

In Bezug auf die vorliegende Thematik wurden die Leistungsbilder der VDMA 24186 vollumfänglich übernommen, durch die Angabe von genauen Zyklen präzisiert und durch die Tätigkeiten nach VDI 6022 ergänzt.

Die AMEV-Empfehlungen können als Beleg dafür angesehen werden, wie weit die Anwendung der VDMA-Einheitsblätter in der Praxis als „Regeln der Technik“ Einzug gefunden haben.

Dagegen ergaben die Recherchen zur Anwendung und Akzeptanz der älteren Eurovent-Richtlinie 6/7 von 1983 [13] keine Ergebnisse.

3.7 Europäische Normungsaktivitäten

Im Zusammenhang mit der Umsetzung der EU-Richtlinie wurden bei CEN zwei Arbeitsgruppen zum Inspektionsthema im Bereich Klima installiert:

CEN/TC 156 WI 6: Ventilation for buildings - Energy performance of buildings - Guidelines for inspection of air-conditioning systems

CEN/TC 156 WI 30: Ventilation for buildings - Energy performance of buildings - Guidelines for inspection of ventilation systems.

Erste Normentwürfe liegen als deutsche Übersetzungen mit Stand Juli 2005 als DIN EN (Entwurf) 15239 [26] und DIN EN (Entwurf) 15240 [25] vor. Der Bezug zu Artikel 9 EPBD wird in der Einleitung ausdrücklich aufgeführt.

Unterschieden wird in „Lüftungsanlagen“ und „Klimaanlagen“. Für die in Deutschland überwiegende Form der zentralen Klimasysteme mit Luft als Kühlmedium wären beide Blätter ergänzenderweise anzuwenden. DIN EN 15240 behandelt schwerpunktmäßig die Kälteerzeugung, die Kälteverteilung und Kälteübergabe. Fragen des Lufttransports, der Lufteinbringung in den Raum sowie der Wärmerückgewinnung würden die Anwendung von DIN EN 15339 erforderlich machen.

Der Stand der redaktionellen Bearbeitung bzw. der deutschen Übersetzung wird für beide Blätter als derzeit nicht normgerecht eingeschätzt. Dabei fällt der Entwurf DIN EN 15239 besonders negativ auf.

Die Gliederung beider Blätter ist ähnlich.

- Zunächst werden die Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch beschrieben, wobei hier generell die Neigung zu Trivialitäten zu kritisieren wäre. Beispiel aus DIN EN 15239 [26]:
„Es ist zu bedenken, dass geöffnete Fenster in einem beheizten Gebäude eine Verschwendung von Energie darstellen, da in diesem Falle die Straße beheizt wird.“
- Bei den Inspektionsinhalten wird der Datensammlung bzw. Dokumentation ein großer Stellenwert eingeräumt. Es wird eine Pre-Inspektion vorgeschlagen, die zum Ziel hat, die vorhandenen Dokumentationen zu sichten und auf Übereinstimmung mit den vorgefundenen Anlagen, Betriebsweisen und Nutzungen zu prüfen. Fehlende Dokumentationen können nachgefordert werden oder müssen aktualisiert werden. In den Anhängen 1 wird jeweils ein Muster für die Anlagendokumentation aufgeführt.
- In den weiteren Abschnitten werden die Leistungsinhalte der Inspektion beschrieben. Dabei sind die Handlungsanweisungen verhältnismäßig konkret und nehmen unmittelbaren Bezug auf die Anlagentechnik. Die Leistungsinhalte – hier insbesondere DIN EN 15239 - gehen teilweise deutlich über die energetische Zielstellung hinaus, da z. B. hygienische und physiologisch relevante Aspekte (Geräusche, Verunreinigung von Kanalnetzen, unakzeptable Raumluftströmungen) mit in die Prüfung einbezogen werden. Teilweise sind die Leistungsbilder der Inspektionstätigkeit in den Ansätzen mit der VDMA 24186 vergleichbar.
- DIN EN 15239 räumt Messungen einen verhältnismäßig hohen Stellenwert ein. So wird gefordert, in Nichtwohngebäuden die Zu- und Abluftvolumenströme sämtlicher Anlagen, Drücke und Stromaufnahmen aller Ventilatoren sowie die Luftwechsel in 10 % der belüfteten Räume zu messen. Weiterhin soll das *„Auftreten von Zugluft in den Räumen bei laufender Anlage“* geprüft werden. Aus diesen Forderungen dürfte ein erheblicher Zeitaufwand folgen.
- Beide Normentwürfe gestatten es, den Umfang der Inspektionen zu reduzieren, wenn regelmäßige Wartungen erfolgen. Der Grundgedanke der in Abschnitt 5 vorgeschlagenen Zweistufigkeit findet sich hier wieder. Zitat aus DIN EN 15239 und DIN EN 15240:
„Wenn eindeutig nachgewiesen ist, dass ein bewährtes Wartungsprogramm angewendet wird, könnten bestimmte Aspekte der in dieser Norm beschriebenen Inspektionen vereinfacht oder eingeschränkt werden.“
- In einem weiteren Abschnitt werden Ratschläge für Alternativlösungen und Verbesserungen aufgelistet. Hier findet sich über den informativen Anhang D von DIN EN 15240 ein Hinweis zu einer integralen Betrachtungsweise, die auch bauphysikalische Randbedingungen einbezieht.
- Die Forderungen nach den Inspektionsintervallen sind entweder inkonsistent oder nicht konkret genug ausformuliert:

DIN EN 15240: „Die Inspektionstätigkeit ist auf nationaler Ebene festzulegen, wobei die Standardhäufigkeit drei Jahre zu betragen hat. Die Inspektion kann häufiger oder weniger häufig stattfinden, je nach Gebäudeart, Energieauswirkung auf die Anlage, Gerätetyp und **Wartungsqualität**. Bei zentralen Anlagen (Klimatisierung + Lüftung) können unterschiedliche Teile und Anlagenbauteile eine häufigere Überprüfung erfordern;...“

DIN EN 15239: Hier werden im Anhang 3 generell 3 Jahre für eine „normale Inspektion“ und 6 Jahre für eine „vollständige Inspektion“ empfohlen. Für einzelne Komponenten werden wiederum kürzere Intervalle gefordert (für Filter 2 Jahre; für Wärmetauscher 1 Jahr). Die Abgrenzung von „normaler“ und „vollständiger“ Inspektion ist nicht definiert.

Es wird zusätzlich die Möglichkeit vorgeschlagen, die Weideholungsintervalle vom Ergebnis der Erstinspektion abhängig zu machen.

Grundsätzlich wäre es wünschenswert, in einer nationalen Verordnung bezüglich der Inspektionsinhalte auf europäische Normen zu verweisen. Zum aktuellen Zeitpunkt wird jedoch davon abgeraten, da die Qualität der vorliegenden Entwürfe ungeeignet erscheint.

4 Anwendungsgebiet einer Verordnung von Inspektionen

4.1 Anwendungsgebiet

Gemäß Abschnitt 2 ist das Vorhandensein der thermodynamischen Luftbehandlungsfunktion Kühlen keine zwingende Voraussetzung dafür, dass eine RLT-Anlage unter die Definition nach Artikel 2 der EPBD fällt.

Formulierungsvorschlag:

Raumluftechnische Anlagen zur thermischen Raumlufbehandlung unter Einsatz von Energie. Nicht Gegenstand dieser Regelung sind prozesslufttechnische Anlagen, die der Aufrechterhaltung technisch-industrieller Prozesse dienen.

Thermische Raumlufbehandlungsfunktionen sind das Erwärmen, Kühlen, Be- und Entfeuchten von Luft.

Dezentrale Luftbehandlungseinheiten mit reiner Heizfunktion sind nicht Gegenstand der Richtlinie.

4.2 Mindestgröße der raumluftechnischen Anlage

Artikel 9 der EU-Richtlinie nennt als Bagatellgrenze für die Inspektionsverpflichtung eine Nennleistung von 12 kW.

Nach Artikel 2 ist unter Nennleistung eine thermische Leistung der Klimaanlage und nicht die elektrische Anschlussleistung zu verstehen. Bezogen auf den Nutzen Raumkühlung, wäre bei Raumkühlanlagen die Wärmeentzugsleistung bzw. Kühlleistung maßgebend. Bei zentralen raumluftechnischen Anlagen mit Außenluftanteil wäre nicht die Raumkühlleistung maßgebend sondern die Zuluftkühlleistung. Da die Außenluftenthalpie im Auslegungsfall in der Regel größer ist als die Abluftenthalpie, ist die Zuluftkühlleistung in der Regel höher als die daraus resultierende Raumkühlleistung.

Die Nennung einer Mindest-Nennleistung in Artikel 9 von 12 kW lässt den Schluss zu, dass kleinere, dezentrale Raumkühlanlagen für Wohnungen, Shops, Imbisse und ähnliche Anwendung nicht in das Anwendungsgebiet der Verordnung fallen sollen. Bei derartigen Anlagen handelt es sich überwiegend um festinstallierte Splitgeräte, die aus einem Innengerät (Direktverdampfer mit Umluftventilator) und einer Außeneinheit (Verdichter, Kondensator und Umluftventilator) bestehen und durch Kältemittelleitungen miteinander verbunden sind. Dezentrale Einzel-Splitgeräte sowie mobile Raumkühlgeräte weisen in der Regel Nennleistungen kleiner als 12 kW auf.

Bei Anwendung der Richtlinie auf raumluftechnische Anlagen nach Abschnitt 4.1, die nicht zwingend über die Luftbehandlungsfunktion Kühlung verfügen müssen, bedarf es eines weiteren Kriteriums für die Mindestleistung der Anlage.

Hierzu wird vorgeschlagen, den Zuluftvolumenstrom als ergänzendes Kriterium heranzuziehen.

Die Quantifizierung des Mindest-Zuluftvolumenstromes sollte sich eng an der Definition nach Artikel 2 orientieren. Unabhängig von der Frage, ob in raumluftechnischen Anlagen die Zuluft gekühlt wird oder nicht, erfolgt eine Begrenzung der Zuluft-Untertemperatur bei Systemen der Mischlüftung auf 8 – 10 K aus Gründen der thermischen Behaglichkeit und des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz. Ausnahme bilden Quellluftsysteme, bei denen die Untertemperatur niedriger anzusetzen ist, oder sehr große Räume, bei denen bis 12 K realisiert werden können.

Nimmt man als Mittelwert eine Zulufttemperatur an, die 9 K unterhalb der Raumluftemperatur liegt, führt ein Zuluftvolumenstrom von 4.000 m³/h zu einer Raumkühlleistung von 11,9 kW. Somit wäre in dem Zuluftvolumenstrom von 4.000 m³/h ein geeignetes Äquivalent zu sehen.

Die Jahresenergiekosten einer raumluftechnischen Anlage mit einer Betriebszeit von jährlich ca. 3.000 Stunden belaufen sich auf ca. 0,60 .. 2,40 EUR/(m³/h). Bei Anlagen mit einem Mindestvolumenstrom von 4.000 m³/h wären dies Jahresenergiekosten von 2.400 .. 9.600 EUR.

Dem stünden Jahresenergiekosten ab 400 ... 1.100 EUR bei reinen Raumkühlgeräten mit der Mindestleistung von 12 kW gegenüber.

In den vergangenen Jahren wurden Systeme entwickelt, die auch bei größeren Gebäuden (z. B. Hochhäusern) eine dezentrale fassadenintegrierte mechanische Belüftung gestatten. Die dezentralen Geräte mit einer Einzelleistung deutlich unterhalb der Bagatellgrenze können optional mit Nacherwärmung oder Nachkühlung ausgerüstet werden. Um Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden, bedarf die Definition der Mindestgröße einer Präzisierung hinsichtlich dieser dezentralen Lüftungssysteme. Um Überschneidungen mit denkbaren Wohnungslüftungsanlagen in größeren Gebäuden zu vermeiden, sollte das Kriterium hier auf die Kühlleistung beschränkt bleiben, zumal der spezifische Strombedarf für die Luftförderung ungleich niedriger ist als bei zentralen raumluftechnischen Anlagen.

Zusammenfassend werden hinsichtlich der Mindestgröße folgende Definitionen vorgeschlagen:

Der Anwendungsbereich der Inspektionsverordnung gilt für Raumkühlssysteme mit einer Raumkühlleistung > 12 kW. Werden Gebäudezonen in regelmäßiger Form über gleichartige dezentrale Raumkühlgeräte konditioniert, ist die Gesamtheit aller Einheiten als eine Anlage zu sehen. Die Summe der Einzelkühlleistungen gilt in diesem Fall als Kriterium für den Anwendungsbereich.

Bei raumluftechnischen Anlagen, in denen die Zuluft unter Einsatz von Energie gekühlt wird, ist die auf den Zuluftstrom wirkende Kühlleistung maßgebend für die Mindestleistung von 12 kW.

Raumluftechnische Anlagen, deren Zuluftvolumenstrom 4.000 m³/h übersteigen, fallen unabhängig von der Kühlleistung ebenfalls in den Anwendungsbereich der Verordnung.

5 Vorschlag für den Umfang von Inspektionen an raumluftechnischen Anlagen

Der Vorschlag für den Umfang der Inspektion sieht eine Trennung in eine **komponentenbezogene Inspektion** und eine **systembezogene Inspektion** vor. Dabei orientieren sich die Inhalte der beiden Schritte an Artikel 9 der EPBD nach Abschnitt 2.

Die komponentenbezogene Inspektion soll Bezug nehmen auf den Punkt „Prüfung des Wirkungsgrades“, wogegen die systembezogene Inspektion schwerpunktmäßig Bezug nimmt auf den Punkt „Ermittlung des Kühlbedarfs und Prüfung der Anlagendimensionierung im Verhältnis zum Kühlbedarf“.

In beiden Teiltätigkeiten können und sollen trotz unterschiedlicher Sichtweisen „Verbesserungsvorschläge und Alternativlösungen“ ermittelt und dargestellt werden.

Eine Trennung der beiden Themen ist sinnvoll,

- da sich die Anforderungen an die erforderliche Qualifikation des jeweils ausführenden Personals unterscheiden
- und die Inspektionsintervalle sich unterscheiden können und dies aus wirtschaftlichen Gründen auch sollen.

Das Prinzip der Zweistufigkeit findet sich in anderen Ansätzen wieder:

- VDI 6022 [17]: Hygienekontrolle - Hygieneinspektion
- Instandhaltung nach VDMA [8],[9]: Wartung (Prüfung) - Inspektion
- CEN-Normentwürfe [25],[26]: Wartungsplan - Inspektion (siehe S. 23).

Es wird darin ein sinnvoller Kompromiss zwischen der Möglichkeit des regelmäßigen Vollzugs in kurzen Intervallen einerseits und einem vertretbaren volkswirtschaftlichen Aufwand andererseits gesehen.

5.1 Verpflichtung zur Inspektion

Die Verpflichtung zur Inspektion liegt beim Anlagenbetreiber. Als Anlagenbetreiber wird die natürliche oder juristische Person angesehen, die berechtigt ist, bauliche Veränderungen oder Investitionen an der Anlage vorzunehmen. Da eine Zunahme unterschiedlichster Leasing- und Contractingmodelle zu verzeichnen ist, sollte die Regelung eindeutig sein.

Raumluftechnische Anlagen sind in Deutschland nicht behördlich registriert. Die Initiative zur Inspektion muss vom Anlagenbetreiber erfolgen.

Dem Anlagenbetreiber sollte die Wahlfreiheit bei der Vergabe der Inspektionsleistungen ermöglicht werden, um den Wettbewerb hinsichtlich Qualität und Leistung zu fördern und Spezialisierungen von Dienstleistern zu fördern.

Dem Anlagenbetreiber sollte die Nebenverpflichtung obliegen, die Inspektionen durch ausreichende Dokumentationen zu ermöglichen. Dabei sollte dem Anlagenbetreiber die Möglichkeit eingeräumt werden, für die Zusammenstellung und Ergänzung der Dokumentation den im Einzelfall kostengünstigsten Weg zu finden.

5.2 Komponentenbezogene Inspektionen

5.2.1 Inhalt der komponentenbezogenen Inspektionen

Das Ziel der komponentenbezogenen Inspektion wird in der Erhaltung der energetischen Qualität einer Anlage gesehen.

Dabei soll Berücksichtigung finden, dass mangelnde Wartung, verschleißbedingte Störungen oder der Ausfall von Teilfunktionen einen erhöhten Energieverbrauch nach sich ziehen können, der vom Gebäudebetreiber häufig unbemerkt bleibt.

Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, Prüfungen in verhältnismäßig kurzen Intervallen stattfinden zu lassen.

Der Fokus dieser Tätigkeiten liegt auf den Hauptkomponenten der Systeme wie Kältemaschinen, Rückkühlanlagen, Lüftungsgeräte und der anteiligen Gebäudeautomation. Daher wird die Bezeichnung „komponentenbezogene Inspektion“ abgeleitet.

Wie die Darlegungen in 2.6 zeigen, werden die notwendigen Anforderungen mit den Leistungsbildern der VDMA 24186 erfüllt.

Darüber hinaus gehende Forderungen werden in der ersten Phase der Verordnung nicht für notwendig erachtet. Es wird vorgeschlagen, auf die energetisch relevanten Teiltätigkeiten der VDMA 24186 Blatt 1 [10], Blatt 3 [11] und Blatt 4 [12] direkt Bezug zu nehmen. Als Intervall wird ein Zeitraum von einem Jahr vorgeschlagen.

Wichtig erscheinen die Abgrenzungen:

- Prüfen und Messen gegenüber anderen Tätigkeiten wie Reinigen, Fetten, Auswechseln
- energetisch relevante Tätigkeiten gegenüber z. B. hygienisch relevanten Tätigkeiten
- der Bezug zur Anlage, da Kälteanlagen oder Gebäudeautomationssysteme auch mit nicht betroffenen Anlagen verbunden sein können.

Formulierungsvorschlag:

Die komponentenbezogene Inspektion umfasst die Tätigkeiten Prüfen und Messen an Komponenten und Anlagen unter energetisch relevanten Gesichtspunkten entsprechend

der Einheitsblätter VDMA 24186 Blätter 1, 3 und 4, soweit die Komponenten und Funktionen in Zusammenhang mit der betreffenden Anlage stehen.

Die VDMA-Einheitsblätter können als Regeln der Technik angesehen werden und haben in der Praxis breite Anwendung gefunden. Es wird dabei als zusätzlicher Vorteil angesehen, dass die VDMA-Einheitsblätter durch qualifizierte Normungsausschüsse weiter entwickelt und dem technischen Fortschritt angepasst werden.

Die Durchführung der komponentenbezogenen Inspektion soll protokolliert werden. Die Dokumentation muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Gebäudes und der überprüften Anlage
- Datum der Inspektion
- Protokoll der durchgeführten Tätigkeiten
- Vorschläge für die Verbesserung der energetischen Effizienz
- Name, Unterschrift und Befähigung der inspizierenden Person.

Es sollte angestrebt werden, dass den Betreibern der überwiegenden Zahl von Anlagen, bei denen bereits heute fachgerechte Wartungen auf Basis VDMA 24186 durchgeführt werden, keine nennenswerten Mehrkosten entstehen.

5.2.2 Qualifikationsanforderungen

Bezug nehmend auf die Methodik, sollte den Fachunternehmen, die in der Wartung von Klimaanlage tätig sind, der Zugang zu komponentenbezogenen Inspektionen ermöglicht werden. Die erforderlichen Qualifikationen sind mit einer abgeschlossenen Facharbeiterausbildung und praktischer Berufserfahrung erlangt.

Nach Artikel 10 EPBD wird die Frage der Unabhängigkeit sehr weit gefasst. In größeren öffentlichen Einrichtungen oder Unternehmen wird die Wartung auch von fest angestelltem Personal durchgeführt. Es wird empfohlen, den Personen mit entsprechender Qualifikation, die bei dem betroffenen Gebäudebetreiber fest angestellt sind, die Durchführung der komponentenbezogenen Inspektion nicht zu verwehren. Der Bestand dieser Arbeitsplätze wäre anderenfalls gefährdet.

Von der komponentenbezogenen Inspektion sind die Gewerke Raumluftechnik, Kältetechnik und Gebäudeautomation partiell betroffen. Nur in Ausnahmefällen dürfte es möglich sein, die notwendigen Qualifikationen in einer natürlichen Person vereinigt vorzufinden. Größere Fachunternehmen oder Betreiber verfügen über mehrere Spezialisten, die gegebenenfalls gemeinsam aktiv werden. Um kleineren Dienstleistern den Marktzugang nicht zu verwehren, wird empfohlen, komponentenbezogene Teilinspektionen, die nach den genannten Gewerken getrennt sind, zuzulassen. Es sollte dem Ge-

bäudebetreiber obliegen, auf die Vollständigkeit und die Schnittstellenklärung zu achten. Die Gliederung der VDMA 24186 in die genannten Gewerke liefert eindeutige Grundlagen.

Ein positiver Nebeneffekt wird in der Möglichkeit gesehen, energetische komponentenbezogene Inspektionen mit Hygienekontrollen zu koppeln.

Erste Vorschläge zu den Qualitätsanforderungen wurden in einem vorangegangenen Grobkonzept [23] formuliert und im Entwurf der Studie des Bremer-Energie-Instituts [24] ergänzt. Bei der Ausformulierung muss dem hohen Gewerke-Spezialisierungsgrad Rechnung getragen werden, der dazu führen wird, dass die Inspektion von Klimaanlage unter Umständen von mehreren Akteuren mit unterschiedlichen Einzelqualifikationen vorgenommen wird.

Formulierungsvorschlag:

„Eine Komponenten bezogene Inspektion von Klimaanlage ist durchzuführen durch

- *Fachunternehmen aus der Kälte- und Klimatechnik, die in der Wartung von Klimaanlage tätig sind, und deren Personal (Facharbeiter, Meister oder Techniker einschlägiger Berufszweige, Ingenieure oder gleichwertige Hochschul- oder Berufsakademieabschlüsse) mindestens 1 Jahr Berufserfahrung in der Wartung von kälte- und raumluftechnischen Anlagen sowie deren Mess-, Steuer- und Regelungstechnik hat,*
- *Fachunternehmen oder Personen, welche die Qualifikationsanforderungen für die systembezogene Inspektion erfüllen.“*

5.2.3 Kosten der komponentenbezogenen Inspektion

Die Kalkulation von Wartungsleistungen kann näherungsweise anhand der Herstellkosten einer Anlage abgeschätzt werden. Üblich für jährliche Wartungspauschalen ist ein Betrag von 1,0 .. 2,0 % der Herstellkosten. Bezieht man anteilig die Gebäudeautomation und die Kältetechnik mit ein, dürften für die durchschnittliche Anlage mit einem Volumenstrom von 10.000 m³/h die spezifischen Herstellkosten bei 10 .. 15 EUR/(m³/h) liegen. Die Bandbreite ergibt sich aus der unterschiedlichen Komplexität, was wiederum mit dem Wartungsaufwand korreliert. Daraus würden jährliche Wartungspauschalen von 1.000 .. 3.000 EUR resultieren. Energetisch relevant wäre ungefähr ein Anteil von 80 %. Somit ergeben sich durchschnittliche Jahreskosten für die komponentenbezogene Inspektion von 800 .. 2.400 EUR.

Die Kosten werden als zusätzliche Belastungen des Gebäudebetreibers in voller Höhe nur dann fällig, wenn vorher keine regelmäßige Wartung veranlasst wurde.

5.3 Systembezogene Inspektionen

5.3.1 Inhalt der systembezogenen Inspektionen

Die systembezogene Inspektion hat das Ziel, Vorschläge für die Verbesserung der energetischen Qualität einer Anlage zu unterbreiten.

Dabei wird unterstellt, dass die wesentlichen Potenziale zur Effizienzsteigerung darin bestehen,

- die bauphysikalischen und nutzungsbedingten Anforderungen nach Möglichkeit zu reduzieren,
- den Entwurf und die Betriebsweise von Klimatisierungssystemen an die bauphysikalischen und nutzungsbedingten Anforderungen optimal anzupassen
- die Anwendung effizienterer Technologien, die sich aus dem technischen Fortschritt ergeben haben, einzusetzen.

Die vorgenannten Schritte lassen größere Intervalle zu,

- wenn die Erstinspektion umfassend und gründlich vorgenommen wird und
- die komponentenbezogene Inspektion in kürzeren Intervallen vollzogen wird.

Es wird erwartet, dass weder die Änderungen auf Anforderungsseite noch die Entwicklung des technischen Fortschritts systembezogene Inspektionen in Intervallen, die kürzer als sechs Jahre sind, erforderlich machen.

Der Inspektion muss eine Prüfung der Dokumentation und ein Vergleich der Dokumentation mit dem vorgefundenen Zustand vorangehen. Für die Dokumentation ist der Gebäudebetreiber verantwortlich. Die Anforderungen an die Dokumentation werden in Abschnitt 6 beschrieben.

Im **ersten** Schritt sind Optimierungsschritte zu prüfen, die sich aus der Neubewertung oder der Veränderung von bauphysikalischen oder nutzungsbedingten Anforderungen an das Klimatisierungssystem ergeben. Dazu sind Einsparpotenziale aufzuzeigen, die:

- aus Veränderungen der Belegungsdichte, der Nutzungszeiten und der inneren Wärmequellen resultieren können
- sich aus geeigneten bauklimatischen Maßnahmen ergeben, wie z. B. an der Verglasung und dem Sonnenschutz
- aus dem Austausch bzw. der Nachrüstung energieeffizienter und bedarfsgerecht gesteuerter künstlicher Beleuchtung resultieren
- durch die Anpassung von Sollwerten für die Raumluftkonditionen und Mindestaußenluftstraten erzielt werden können.

Im Ergebnis des ersten Schrittes sind überschlägige und stichprobenartige Analysen der thermischen und stofflichen Lasten variantenhaft darzulegen und die Möglichkeiten zur Volumenstrom- oder Leistungsreduzierung aufzuzeigen.

Im **zweiten** Schritt ist schwerpunktmäßig zu prüfen, ob das vorgefundene Anlagenkonzept und die Regelungstechnik die erforderliche Flexibilität aufweisen, um auf zeitlich oder nutzungsabhängig variable Anforderungen energetisch optimal zu reagieren.

Dazu sind

- energiesparende Strategien für den Betrieb der Anlage zu untersuchen
- die erforderlichen mechanischen Voraussetzungen, wie das Vorhandensein von Klappen und Ventilen, die ausreichende Dimensionierung von Leitungssystemen und Apparaten zu prüfen
- die erforderliche Sensorik und die Ausstattung mit steuerbaren Antrieben zu prüfen
- die gerätetechnische Voraussetzung für die Umsetzung, Programmierung und Betriebsführung energetisch optimierter Betriebsweisen zu prüfen.
- Im Ergebnis des zweiten Schrittes sind Verfahrensbeschreibungen für verbesserte Betriebsweise zu erstellen und die gegebenenfalls notwendigen Investitionen vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit zu beschreiben.

In einem **dritten** Schritt sind Hinweise zur Effizienzverbesserung von Komponenten aufzuzeigen. Diese betreffen insbesondere

- Wärmerückgewinnungsanlagen
- Ventilatoren
- Luftbefeuchter
- Kältemaschinen
- Rückkühlanlagen.

Alternative Energieerzeugungs- und Kopplungsprozesse sowie der wirtschaftliche Einsatz von regenerativen Energien sind in diesem Zusammenhang ebenfalls zu untersuchen.

Voraussetzung für die Vorschläge zur energetischen Verbesserung ist, dass die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme realistisch erscheint. Die Wirtschaftlichkeit ist gegeben, wenn die zu erwartenden Energieeinsparungen eine Amortisation der erforderlichen Investitionen innerhalb der verbleibenden Lebensdauer der Anlage ergeben.

Der Energiebedarf, der aus dem vorgefundenen Ist-Zustand resultiert, ist rechnerisch zu ermitteln und auf die einzelnen Funktionen der Anlage verursachungsgerecht umzulegen. Hierzu wird auf die in Kürze erscheinende Norm DIN V 18599 verwiesen, die entsprechende Berechnungsverfahren beinhalten wird. Das Energieeinsparpotenzial sämtlicher Optimierungsvorschläge ist ebenfalls zu quantifizieren.

Die Verbesserungsvorschläge sollen eine Bewertung beinhalten, ob Einschränkungen beim Komfort mit der Umsetzung zu erwarten wären und in welchem Umfang sich diese gegebenenfalls auswirken würden.

Alle Ergebnisse der systembezogenen Inspektion sind in einem Inspektionsbericht zusammenzufassen.

Leistungsbilder für die systembezogene Inspektion existieren derzeit nur ansatzweise über die europäischen Normentwürfe [25], [26]. Da von einem Bezug auf die europäischen Normentwürfe aufgrund

der derzeit vorliegenden Qualität abzurufen ist, sollten Übergangs- oder Alternativlösungen gefunden werden. Anhang 2 stellt beispielhaft eine Checkliste zum Inhalt einer systembezogenen Inspektion dar.

Für die weitere Verfahrensweise werden folgende Möglichkeiten empfohlen:

- Die europäischen Normentwürfe sollten durch Einsprüche und aktive Normungsarbeit auf die wesentlichen Kerninhalte reduziert und in den einzelnen Staaten durch nationale Anhänge präzisiert werden. Die termingerechte Umsetzbarkeit bleibt fraglich.
- Die Leistungsinhalte könnten über eine Anlage zur nationalen Verordnung analog Anhang 2 definiert werden.
- Die Bildung von privatwirtschaftliche Selbstverpflichtungen, z. B. über den Weg von Gütegemeinschaften, könnte gefördert werden.

5.3.2 Qualifikationsanforderungen

Von den Akteuren wird eine besonders hohe Qualifikation erwartet, die durch ein Hochschulstudium und mehrjährige aktuelle Berufserfahrung zu erlangen ist.

Erforderlich sind Kenntnisse auf den Gebieten:

- Planung und Auslegung von raumluftechnischen Anlagen
- Planung und Auslegung von kältetechnischen Anlagen
- bauphysikalische Kenntnisse zum sommerlichen Wärmeschutz
- regenerative Energien und Kopplungsprozesse
- Anwendung von ingenieurmäßigen Berechnungsmethoden (Kühllast, Energiebedarf von Gebäuden und Anlagen, Wirtschaftlichkeitsberechnungen)
- Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Gebäudeautomation

Während bei der komponentenbezogenen Inspektion eine Aufteilung in 2-3 Spezialisten unvermeidbar ist, kommt dem Fachmann für die systembezogene Inspektion die Rolle des Integrators zu.

Es wird als notwendig erachtet, das Kriterium der „unabhängigen Art und Weise“ höher anzusetzen als bei der komponentenbezogenen Inspektion. Für die systembezogene Inspektion sollten angestellte Mitarbeiter des Anlagenbetreibers nicht zugelassen werden. Eine unvoreingenommene Sichtweise und die wirtschaftliche Unabhängigkeit sollten Voraussetzungen für die systembezogene Inspektion sein.

Sinnvoll wären spezielle Branchenkenntnisse, z. B. Krankenhausbau, Industrie u. ä.. Diese Spezialisierung sollte jedoch dem freien Wettbewerb überlassen werden, zumal derartige Anforderungen weder exakt formulierbar noch prüfbar wären.

Die oben aufgeführten erforderlichen Fachkenntnisse qualifizieren prinzipiell auch für die Erstellung von Energiebedarfsausweisen. Es wird dringend empfohlen, sicherzustellen, dass die Akteure für die systembezogene Inspektion auch für die Ausstellung von Energiebedarfsweisen zugelassen werden können bzw. dass die Zulassung gegebenenfalls durch entsprechende Zusatzqualifikationen ermöglicht werden kann.

„Eine System bezogene Inspektion von Klimaanlage ist durchzuführen durch

- *Fachunternehmen aus der Kälte- und Klimatechnik, deren durchführendes Personal Ingenieure der Versorgungstechnik oder der Technischen Gebäudeausrüstung sind oder gleichwertiger Hochschulabschlüsse aufweist und deren Personal mindestens 5 Jahre Berufserfahrung im Fachgebiet nachweisen kann,*
- *Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Ing. und Hochschulabsolventen mit gleichwertigen Abschlüssen, der Fachrichtungen Versorgungstechnik, Technische Gebäudeausrüstung o.ä., mit mindestens fünfjähriger Berufserfahrung im Fachgebiet raumluftechnischer Anlagen,*
- *Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Ing. oder Hochschulabsolventen mit gleichwertigen Abschlüssen, der Fachrichtungen Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Bauwesen o.ä., mit mindestens zehnjähriger Berufserfahrung in Planung, Bau und Betrieb raumluftechnischer Anlagen.“*

5.3.3 Kosten der systembezogenen Inspektion

Der Aufwand für die systembezogene Inspektion einer durchschnittlichen Anlage mit einem Volumenstrom von 10.000 m³/h wird auf 3 Manntage geschätzt. Ein Unterschreiten der Grenze von 2 Manntagen für kleinere und einfachere Anlagen wird im Regelfall nicht für möglich gehalten.

HIRSCHBERG [21] schlägt eine Honorierung von Energieberatungsleistungen vor, die sich am Energieverbrauch orientiert. Bei einer durchschnittlichen Anlagengröße von 10.000 m³/h ergibt sich nach Abschnitt 3.4 ein durchschnittlicher Energiebedarf von 150 .. **250** .. 600 MWh/a. Aus dem Vorschlag [21] würde für diese mittlere Anlage ein Honorar von 1.000 .. 2.400 EUR resultieren, was einem Aufwand von 2 – 4 Manntagen entspräche und sich mit den eigenen Schätzungen deckt.

Bei größeren, technisch komplexen Vollklimaanlagen könnte der Aufwand höher ausfallen und im Einzelfall 6-8 Manntage in Anspruch nehmen.

Es dürften sich jedoch auch aufwandsmindernde Effekte einstellen, da sich in größeren Gebäuden häufig (aus Platzgründen) mehrere identische oder ähnlich strukturierte Anlagen befinden. Erkenntnisse aus einer Anlage wären dann auf weitere Anlagen übertragbar.

Synergieeffekte werden ebenfalls bei der Kopplung bzw. bei der Möglichkeit zur parallelen Erstellung von Energiebedarfsausweisen gesehen. Da sowohl die anlagentechnischen, die nutzungsspezifischen und bauphysikalischen Randbedingungen in die Bilanzierung des Gebäudes einfließen, werden für

beide Tätigkeiten teils identische Informationen zu beschaffen und Dokumentationen zu analysieren sein.

Die Energiekosten einer durchschnittlichen Anlage belaufen sich innerhalb eines Intervalls von 6 Jahren auf eine Größenordnung von 36.000 ... **60.000** ... 144.000 EUR. Preissteigerungen bei den Energie- und Gehaltskosten werden nicht betrachtet. Vor diesem Hintergrund nehmen die Kosten für die systembezogene Inspektion einen Anteil von 1,5 .. 3,0 % der Energiekosten innerhalb des Intervalls ein.

Die durchschnittlichen Einsparungen an Energie werden höher erwartet. Während eines Fachgespräches zum Thema Inspektion mit Vertretern der Industrieverbände [27] wurde eingeschätzt, dass bereits durch die Optimierung der Betriebsweise, die mit keinen oder sehr geringen Investitionen verbunden ist, durchaus 10 .. 15 % Energieeinsparung zu erzielen sind. Die Wirtschaftlichkeit der systembezogenen Inspektionen kann daher als gegeben betrachtet werden.

Bei den investiven Optimierungsmaßnahmen muss berücksichtigt werden, dass bei älteren Bestandsanlagen energiesparende Investitionen und Ersatzinvestitionen selten klar zu trennen sind. Es kommt bei der systembezogenen Inspektion darauf an, den Gebäudebetreiber rechtzeitig vor Ersatz- oder Instandsetzungsmaßnahmen auf mögliche Effizienzsteigerungspotenziale hinzuweisen.

6 Erforderliche Dokumentationen

Aussagefähige Dokumentationen der Anlagentechnik sind die unbedingte Voraussetzung, um die systembezogenen Inspektionen in dem vorgesehenen Zeitrahmen durchführen zu können. Bei älteren Gebäuden zeigt die Erfahrung, dass die Unterlagen teilweise unauffindbar oder lückenhaft sind und bauliche Veränderungen teils oder garnicht in die Dokumentation eingepflegt wurden.

Es wird daher empfohlen, allgemeine Anforderungen an den Umfang und die Qualität der Anlagendokumentation in Regelwerke einzufügen. Dabei bleibt abzuwarten, wie die weitere Entwicklung der europäischen Normentwürfe [25]; [26] erfolgen wird. Als Übergangs- oder Alternativlösungen wären privatwirtschaftliche Selbstverpflichtungen wie z. B. über den Weg von Gütegemeinschaften denkbar. Anhang 1 liefert beispielhaft eine Checkliste der benötigten Dokumentationen für die systembezogene Inspektion.

7 Fristen und Intervalle der Inspektionen

Für die komponentenbezogene Inspektion wird ein sofortiger Start mit einjährigen Wiederholungsintervallen vorgeschlagen. Es wird davon ausgegangen, dass bei ca. 60 – 70 % der Anlagen bereits fachgerechte Wartungen durchgeführt werden und ausreichend qualifiziertes Personal zur Verfügung steht. Die Untersuchungen des Bremer Energie Instituts [24] belegen dies.

Für die systembezogene Inspektion sollten eine Staffelung der Erstinspektionen vorgenommen werden, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Anlagen über die Jahre zu erreichen.

Als Kriterium wird das Errichtungsjahr vorgeschlagen, das mit der erstmaligen Inbetriebnahme der Anlage verbunden werden sollte. Fand bereits eine Grundsanierung mit Effizienzsteigerung der Anlage statt, kann das Jahr der anschließenden Inbetriebnahme als Baujahr angesetzt werden. Maßstab für die stattgefundene Effizienzsteigerung stellt der Austausch der wesentlichen Komponenten Wärmerückgewinner, Ventilator, und Kältemaschine dar.

In [23] wurde ein erster Vorschlag für den Start der erstmaligen systembezogenen Inspektion formuliert. Dieser berücksichtigte noch nicht die vermutlich inhomogene Baualterstruktur. Ein weiteres Problem stellt die Überlagerung von Erst- und Wiederholungsinspektionen in den Jahren nach 2012 dar.

In der Untersuchung des Bremer Energie Instituts [24] wurde dies berücksichtigt, indem die Ansätze aus der Bestandsuntersuchung [2] zugrunde gelegt und auf die Folgejahre extrapoliert wurden. In das Szenario sind die nach einem sechsjährigen Intervall fälligen Wiederholungsinspektionen eingearbeitet.

Es wurde ein neuer Vorschlag unterbreitet, der eine insgesamt bessere Glättung der jährlich fälligen Anlagenzahl bis 2015 bewirken kann und dadurch einen „Bugwelleneffekt“ vermeidet. Die Ausführungen erscheinen plausibel und können zur Anwendung empfohlen werden.

Errichtungsjahr der Anlage	Frist für erstmalige systembezogene Inspektion
vor 1971	2006
1972 - 1979	2007
1980 - 1988	2008
1989 - 1994	2009
1995 - 1999	2010
2000 - 2003	2011
2004 - 2006	2012
ab 2006	Errichtungsjahr + 6 Jahre

Tabelle 7-1: Vorschlag für Fristen der erstmaligen systembezogenen Inspektion nach [24]

8 Überprüfung und Qualitätssicherung

Da die Veranlassung der Inspektionen die Initiative des Gebäudeeigentümers voraussetzt, erscheint die Androhung von Bußgeldern für den Fall der Unterlassung als sinnvoll.

Ebenso sollten vorsätzliche Verstöße gegen Ziel und Inhalt der Verordnung vonseiten der Inspektoren mit Bußgeldern bewehrt werden.

Als besonders sinnvolle Maßnahme wird angesehen, den Nachweis der durchgeführten Inspektionen zum Bestandteil der Energiepässe zu machen. Bei einer möglicherweise anstehenden Neuvermietung bzw. einem Verkauf des Gebäudes wären die durchgeführten Inspektionen zu belegen. Darin wird eine Analogie zum Serviceheft von Kraftfahrzeugen gesehen. Fahrzeuge, die belegbar von Fachunternehmen gewartet und inspiziert wurden, erzielen einen höheren Wiederverkaufspreis als Fahrzeuge ohne diesen Beleg.

Vonseiten des Verordnungsgebers sollte die Bildung von Gütegemeinschaften und Selbstverpflichtungen bei Verbänden und Interessengemeinschaften angeregt und gefördert werden.

Die Verbandsinitiativen können auch stichprobenartige Qualitätsprüfungen beinhalten und bei vorsätzlichem Missbrauch gegebenenfalls die Aberkennung von Qualitätszertifizierungen vorsehen.

9 Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- [2] Schiller, H.: Grundlagen zur Inspektion von Klimaanlageanlagen; Teilbericht 1: Abschätzung des CO₂-Reduktionspotenzials bestehende RLT-Anlagen; Januar 2005
- [3] Sanierungspotential von RLT-Anlagen; Teilbericht zum Forschungsprojekt SANIREV; Hermann-Rietschel-Institut der TU Berlin; 1997
- [4] Beck, E.: Energieverbrauch, -einsparpotential und -grenzwerte von Lüftungsanlagen; Dissertation an der Universität und Gesamthochschule Kassel; 2000
- [5] DIN 1946 – 1: Raumluftechnik – Terminologie und graphische Symbole (VDI Lüftungsregeln); Oktober 1988
- [6] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen; Deutsche Fassung EN 13779: 2004; Mai 2005
- [7] VDI 3804: Raumluftechnische Anlagen für Bürogebäude; Oktober 1994
- [8] VDMA 24176: Inspektion von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden; Entwurf September 2004
- [9] VDMA 24186 – 0: Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden; Teil 0: Übersicht und Gliederung, Nummernsystem, Allgemeine Anwendungshinweise; September 2002
- [10] VDMA 24186 – 1: Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden; Teil 1: Lufttechnische Geräte und Anlagen; September 2002
- [11] VDMA 24186 – 3: Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden; Teil 3: Kältetechnische Geräte und Anlagen zu Kühl- und Heizzwecken; September 2002

- [12] VDMA 24186 – 4: Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden; Teil 4:MSR-Einrichtungen und Gebäudeautomationssysteme; September 2002
- [13] EUROVENT 6/7: Wartungsrichtlinien für lufttechnische Anlagen; 1983
- [14] Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV): Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden; Berlin 2002
- [15] Schnaars, U., Schiller, H: Fallbeispiel Staats- und Universitätsbibliothek Bremen; Tagungsband zum Symposium des Projektträgers Jülich am 24. und 25. September 2003 in Bremen
- [16] Kauert, B., Schiller, H.: Fallbeispiel Laborgebäude Phytosphäre im Forschungszentrum Jülich; Tagungsband zum Symposium des Projektträgers Jülich am 24. und 25. September 2003 in Bremen
- [17] VDI 6022 –1: Hygienische Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen, Blatt 1: Büro- und Versammlungsräume; Juli 1998
- [18] VDI 6022 – 2: Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen, Blatt 2: Hygieneschulungen
- [19] Keune, A.: persönliche Mitteilung, Februar 2005
- [20] Kolmetz, S., Ostermeier, U., Rouvel, L.: Der Energiebedarf raumluftechnischer Anlagen in Nichtwohngebäuden (Lüftung, Kühlung, Klimatisierung); Bericht TP 5.31.1 des IKARUS-Projektes; März 1995
- [21] Hirschberg, R.: Efficiency of Public Buildings
- [22] VDI 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen; Teil 1: Grundlagen und Kostenberechnung; 2000
- [23] Schiller, H.: Grobkonzept für die geplante Verordnung über die Inspektion von Klimaanlagen nach EU-Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie; 23.11.2004
- [24] Clausnitzer, Dittrich, Gabriel u.a.: Potenzial an Fachleuten zur Umsetzung der Gebäude-RL; Zwischeninformation Februar 2005

- [25] DIN EN 15240 (Entwurf): Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlage; Deutsche Fassung prEN 15240:2005; Juli 2005
- [26] DIN EN 15239 (Entwurf): Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen; Deutsche Fassung prEN 15239:2005; Juli 2005
- [27] Fachgespräch zum Thema Inspektion von Klimaanlage mit den Industrieverbänden, Persönliche Mitteilungen; Bonn; 16.09.2004

Anhang 1: Checkliste für die erforderliche Dokumentation zur systembezogenen Inspektion

A Allgemeine Angaben

1. Gebäude

- Bezeichnung
- Gebäudeteil
- Anschrift
- Gebäudeeigentümer / Mieter / Nutzer
- Nutzungsart
- Baujahr
- Bauweise
- Bruttogeschossfläche / Hauptnutzfläche

2. Energieversorgung

- Wärmeversorgung
- Dampfversorgung
- Kälteversorgung
- Stromversorgung
- Regenerative Energiequellen
- Kopplungsprozesse
- Verbrauchsdaten der letzten Jahre

B Angaben zur Anlage

1. Allgemeine Angaben

- Bezeichnung
- Herstellungsjahr
- Schemazeichnungen

2. Angaben zur Versorgungsaufgabe

- Beschreibung der Nutzungsart
- Anforderungen an das Raumklima: Temperatur, Feuchte, Mindestvolumenströme
- Intensität und Zeitverhalten der Personenbelegung
- Intensität und Zeitverhalten interner Wärmequellen
- Sonstige Schadstoffquellen
- Gleichzeitigkeitsfaktoren
- Besondere hygienische Anforderungen

- Besondere sicherheitstechnische Anforderungen
- Besondere bauphysikalische Anforderungen
- Angaben zur Beleuchtungsleistung und -steuerung
- Angaben zur Fassade: Glasanteil, Himmelsrichtung, Sonnenschutz, Gesamtenergiedurchlassgrad, Wärmedurchgangskoeffizienten
- Angaben zur Bauweise / Wärmespeicherfähigkeit

3. Angaben zum Klimasystem

- Auslegungsluftvolumenströme
- Leistungsdaten von Raumklimageräten / Kühldecken / statischen Heizflächen
- Aufbau und thermodynamische Funktionen von RLT-Zentralgeräten
- Datenblätter mit Fabrikats- und Leistungsangaben der Komponenten
- Differenzdrücke von Ventilatoren
- Typ und Leistung von Wärmerückgewinnungssystemen
- Angaben zur Kälteerzeugung: Verdichtertyp, Leistung, Verdampfungstemperaturen
- Angaben zur Rückkühlung: Kühlmedium, Rückkühlsystem, Kühlwassertemperaturen

4. Angaben zur Betriebsweise

- Betriebszeiten der Anlage
- Angaben zur Systemlösung MSR / GLT
- Beschreibung der Regelung Raumheizung / Raumkühlung
- Beschreibung der Luftvolumenstromregelung
- Beschreibung der Befeuchterregelung
- Beschreibung der Regelung Kälteverdichter / Rückkühler
- Angaben zur freien Kühlung / Abwärmenutzung
- Vorgefundene Sollwerte für Temperatur-, Feuchte- und Volumenstromregelung
- Zeitsteuerprogramme für Volumenströme, Sollwertabsenkungen

5. Sonstige Anlagendokumentationen

- Protokolle durchgeführter komponentenbezogener Inspektionen
- Protokolle sonstiger Wartungsarbeiten
- Dokumentationen eventueller Nach- und Umrüstungen
- Messprotokolle
- Anlagenbezogene Energieverbrauchsdaten

Anhang 2: Checkliste für die Inhalte der systembezogenen Inspektion

1. Maßnahmen zur Lastreduzierung

- Bewertung von Veränderungen der Belegung / Nutzung / Wärmequellen gegenüber dem Planungsstand
- Vorschläge zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes
- Vorschläge zum Einsatz energieeffizienter Beleuchtung / Geräte
- Vorschläge zur Kühllastreduzierung durch natürlichen Lüftung / Nachtlüftung
- Vorschläge zur Verbesserung der Raumluftrömung, z. B. durch Quellerfassungen, Verdrängungsströmungen
- Vorschläge für mögliche Veränderungen der Raumklima-Sollwerte in Haupt- und Nebenbetriebszeit, mögliche Toleranzen für die Sollwerte (z. B. zwischen Heizen – Kühlen oder Befeuchten – Entfeuchten)
- Stichprobenartige Ermittlung der Kühllasten und Darstellung des Minderungspotenzials

2. Dimensionierung der Anlage

- Gegenüberstellung Last – Anlagenleistung bzw. Komponentenleistung
- Darstellung von Möglichkeiten zur Begrenzung von Leistungen und Volumenströmen
- Darstellung von möglichen z. B. dezentralen Alternativlösungen

3. Effizienz von Komponenten

- Nachrüstung bzw. Verbesserung der Energierückgewinnung
- Effizienz von Ventilatoren / Kraftübertragungssystemen / Drehzahlregelungen
- Effizienz der Kälteversorgung
- Wartungszustand der Komponenten
- Wärmedämmung von Rohrleitungs- und Kanalnetz
- Aufstellung der Rückkühleinrichtungen
- Luftdichtheit Kanalnetz
- Druckverluste Kanalnetz

4. Optimierung der Betriebsweise

- Anpassung der Zeitsteuerungen an die Nutzung
- Anpassung der Sollwerte an die Nutzung
- Absenkung der Sollwerte für Kanaldruckregelung
- Optimierung der (Rück-)Kühlwassertemperaturregelung
- Anhebung der Kaltwassertemperaturen zur Reduzierung latenter Kühlleistungen
- Einsatz von Sequenzregelungen zur Vermeidung gegenläufiger Prozesse
- Anpassung der Luftvolumenströme an den Bedarf
- Empfehlung für Nachrüstungen von Komponenten zur bedarfsgerechten Rege-

lung

- Empfehlungen zusätzlicher Sensoren für Energiemanagementfunktionen
- Potenziale für freie Kühlung / Abwärmenutzung

5. Zusammenfassende Empfehlungen

- Darstellung der Energiesparpotenziale
- Empfehlungen für energiesparendes Nutzerverhalten
- Empfehlungen für eine verbesserte Betriebsführung
- Empfehlungen für Nachrüstungen und Umrüstungen der Anlagen unter Berücksichtigung des Wirtschaftlichkeitsgebotes
- Hinweise für zukünftige Sanierungen