



# RLT – Anlagenbau 2018

**Hinweise  
zur Planung und Ausführung  
von Raumlufotechnischen Anlagen  
für öffentliche Gebäude**

Empfehlung Nr. 140

Stand: 26.06.2018

# AMEV

**Hinweise  
zur Planung und Ausführung  
von Raumluftechnischen Anlagen  
für öffentliche Gebäude**

**RLT-Anlagenbau 2018**

lfd. Nr.: 140

Aufgestellt und herausgegeben vom Arbeitskreis  
Maschinen- und Elektrotechnikstaatlicher  
und kommunaler Verwaltungen (AMEV)  
Berlin 2018

Geschäftsstelle des AMEV im Bundesministerium  
des Innern, für Bau und Heimat (BMI)  
Krausenstraße 17-20, 10117 Berlin

Tel.: 030/18-305-7136  
Fax: 030/18-10-305-7136  
E-Mail: [amev@bmub.bund.de](mailto:amev@bmub.bund.de)

Der Inhalt dieser Broschüre darf für eigene Zwecke vervielfältigt werden. Eine Verwendung in nicht vom AMEV herausgegebenen Medien wie z. B. Fachartikeln oder kostenpflichtigen Veröffentlichungen ist vor der Veröffentlichung mit der AMEV-Geschäftsstelle zu vereinbaren.

Informationen über Neuerscheinungen erhalten Sie unter <http://amev-online.de> oder bei der AMEV-Geschäftsstelle

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>1</b>
<b>1. Allgemeines</b>	<b>1</b>
1.1. Anwendungsbereich	1
1.2. Grundsatzüberlegungen für die Planung von RLT-Anlagen	1
1.3. Erfordernis für den Einsatz von RLT-Anlagen	1
1.4. Integrale Gebäude- und RLT-Planung	4
1.5. Gesundheitstechnische Anforderungen	6
1.5.1 Grundsätzliche Anforderungen	6
1.5.2 Raumtemperaturen	7
1.5.3 Bestimmung der Außenluftvolumenströme	9
1.5.4 Maßnahmen zur Reduzierung der stofflichen Verunreinigung	10
1.5.5 Hygienemanagement in der Bauphase	11
1.6. RLT-Auslegungsschritte in der Vorplanung	11
1.7. Luftbefeuchtung	12
1.8. Abnahme und Leistungsmessungen	13
1.9. Hinweise für den Betrieb	14
1.10. Energetische Inspektion von Klimaanlage	14
<b>2. Systeme und Bauelemente</b>	<b>16</b>
2.1. Luftführung im Raum	16
2.2. Anlagensysteme	17
2.3. Bauelemente von RLT-Anlagen	18
2.3.1 Luftleitungen	18
2.3.2 Reinigungsöffnungen	19
2.3.3 Ventilatoren und Lüftungsgeräte	19
2.3.4 Luftfilter	19
2.3.5 Luftbefeuchtungseinrichtungen	21
2.3.6 Wärmetauscher	22
2.4. Energieversorgung von RLT-Anlagen	22
2.4.1 Wärmeversorgung	22
2.4.2 Kälteversorgung	23
2.4.3 Sicherheitsstrom-/Ersatzstromversorgung	23
2.5. Bauliche Hinweise	23
2.5.1 Technikzentralen	23
2.5.2 Außenluft-Ansaugöffnungen und Fortluft-Austrittsöffnungen	24
2.6. Schall- und Brandschutzmaßnahmen	24
2.6.1 Schallschutz	24
2.6.2 Brandschutzmaßnahmen bei RLT- Anlagen	25
2.6.3 Entrauchung von Gebäuden	25
2.6.4 Rauchfreihaltung von Rettungswegen	26
2.7. Mess-, Steuer- und Regeltechnik	27
<b>3. Energiewirtschaftliche Aspekte</b>	<b>29</b>
3.1. Kennwerte für elektrische Antriebsleistungen der Zu- und Abluftventilatoren	29

<b>3.2</b>	<b>Wärmerückgewinnung (WRG)</b>	<b>31</b>
<b>3.3</b>	<b>Freie Kühlung durch Außenluft</b>	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Adiabate Fortluftkühlung</b>	<b>32</b>
<b>3.5</b>	<b>Energiemonitoring, -controlling</b>	<b>32</b>
<b>4.</b>	<b>Anforderungen und Auslegungsdaten für einzelne Anwendungsbereiche</b>	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Bürogebäude</b>	<b>34</b>
4.1.1	Büroräume	34
4.1.2	Sitzungsräume	35
4.1.3	Toilettenräume	35
4.1.4	Wasch-und Duschräume	35
4.1.5	Umkleideräume	35
4.1.6.	Lager-und Nebenräume	36
<b>4.2</b>	<b>Schulen</b>	<b>36</b>
4.2.1	Allgemeine Unterrichtsräume	36
4.2.2.	Aulen und Festräume	37
4.2.3	Naturwissenschaftliche Fachräume	37
4.2.4	Musikräume	37
4.2.5	Werkräume und Werkstätten	38
4.2.6	Lehrküchen	38
<b>4.3</b>	<b>Universitäten und Hochschulen</b>	<b>38</b>
4.3.1	Seminarräume	38
4.3.2	Hörsäle	38
4.3.3	Laboratorien	38
4.3.3.1	Lagerräume für gefährliche Arbeitsstoffe	39
4.3.4	Sonderbereiche Forschung	40
4.3.5	Reinräume	40
<b>4.4</b>	<b>Krankenhäuser und Kliniken</b>	<b>41</b>
<b>4.5</b>	<b>Sportbauten</b>	<b>43</b>
4.5.1	Sporthallen	43
4.5.2	Gymnastikräume	43
4.5.3	Konditions- und Krafttrainingsräume	43
4.5.4	Umkleideräume	44
4.5.5	Wasch- und Duschräume	44
<b>4.6</b>	<b>Bäderbauten</b>	<b>44</b>
4.6.1	Nebenräume in Bäderbauten	44
<b>4.7</b>	<b>Betriebsbauten</b>	<b>44</b>
4.7.1	Werkstätten	44
4.7.2	Wäschereien	45
<b>4.8</b>	<b>Kulturbauten</b>	<b>45</b>
4.8.1	Bibliotheken	45
4.8.2	Museen	45
4.8.3	Archivbauten	49
<b>4.9</b>	<b>Rechenzentren (RZ) einschl. RZ-Flächen/Bereiche</b>	<b>49</b>
4.9.1	Kernaspekt IT Sicherheitsgesetz	49
4.9.2	Bauliche Anforderungen	50
4.9.3	Planungshinweise	50
<b>4.10.</b>	<b>Speiseräume</b>	<b>52</b>
<b>4.11.</b>	<b>Küchen</b>	<b>53</b>

**4.12 Unterkunftsgebäude \_\_\_\_\_ 55**

**Anhang**

**Anhang 1: Auslegungsdaten für übliche Raumarten \_\_\_\_\_ 56**

**Anhang 2: Zusammenstellung der wichtigsten Vorschriften und Regelwerke \_\_\_\_\_ 60**

**Mitarbeiter \_\_\_\_\_ 63**



## Vorwort

Die Fortschreibung von europäischen Richtlinien (z.B. EPBD 2010/31/EU) und die grundlegende Weiterentwicklung europäischer Normen zur Gebäude-Energieeffizienz haben maßgeblich die Aktualisierung der AMEV RLT-Anlagenbau angestoßen, zunächst unter weitgehender Beibehaltung des Aufbaus der Planungsempfehlungen. Im Zuge der zu erwartenden Veröffentlichung weiterer relevanter Lüftungsnormen, z.B. DIN EN 16798-1/-2 (TR), die zum Zeitpunkt der Aktualisierung noch nicht vorlagen, deren Inhalte jedoch Auswirkungen auf die RLT-Anlagenplanung haben werden, soll die aktualisierte RLT-Anlagenbau erneut überprüft und mit der AMEV Bedien RLT zusammengeführt werden. Die daraus entstehenden Hinweise zur Planung, Ausführung und Betrieb von Raumluftechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude (RLT-Anlagen) werden dann zu einem grundlegend neuen Aufbau führen.

Die Normung für RLT-Anlagen lässt Planern und Bauherrn grundsätzlich Freiräume für die Festlegung von qualitativen Anforderungen. Die Freiräume verlangen aber im Gegenzug von Bauherrn und Planern konkrete Vereinbarungen, welche climatechnischen Parameter aus den Vorschlagslisten der Normen angewendet werden sollen, um von Beginn an eine gemeinsame Basis als Planungsgrundlage zu finden und Missverständnisse zu vermeiden. Zwänge für die Auslegung von RLT-Anlagen bzw. deren Komponenten ergeben sich aus der Einhaltung von Energieeffizienzwerten (z.B. Ökodesign-Verordnung 1253/2014), der ganzheitlichen Gebäudebetrachtung zur Einhaltung von Primärenergiewerten (z.B. EnEV) und wegen der Einhaltung von gesetzlichen Gesundheitsschutz- bzw. Arbeitsschutzaufgaben (z.B. ASR). Dies kann bei Erfüllung der Mindestanforderungen zu relativ preiswerten Lüftungssystemen, aber auch zu aufwendigeren, komfortbetonten Systemen für optimale thermische und luft-hygienische Umgebungsbedingungen führen. Immer wichtiger werden auch Abwägungen, statt der freien Lüftung maschinelle Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zur Erreichung ambitionierter Energieeinsparziele (z.B. Passivhausstandard, Niedrigstenergiegebäudestandard) einzusetzen.

Die RLT-Anlagenbau 2018 gibt Hinweise, wie unter den aktuellen Rahmenbedingungen europäischer und nationaler Richtlinien, Verordnungen und Normen für kommunale und staatliche Gebäude verfahren werden soll. Sie soll den Planern der öffentlichen Hand als Hilfe dienen, die Anforderungen der einschlägigen Regelwerke nach den Maßgaben von Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit unter Beachtung des Klimaschutzes umzusetzen.

Berlin, Juni 2018

Torsten Wenisch  
Vorsitzender des AMEV

Markus Kirch  
Obmann RLT-Anlagenbau



# **1. Allgemeines**

## **1.1. Anwendungsbereich**

Der Anwendungsbereich der vorliegenden Planungshinweise erstreckt sich auf Neu-, Um- und Erweiterungsbauten sowie auf Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen (Bauunterhaltung) in Gebäuden staatlicher und kommunaler Verwaltungen. Besondere Richtlinien und Festlegungen einzelner Verwaltungen bleiben davon unberührt.

## **1.2. Grundsatzüberlegungen für die Planung von RLT-Anlagen**

Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) sind ventilatorgestützte Anlagen mit mindestens einer der Funktionen Filtern, Heizen, Kühlen, Befeuchten oder Entfeuchten. RLT-Anlagen dienen im Wesentlichen der

- Abführung von Stoff- und Wärmelasten
- Zuführung unbelasteter Zuluft
- Rückgewinnung von Wärme-/Kälteenergie
- Raumluftkonditionierung

RLT-Anlagen verursachen Investitions-, Betriebs- und Instandsetzungskosten (DIN 18960). Der Bedarf für eine RLT-Anlage bzw. die Frage, ob wirtschaftliche Vorteile vorliegen, soll daher immer kritisch untersucht werden, da die Energieeinsparung und die Sicherstellung eines hygienischen Luftwechsels den vorgenannten Kosten in vielen Fällen entgegenstehen.

## **1.3. Erfordernis für den Einsatz von RLT-Anlagen**

Bei der Lüftungskonzeption ist zuerst zu überprüfen, ob eine RLT - Anlage erforderlich ist. Es kann sein, dass der notwendige lufthygienische Austausch mit Außenluft, das Erreichen energetischer Zielgrößen sowie die Gewährleistung der nicht gesundheitsgefährdenden Raumtemperaturen auch ohne RLT-Anlagen realisierbar ist.

Günstige Gebäudeeigenschaften können zur Vermeidung oder zumindest zur Reduzierung der technischen Anlagen führen. Eine grobe Abschätzung kann mit den folgenden Kennwerten vorgenommen werden (Tabelle 1):

Gebäudeeigenschaft	Günstig	noch günstig	Ungünstig
Gesamtenergie- durchlassgrad der Fenster, einschließlich Sonnenschutz gemäß DIN4108-2	0,1  verstellbar	0,2  verstellbar	>0,2  nicht verstellbar
Verglasungsanteil der Fassade	30 – 40 %	40 – 50 %	> 50 %
Raumtiefe zum nächstgelegenen Fenster	< 5 m	7m	> 8 m
Verhältnis Anzahl Kippfenster zur Raumfläche**)	1 : 10m <sup>2</sup>	1 : 20 m <sup>2</sup>	1 : 30 m <sup>2</sup>
Nachtlüftung durch gekippte Fenster oder Lüftungsflügel (ein- bruchsicher, regensicher) Raumwirksame Wärmespeicher- Kapazität	Möglich  Schwere Bauweise, keine abgehängten Decken		nicht möglich  Leichte Bauweise

\*\*) gekipptes Fenster = zwei Luftstrahlen je 300 Watt Kühlleistung (durch Fensterspalte links und rechts des Fensters)

Tabelle 1: Thermisch und Lüftungstechnisch günstige Gebäudeeigenschaften

In den Fällen, in denen die Anforderung an die Raumluftqualität durch die freie Lüftung über Fenster nicht mehr ordnungsgemäß sichergestellt werden kann, sind RLT-Anlagen einzusetzen. Dies kann in den folgenden Fällen erforderlich sein:

- bei besonderen baurechtlichen Vorschriften,
- bei besonderen Energiesparanforderungen, z.B., wenn der Passivhausstandard erzielt werden soll,
- für Räume, in denen sich der üblichen Nutzung entsprechend eine größere Anzahl von Personen auf kleinem Raum länger als 1 Stunde aufhält,
- wenn ein spezifisches Raumvolumen vom 5 m<sup>3</sup>/Person unterschritten wird,
- wenn das Verhältnis Anzahl Kippfenster zur Raumfläche kleiner als 1:20 m<sup>2</sup> ist;
- für fensterlose Räume,
- für Räume mit nicht öffnbarer Fenstern z. B. wegen
  - Sicherheitsanforderungen,
  - eines zu hohen Außenlärmpegels,
  - einer zu hohen Schadgaskonzentration der umgebenden Atmosphäre,
  - Vollverdunkelung,
  - extremer Windverhältnisse,
  - zu hoher Konzentration gefährlicher bzw. gesundheitsgefährdender Stoffe und/oder Keime im Rauminneren,

- für Räume, in denen hohe sensible und/oder latente Lasten auftreten,
- für Räume, in denen erhebliche Verunreinigungen freigesetzt werden,
- für Räume, in denen definierte Raumluftzustände (Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit, Keimpegel) in vorgegebenen Grenzen gehalten werden müssen.

Hat sich ein Bedarf an RLT-Anlagen herausgestellt, ist der erforderliche Zuluftvolumenstrom unter Zugrundelegung von lufthygienischen Anforderungen zu bestimmen. Erfordert die gewünschte Raumluftqualität (Abschnitt 1.5.3) einen geringeren Außenluftvolumenstrom als der bei ggf. erforderlicher Kühlung über die Kühllast berechnete Zuluftvolumenstrom, ist zu prüfen, ob die Kühllast nicht durch alternative Raumkühleinrichtungen wirtschaftlicher abgeführt werden kann, als über eine Erhöhung der Luftvolumenströme.

Maßnahmen zur Verringerung von Luftverunreinigungen durch Baustoffe und Inneneinrichtungen (Abschnitt 1.5.4) können dazu beitragen, den Außenluftvolumenstrom zu minimieren. Dies führt zu kleineren RLT-Anlagendimensionen und damit auch zu einem geringeren Platzbedarf für RLT-Anlagen und Installationen in einem Gebäude. Zweckmäßige Systementscheidungen können ebenfalls kostenmindernd und energieeffizient wirken (z. B. Quelläftung, Abschnitte 1.6.3 und 2.1).

Wärmerückgewinnungsmaßnahmen beeinflussen nicht nur die Betriebskosten, sondern auch die notwendigen Leistungskapazitäten und die Investitionskosten für Heizungs-, Kälte-, Rückkühlanlagen und deren Rohrleitungstrassen. Der Auslegung der Wärmerückgewinnungsmaßnahmen (Abschnitt 3.2) kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Ein wichtiger Punkt ist die Frage der Zentralisierung bzw. Dezentralisierung von RLT-Anlagen im Gebäude, die unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit nachfolgenden Kriterien zu untersuchen ist:

- Größe, Nutzung (Art, Betriebszeit) und Lage der zu versorgenden Bereiche,
- Platzbedarf für Geräte und Leitungen,
- Zur Verfügung stehender Aufstellungsraum,
- Zugänglichkeit für Instandhaltung, Ersatz,
- Lastschwerpunkte im Gebäude,
- Anordnung der Außenluftansaug- und Fortluftaustrittsöffnungen am Gebäude,
- Umfang und Häufigkeit von Teillastbetriebszuständen unter Berücksichtigung der Jahresbetriebsstunden (Vollbenutzungsstunden),
- brandschutztechnische Anforderungen (z.B. wenig Durchdringungen von Brandabschnitten),
- Schallschutztechnische Anforderungen,
- Einsatz von zentralen Wärmerückgewinnungssystemen,

- Störungs- und Ausfallauswirkungen bei starker Zentralisierung,
- Anordnung von Rückkühlwerken,
- Gebäudeart, Geschoss-, Schachttyp, Abschottungen und Schleusen im Gebäude.

Abwägende Untersuchungen aller vorgenannten Einflüsse und daraus resultierende Investitions- und Betriebskostenschätzungen sollen im frühestmöglichem Stadium der Planung durchgeführt werden, da dann noch Spielräume für Änderungen und wirtschaftliche Optimierungen gegeben sind.

#### **1.4. Integrale Gebäude- und RLT-Planung**

Die Sicherstellung der Raumlufthqualität muss über die Systemgrenzen der Raumlufthtechnik hinaus erfolgen und liegt daher nicht allein in der Verantwortung der Fachplaner und Errichter von RLT-Anlagen. Das gebäudespezifische Lüftungskonzept bzw. der Luftreinhalteplan ist ein wesentlicher gewerkeübergreifender integraler Planungsbestandteil.

Die DIN 4108-2 gibt vor dem Hintergrund der Behaglichkeit und Energieeinsparung bauliche Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz vor. Dies erfolgt mit dem Ziel, erträgliche Raumtemperaturen allein durch bauliche Maßnahmen zu erreichen. Innere Kühllasten müssen dabei gesondert betrachtet werden (DIN 4108-2, Abschnitt 8.4.2).

Für alle nicht unmittelbar als problemfrei erkennbaren Räume oder Zonen im Gebäude ist ein Konzept zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung erforderlich. Eine nach Planungsablauf und Wirksamkeit gestaffelte Maßnahmenkombination wäre z. B.:

- die erforderliche Mindestqualität der Innenräume definieren,
- den Wärmeeintrag auf die Gebäudehülle reduzieren,
- die Erwärmung des Gebäudeinnern verzögern,
- die internen Wärmelasten reduzieren,
- Wärme aus dem Gebäude mit Hilfe von passiver Kühlung (z. B. freie Nachtlüftung) abführen,
- aktive Kühlsysteme mit erneuerbaren Energiequellen einsetzen,
- effiziente aktive Kühlsysteme für den Restkühlbedarf einsetzen,
- Anlagen planungskonform einstellen, kontrolliert betreiben, instandhalten und den Energieverbrauch überwachen.

Entscheidend ist, dass alle an der Planung beteiligten Stellen bereits frühzeitig in der Konzeptphase günstige bauliche Kennwerte vereinbaren. Dies ist erfahrungsgemäß ohne größere Schwierigkeiten möglich (siehe auch AMEV Energie).

Zur Bewertung der Einhaltung normkonformer Behaglichkeitskriterien (insbesondere thermischer Art) im Gebäudebetrieb ist es sinnvoll, frühzeitig in der Planung entsprechende dynamische thermische bzw. strömungstechnische Simulationsberechnungen für exemplarisch ausgewählte Räume bzw. Zonen durchzuführen (insbesondere in der Nähe von Fassaden oder in Räumen mit hoher Wärmelast). Die Wirksamkeit baulicher Lösungsvarianten lässt sich damit hinreichend beurteilen. Die Grundlage der Simulation bilden das Nutzungs- und Energiekonzept.

Für den Nachweis der Wirksamkeit des sommerlichen Wärmeschutzes beschreibt DIN 4108-2 Anforderungen und Randbedingungen für thermische Gebäudesimulationen.

Simulationen für energetisch hocheffiziente Gebäude haben gezeigt, wie durch die systematische Variation von bauphysikalischen Ansätzen unter bestimmten Bedingungen auf RLT- bzw. Kälteanlagen verzichtet werden kann. Die oben genannten Randbedingungen (Tabelle 1) haben dabei einen entscheidenden Einfluss.

Bedeutsam ist ein je nach Orientierung ausgewogener Fensterflächenanteil. Zu große Fensterflächen führen zu Überhitzungseffekten und dadurch bedingte Kühlung, zu gering zu öffnende Fensterflächen schränken die freie Lüftung ein, so dass im ungünstigsten Fall eine sonst nicht notwendige RLT-Anlage erforderlich wird.

In dem Maße, in dem sich in einer Entwurfsplanung ungünstige bauliche Einflüsse häufen und dadurch verstärken, erhöht sich auch die Wahrscheinlichkeit von Raumtemperaturüberschreitungen im späteren Betrieb. Ziel kann es in solchen Fällen nicht sein, ungünstige Bauweisen durch den Einsatz von energie- und kostenintensiven RLT-Anlagen zu kompensieren. Dieser Weg führt zu unwirtschaftlichen und energetisch bedenklichen Gebäudekonzepten. Stattdessen sind die wesentlichen Probleme zu klären und in erster Linie durch bauseitige Lösungen zu beheben. Diese Anstrengungen sind letztlich auch der Verantwortung der staatlichen und kommunalen Verwaltungen gegenüber dem Klimaschutz geschuldet.

## **1.5. Gesundheitstechnische Anforderungen**

### **1.5.1. Grundsätzliche Anforderungen**

Bei Planungen von Neu-, Um- und Erweiterungsbauten sowie Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen müssen die rechtlichen, normativen und nutzungsspezifischen Anforderungen an die Raumlufte berücksichtigt werden. RLT-Anlagen sollen eine gesundheitlich unbedenkliche Raumluftequalität sicherstellen und gleichermaßen zum behaglichen Raumklima beitragen. Die Luftqualität und die thermische Behaglichkeit werden durch die Personen, den Außenluftzustand, den Raum mit seinen baulichen und technischen Bedingungen und Einrichtungen und durch die RLT-Anlage selbst beeinflusst.

Grundsätzlich sind die Anforderungen an Arbeitsstätten (Arbeitsschutzgesetz und darauf basierend Arbeitsstättenverordnung bzw. Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR) zu erfüllen. Darüber hinaus gehende Qualitätsanforderungen steigern das Behaglichkeitsempfinden des Nutzers.

Die thermische Behaglichkeit wird über die Lufttemperatur, die mittlere Wandoberflächentemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit und die Begrenzung der Strahlungstemperatursymmetrie definiert. Die Kleidung und der Aktivitätsgrad der Personen spielen eine weitere wichtige Rolle. Die Behaglichkeitsparameter werden künftig in der neuen Normenreihe DIN EN 16798 Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden Teil 1 beschrieben. Bis zum offiziellen Erscheinen von Teil 1 werden die thermischen Behaglichkeitsanforderungen weiterhin mit Hilfe der DIN EN 15251 – Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – bestimmt. Ergänzend bietet die DIN EN ISO 7730 – Ergonomie der thermischen Umgebung – die analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch die Berechnung des Prozentsatzes an Menschen, die mit dem Umgebungsklima unzufrieden sind (Predicted Mean Vote (PMV)- bzw. Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)-Index).

Ausgangspunkt für Parameterfestlegungen ist die Auswahl einer Kategorie der Höhe des Maßes an Erwartungen an das Raumklima. Bis zur Veröffentlichung der DIN EN 16798 Teil 1 beschreibt die Norm EN 15251 vier Kategorien (I bis IV). Die gewählte Kategorie führt dann unter Berücksichtigung von Bekleidung, Aktivitäten etc. zu Diagrammen oder Tabellenwerten der einzuhaltenden operativen Temperaturen und Raumluftewechsel, die das Erfordernis sowie die Auslegung einer RLT-Anlage maßgeblich beeinflussen können.

Weitere Parameter zur thermischen Behaglichkeit sind auf der Grundlage der DIN EN ISO 7730 festzulegen. Es gibt drei Komfortkategorien (A, B, C). Je nach gewählter Kategorie werden unterschiedliche Grenzen für zulässige Raumlufthgeschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich, zulässige vertikale Temperaturunterschiede, zulässige Strahlungstemperaturasymmetrien und Bodentemperaturen gesetzt. Alle ausgewählten Parameter haben Einfluss auf die Auslegung von RLT-Anlagen und aktiven Kühlelementen sowie auf die Festlegung bauphysikalischer Kennwerte.

Unter Luftqualität werden alle nichtthermischen Einflüsse der Raumlufth auf das Wohlbefinden der Personen verstanden. Die Konzentration an schädlichen Stoffen und unangenehmen Gerüchen (näheres dazu in Abschnitt 1.5.3) sowie der Schallpegel in Aufenthaltsräumen sollen die zulässigen Grenzwerte nicht überschreiten. Hinsichtlich des Schallschutzes wird auf Abschnitt 2.6.1 verwiesen.

Nicht nach den hygienischen Anforderungen der VDI 6022 geplante und/oder nicht sachkundig betriebene RLT-Anlagen können Mitverursacher des sog. Sick-Building-Syndroms sein. Nur bei fachgerechter Planung, Ausführung, Instandhaltung und verantwortungsvollem Betrieb (Hinweise VDI 6022 - Hygienische Anforderungen an raumlufthtechnische Anlagen) kann eine Verunreinigung der Raumlufth durch RLT-Anlagen vermieden werden.

## **1.5.2. Raumtemperaturen**

Bis zur Veröffentlichung der DIN EN 16798 Teil 1 werden in der DIN EN 15251 operative Raumtemperaturen u.a. für Büro-, Verwaltungs- und Bildungsbereiche in Abhängigkeit festzulegender Kategorien empfohlen. Dabei wird zwischen Gebäuden mit und ohne maschinelle Kühlung unterschieden. Neuen und renovierten bzw. sanierten Gebäuden wird ein normales Maß an Erwartungen (Kategorie II) zugeordnet. Höherwertige Erwartungen (Kategorie I) werden zwar gemäß DIN EN 15251 für gesundheitlich anfällige und physisch geschwächte Personen vorgeschlagen, sie sollten jedoch nach Maßgabe der dafür zuständigen Verwaltungen festgelegt werden. Für ein Einzelbüro ohne maschinelle Kühlung mit Kategorie II bedeutet dies eine zulässige dauerhafte Überschreitung der auf 26°C festgelegten operativen Raumtemperatur, z. B. um 5 K bei 28°C gleitendem Außentemperaturmittelwert (Bild A.1 DIN EN 15251).

Zulässige zeitbezogene Abweichungen von den oberen und unteren Grenzkurven werden in Anhang G der DIN EN 15251 beschrieben. Allerdings wird in diesem Fall vorausgesetzt, dass die Raumnutzer eine sitzende Tätigkeit ausüben, die Fenster leicht geöffnet werden können und die Raumnutzer ihre Kleidung leicht an die innen und außen herrschenden thermischen Bedingungen anpassen können. Die Temperaturgrenzen in Bild A.1 DIN EN 15251 basieren auf Behaglichkeitsuntersuchungen in Büros. Die PMV-Werte der Tabelle E.3 der DIN EN ISO 7730 für clo-Werte sehr leichter sommerlicher Bekleidung bestätigen die Anwendbarkeit der vorgenannten Temperaturgrenzen. Alternative Empfehlungen für operative Raumtemperaturen in Arbeits- und Besprechungsräumen in Verwaltungs- und Bürogebäuden gibt das nationale Vorwort der DIN EN 15251, ohne Unterscheidung zwischen maschineller und freier Kühlung. Die zulässige Abweichung vom empfohlenen Komfortraumtemperaturbereich (Komfortraumtemperatur  $\pm 2$  K) wird über ein Zeit- und Temperaturkriterium definiert.

Während die vorgenannten Regeln Komfortgrenzen beschreiben, werden in der Arbeitsstättenrichtlinie (ASR) A 3.5 die Raumtemperaturgrenzen bzgl. des Gesundheitsschutzes sowie Schutzmaßnahmen als Mindestanforderung definiert. Für Arbeitsstätten wird die maximal mögliche Raumtemperatur auf 35°C begrenzt, wobei im Bereich zwischen 26°C und 35°C neben geeigneten Sonnenschutzsystemen (ASR A 3.5, Abs. 4.4, Satz (1)) flankierende technische und organisatorische Maßnahmen zu ergreifen sind. In schwierigen Fällen ist eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. PMV-Werte  $> 2,25$  gemäß DIN EN ISO 7730 Anhang E sind ebenfalls ein Indiz für besonderen Handlungsbedarf.

Ähnlich dem simulationstechnisch geführten Wirksamkeitsnachweis beim sommerlichen Wärmeschutz (siehe Abschnitt 1.4) kann die Einhaltung der Raumtemperaturanforderungen der gewählten Norm und der Arbeitsstättenrichtlinie an Hand thermischer Gebäudesimulationen geprüft werden.

### 1.5.3. Bestimmung der Außenluftvolumenströme

Raumluft muss eine Mindestqualität aufweisen, um das Wohlbefinden von Personen sicherzustellen.

Der Kohlenstoffdioxidgehalt der Raumluft ist ein Indikator für die durch die Raumnutzer selbst verursachten Verunreinigungen. Ziel sollte sein, dass innerhalb eines Nutzungsintervalls die mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration einen Wert von 1.000 ppm nicht übersteigt. Dabei sollte der Maximalwert von 2.000 ppm ebenfalls nicht überschritten werden. Solche wechselnden (dynamischen) Raumluftqualitäten erlauben es zwar raumluftechnische Anlagen in Verbindung mit Fensterlüftung (hybride Lüftung) auf eine geringere Außenluftfrate auszulegen als dies bei rein statischer Betrachtung und ausschließlicher Außenluftversorgung über die RLT-Anlage möglich wäre, jedoch müssen Energieeffizienz und Behaglichkeit beachtet werden (Hinweis: Die Kombination der maschinellen Lüftung mit freier Lüftung über eine geeignete Steuerung zu einem gemeinsamen Lüftungssystem wird als hybride Lüftung bezeichnet). Hybride Lüftungssysteme sollten daher die Ausnahme sein (z.B. zur Aufstellung von kleiner dimensionierten RLT-Anlagen bei räumlichen Engpässen im Gebäudebestand) und dem vollständigen Luftaustausch bei ohnehin erforderlich werdenden RLT-Anlagen sollte der Vorzug gegeben werden.

Bis zum Erscheinen der DIN EN 16798 Teil 1, beschreibt die DIN EN 15251 im Anhang B.1 Beispiele für empfohlene CO<sub>2</sub>-Konzentrationen für Nichtwohngebäude oberhalb der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Außenluft. Mit der für Neubauten und Renovierungen bzw. Sanierungen empfohlenen Kategorie II werden 500 ppm CO<sub>2</sub> über Außenluftkonzentration definiert, was dem o.g. Zielwert einer gesamten CO<sub>2</sub>-Konzentration der Raumluft (unter Berücksichtigung der gegebenen natürlichen CO<sub>2</sub>-Belastung der Außenluft) in etwa entspricht. Dazu korrelierende Auslegungslüftungsraten für Nichtwohngebäude, differenziert in Anteile je nach Personenbelegung und gebäudespezifischer Emission, finden sich ebenfalls im Anhang B.1 der DIN EN 15251. Als gebäudespezifische Emissionen werden dabei ausschließlich die von Baumaterialien verursachten Abgaben chemischer Substanzen bezeichnet. Dabei wird zwischen sehr schadstoffarmen, schadstoffarmen und nicht schadstoffarmen Gebäuden unterschieden. Auf die Empfehlung im nationalen Vorwort insbesondere der vereinfachenden Klassifizierung in „schadstoffarm“ und „nicht schadstoffarm“ wird hingewiesen. Räume mit Kopiergeräten, zahlreichen Laserdruckern oder anderen besonderen Verunreinigungsquellen sind als nicht schadstoffarm zu klassifizieren.

Bei produktionsbedingten Verunreinigungen ist der Außenluftanteil über eine Schadstoffbilanz zu bemessen, damit die zulässigen Grenzwerte Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) und Biologischer Grenzwert (BGW) gemäß der Gefahrstoffverordnung nicht überschritten werden.

VDI-Richtlinien und Arbeitsstättenverordnung (z.B. Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A 3.6 Lüftung) geben weitere Hinweise. Die Tabelle im Anhang 1 enthält die danach erforderlichen Außenluftvolumenströme und andere wichtige Auslegungsdaten für typische Raumarten in öffentlichen Gebäuden.

Beim Einsatz von RLT-Anlagen findet ein kontinuierlicher Verdünnungsprozess statt, bei Fensterlüftung zum Teil auch stoßweise. Maßgebend ist die Luftqualität im Atmungsbereich. Daher hat auch die Lüftungseffektivität der verschiedenen RLT-Systeme einen starken Einfluss auf die Bemessung von Außenluftvolumenströmen. Die Lüftungseffektivität beträgt 1, wenn Verunreinigungen und Luft vollständig vermischt sind, größer 1, wenn die Luftqualität im Atmungsbereich besser ist, als in der Abluft. Mischlüftung hat die Lüftungseffektivität 1, Quelllüftung hat, je nach Auslegung und Messort, eine Lüftungseffektivität, die deutlich größer ist. Dies kann für kleinere Außenluftvolumenströme genutzt werden, was jedoch im jeweiligen Projekt gemäß DIN EN 16798 Teil 3 planerisch ermittelt werden muss. DIN EN 16798 Teil 3 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme“ hat die DIN EN 13779 abgelöst. Sie bildet die Basis für die Auslegung solcher Anlagen. Gleichwohl werden in einem noch einzuführendem nationalen Anhang Leistungsanforderungen (z.B. SFP-Werte für Ventilatoren, Mindestfilterklassen je Filterstufe gemäß DIN EN 779 bzw. DIN EN ISO 16890, Anordnung von Ansaug- und Ausblasöffnungen der Außen- und Fortluft, Raumbedarf von Lüftungszentralen) zu ergänzen sein.

Für Labore, Werkstätten, Krankenhäuser usw. sind die einschlägigen Regeln der Technik zu beachten.

#### **1.5.4. Maßnahmen zur Reduzierung der stofflichen Verunreinigung**

Zur Vermeidung von stofflichen Verunreinigungen sind z. B. folgende Maßnahmen hilfreich:

- Auswahl geruchsneutraler Baustoffe und Inneneinrichtungsmaterialien,
- möglichst Verzicht auf Umluftnutzung,
- höhere Dichtheitsklasse der Luftleitungen bei Umluftanlagen bzw. Einsatz hochwertiger Filter
- Sicherstellung von sauberem Wasser für Sprühbefeuchtung,
- Vermeidung von keilriemengetriebenen Ventilatoren,
- Einsatz von Rotationswärmerückgewinnern mit nachgewiesener geringer Übertragungsrate von Gerüchen.

Hinweise zu schadstoffarmem Bauen gibt der Bund in entsprechenden Veröffentlichungen (z.B. Zukunft Bauen – Ökologische Baustoffwahl). Ergänzend dazu liefern das Webportal WECOBIS und das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundes umwelt- und gesundheitsrelevante Fachinformationen für alle gängigen Bauprodukte.

### **1.5.5. Hygienemanagement in der Bauphase**

Zur Sicherstellung der Hygiene in RLT-Anlagen ist ein Hygienemanagement bereits während der Bauphase notwendig. Dieses begünstigt das Gelingen der Hygieneerstinspektion gemäß VDI 6022 zur Abnahme nach Fertigstellung. Unter Hygienemanagement ist die Überwachung und Kontrolle wesentlicher Ausführungsschritte im Rahmen der Installation von RLT-Anlagen und deren Komponenten zu verstehen. Dabei werden u.a. Sichtkontrollen, z.B. in Luftleitungen oder luftführenden Doppelböden durchgeführt. Ebenso werden die Anforderungen an Transport, Lagerung und Montage Raumlufotechnischer Komponenten überprüft.

### **1.6. RLT-Auslegungsschritte in der Vorplanung**

RLT-Anlagen werden nach den erforderlichen Außenluftvolumenströmen (siehe Abschnitt 1.5.3) ausgelegt. Kühllasten im Raum sind nur in Ausnahmefällen von Lüftungsanlagen abzuführen. Vorzugsweise ist Wasser bzw. Sole als Transportmedium zu verwenden.

Kühllasten sind mit einer Kühllastberechnung (VDI 2078) zu bestimmen. Spezifische Kühllasten bis zu  $30 \text{ W/m}^2$  können in der Regel unter Verzicht auf aktive Kühlung durch bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen (z.B. günstige Gebäudeausrichtung, begrenzte Fensterfläche, effiziente thermische Gebäudehülle, effektiver Sonnenschutz, nächtliche Fensterlüftung) bewältigt werden. Auf die Pflicht zur Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß DIN 4108 Teil 2 wird hingewiesen. Bei Räumen mit inneren spezifischen Kühllasten von mehr als  $30 \text{ W/m}^2$  kann der Einsatz maschineller Kühleinrichtungen (z.B. Kühldecken, Induktionsgeräte oder Ventilator-konvektoren) notwendig werden. Eine gemäß lufthygienischen Anforderungen ausgelegte RLT-Anlage (Abschnitt 1.5.3) kann die innere Last zumindest zum Teil (in manchen Fällen sogar vollständig) abführen. Hier empfiehlt es sich zu untersuchen, ob die alternative Wahl von Quelllüftung aufgrund verbesserter Lüftungseffektivität zusätzliche Vorteile bringt. Erforderlich werdende RLT-Anlagen können z.B. auch durch erhöhten nächtlichen Außenluftbetrieb sowie durch adiabate Fortluftkühlung in begrenztem Maß Kühllastspitzen entgegenwirken.

Klimaanlagen sollten erst ab einer spezifischen Kühllast von  $75 \text{ W/m}^2$  vorgesehen werden. Die AMEV Kälte 2017 gibt weitere Hinweise.

Die Wirkungsweise der möglichen Lösungsvarianten kann über eine thermische Simulationsberechnung nachgewiesen werden.

Ungeachtet dessen sind Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen über die Arten der Lüftung und Kühlung als Teil des Energiekonzeptes für das Gebäude zu erstellen. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung sollte unter Berücksichtigung der Baunutzungs- und Lebenszykluskosten erfolgen (siehe auch DIN 18960 bzw. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundes). Als Berechnungsgrundlage wird die VDI 2067 empfohlen.

Sollte im Ausnahmefall die Raumkühllast dennoch über die RLT-Anlage abgefahren werden, ist wirtschaftlich abzuwägen, ob die erforderliche Differenz zwischen Zuluft- und Außenluftvolumenstrom

- als Umluft konzipiert wird,
- doch als Außenluft konzipiert wird (reiner Außenluftbetrieb),
- durch eine kombinierte Anlage Luft-Wasser-Systeme ersetzt wird,
- Raumweise Umluft als Sekundärluft in z.B. Induktionsgeräten eingesetzt wird.

Nach den vorgenannten Abwägungen können im Wesentlichen auch die Luftleitungsnetze (siehe Abschnitt 2.3.1) und die optimale Anordnung der Technikzentralen festgelegt werden (siehe Abschnitt 2.5.1).

## **1.7. Luftbefeuchtung**

Luftbefeuchter unterliegen besonderen hygienischen Anforderungen und erhöhen die Betriebskosten. Auf Grund dessen ist die Notwendigkeit einer Luftbefeuchtung immer kritisch zu überprüfen. Empfohlene Kriterien für die Dimensionierung von Be- und Entfeuchtung liefert die DIN EN 15251 verbunden mit dem Hinweis, dass Be- und Entfeuchtung üblicherweise nur in besonderen Gebäuden, wie z.B. in Museen und einigen Gesundheitseinrichtungen, erforderlich sind.

Über die Ausführung und den hygienischen Betrieb der Befeuchtungseinrichtungen gibt die VDI 6022 – Raumluftechnik, Raumlufqualität - wichtige Hinweise. Neben den hygienischen Aspekten sind auch der Instandhaltungsaufwand sowie die Energiekosten der verschiedenen Befeuchtungssysteme zu berücksichtigen.

## **1.8. Abnahme und Leistungsmessungen**

Nach Meldung der Fertigstellung durch den Auftragnehmer ist eine Abnahmeprüfung nach VOB, Teil C DIN 18379 durchzuführen. Sie beinhaltet die Vollständigkeitsprüfung des Auftragsumfanges und die Übergabe der Wartungs- und Bedienungsanweisungen mit Zusammenstellung der technischen Daten, der Bestandszeichnungen, des elektrischen Übersichtsschalt- und Anschlussplanes und des Protokolls über die Einweisung des Wartungs- und Bedienungspersonals.

Bei betriebswichtigen RLT-Anlagen sind im Rahmen der Abnahmeprüfung Funktionsprüfungen, Funktionsmessungen, Vollständigkeitsprüfungen und Sondermessungen nach DIN EN 12599 durchzuführen. Die Prüfungen sollten durch einen Sachverständigen im Beisein des Auftragnehmers erfolgen.

Bei der Ausschreibung und Auftragsvergabe ist darauf hinzuweisen, dass Kosten für zu wiederholende Funktionsprüfungen infolge Nichterbringung des Auftragsumfanges zu Lasten des Auftragnehmers gehen.

Bereits bei der Planung und Ausführung Lüftungstechnischer Anlagen sind Messstellen für eine Leistungsmessung vorzusehen.

Die VDI 6039 Facility Management - Inbetriebnahmemanagement für Gebäude gibt weitere Hinweise.

## **1.9. Hinweise für den Betrieb**

Gestiegene Nutzeranforderungen, komplexer werdende gesetzliche Rahmenbedingungen und der daraus resultierende höhere Technisierungsgrad von Gebäuden sind verbunden mit zunehmenden Herausforderungen für einen wirtschaftlichen, funktions- und bedarfsgerechten sowie sicheren Betrieb der RLT-Anlagen. Bereits in der Planungs- und Bauphase müssen dafür die Voraussetzungen geschaffen werden. Die AMEV-Empfehlung Technisches Monitoring gibt Hinweise, um an den Schnittstellen zwischen der Planungs- und Bauphase und der ersten Nutzungsphase die angestrebte Qualität, insbesondere der Gebäudetechnik, zu sichern. Darüber hinaus wird darauf abgezielt, die Voraussetzungen für einen energieeffizienten, funktions- und bedarfsgerechten Gebäudebetrieb zu schaffen. In diesem Zusammenhang wird auf die VDI 6041 - Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen - hingewiesen.

Um einen hygienegerechten und sicheren Betrieb zu ermöglichen, müssen die konstruktiven Anforderungen der VDI 6022 (z. B. die Zugänglichkeit zu den Anlagenteilen, die Vermeidung deren unzulässiger Anordnungen, die Beachtung geforderter Filterklassen) eingehalten werden. Die praktischen Erfahrungen zeigen, dass eine nach VDI 6022 einwandfrei betriebene RLT-Anlage gleichzeitig weniger Geruchsbelastungen verursacht.

Der Betreiber ist nach dem Energieeinsparungsgesetz verpflichtet, RLT-Anlagen sachgerecht zu bedienen und instand zu halten. Er hat durch eine geordnete Betriebsführung und fachgerechte Instandhaltung die bestimmungsgemäße, auch hygienisch einwandfreie Funktion und den wirtschaftlichen und energiesparenden Betrieb der RLT-Anlagen zu gewährleisten. Hierzu ist der Einsatz von qualifiziertem Bedienungs- und Instandhaltungspersonal sicherzustellen. Der Betreiber ist möglichst bereits im Planungsstadium auf die entsprechenden organisatorischen personellen und kostenmäßigen Auswirkungen hinzuweisen.

Die Grundsätze für den Betrieb raumluftechnischer Anlagen sind in der VDI 3810 - Betreiben von RLT-Anlagen - enthalten. Die AMEV Bedien RLT gibt konkrete Hinweise für das Betriebspersonal der RLT-Anlagen.

Für die Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ist ein Leistungsprogramm zu erstellen. Hierfür können das VDMA-Arbeitsblatt 24186-1 und die Vertragsmuster der AMEV-Richtlinien „Wartung“ (AMEV Wartung) oder in Sonderfällen „Instandhaltung“ (AMEV Instandhaltung) verwendet werden. Dabei sind die in der VDI 6022 formulierten hygienischen Anforderungen zu beachten.

Der bedarfsgerechte Umfang der Instandhaltungsarbeiten ist stark von der Anlagenart und -nutzung, den Betriebszeiten und der Ausführung der Bauelemente abhängig. Der Umfang der Wartung und der Inspektionsarbeiten sowie die Festlegung der konkreten technischen Wartungs- und Inspektionsintervalle sind von den Fachplanern in Abstimmung mit den Betreibern und ggf. unter Einbeziehung einer Hygiene-Fachkraft für den jeweiligen Einzelfall anzugeben.

Bauordnungsrechtliche Anforderungen an den Betrieb von Lüftungsanlagen (z. B. Prüfung haustechnischer Anlagen, wie z.B. RLT-Anlagen) sind den einschlägigen technischen Baubestimmungen der Bundesländer zu entnehmen.

## **1.10. Energetische Inspektion von Klimaanlage**

Gemäß § 12 EnEV sind Betreiber von stationären Klimaanlage in Gebäuden mit mehr als 12 KW Kältenennleistung verpflichtet, innerhalb einer vorgegebenen Frist energetische Inspektionen an diesen Klimaanlage durch berechnigte und qualifizierte Personen durchführen zu lassen. Inspektionszeiträume, einschließlich der Wiederholungen sowie Qualifizierungsanforderungen von Inspektionsberechtigten sind beschrieben.

Weniger konkret formuliert – und somit interpretationsbedürftig – sind die Inspektionsanforderungen, festgelegt in § 12, Abs. 2 EnEV. Als Inspektionsergebnis sind dem Betreiber abschließend Ratschläge in Form von kurz gefassten fachlichen Hinweisen für Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der energetischen Eigenschaften der Anlage, für deren Austausch oder für Alternativlösungen in Berichtsform zu geben. Der Inspektionsbericht muss vom Inspekteur unterschrieben und mit einer Registriernummer versehen werden, die der Inspekteur zuvor beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) beantragen muss. Weiterhin ist geregelt, dass der Betreiber die Bescheinigung über die Durchführung der Inspektion der zuständigen Behörde auf Verlangen vorlegen muss.

§ 12, Abs. 2 zufolge umfasst die Inspektion Maßnahmen zur Prüfung der Komponenten, die den Wirkungsgrad der Anlage beeinflussen und zur Kontrolle der Anlagendimensionierung im Vergleich zum Kühlbedarf.

Daraus herleitend werden folgende Untersuchungsschwerpunkte gesehen:

1. Zustand (z. B. Wirkungsgrad) und Auslegung energetisch relevanter Anlagenkomponenten (z. B. Ventilatoren, Heiz-, Kühl- und Befeuchtungseinrichtungen, Filtersysteme, Pumpen, elektrische Antriebe, Luftführungssysteme, MSR-Anlagen)
2. Betrieb der Gesamtanlage (z. B. Luftvolumenströme, Temperaturen, Luftverteilung, Hydraulik, Regelstrategie, Betriebsführung)
3. Bauphysikalische Eigenschaften des Gebäudes (z. B. Heiz- und Kühlbedarf, Möglichkeit freier Lüftung und Kühlung)

#### 4. Nutzungsanforderungen (z. B. thermisch, lufthygienisch, feuchte-, lichttechnisch, Betriebszeiten, innere Kühllasten, zulässige Abweichungen)

Im Sinne der Verpflichtung zu wirtschaftlichem Handeln ist im Rahmen dieser sehr allgemeinen Betrachtung bei der Umsetzung auf ein sinnvolles Maß an mindesterforderlichen Inspektionsleistungen zu achten. Vorteilhaft ist der Rückgriff auf vorhandene Anlagen- und Betriebsdaten sowie Wartungs- und Prüfergebnissen (z. B. Hygieneinspektion gemäß VDI 6022).

Hilfestellung für die Vorbereitung und Durchführung der energetischen Inspektion bietet die DIN EN 16798-17 einschließlich nationalem Anhang, in dem auf die Hinweise gemäß DIN SPEC 15240 aufmerksam gemacht wird.

## 2. Systeme und Bauelemente

Bei der Festlegung der Anlagensysteme und Bauelemente ist darauf zu achten, dass diese bedarfs- und funktionsgerecht sowie energiesparend, umweltschonend und nachhaltig geplant werden. Dies gilt auch für den stufenweisen Ausbau von RLT-Anlagen bei umfangreichen Bauvorhaben. Zur Sicherstellung des Gesundheitsschutzes von Personen sind der Planung, der Ausführung sowie des Betriebes die Hygieneanforderungen gemäß VDI 6022 zu Grunde zu legen.

Für die Auslegung der RLT-Geräte ist die Einhaltung der Anforderungen gemäß Ökodesign-Verordnung 1253/2014 entscheidend. Die Konformität der Geräte mit den Anforderungen der Verordnung wird in einer Eigenerklärung durch den Hersteller bestätigt (EG-Konformitätserklärung, CE-Kennzeichen). Der Hersteller trägt die Verantwortung für die Übereinstimmung seiner Produkte mit den spezifischen Ökodesign-Anforderungen (siehe auch Abschnitt 3.1).

### 2.1. Luftführung im Raum

**Systeme bei denen der Impuls der Zuluftzuführung die Strömung im Raum bestimmt (turbulente Mischluftströmung):**

Die Zuluft wird mit hohem Eintrittsimpuls eingeführt, um, durch Induktion eine möglichst gute Mischung zwischen Zuluft und Raumluft zu erreichen. Örtliche Unterschiede von Temperaturen und Konzentrationen (Feuchte, Rauch, Gerüche usw.) sind bei Mischluftströmung gering, so dass die Anordnung der Abluftabsaugung ohne wesentlichen Einfluss auf die Raumluftströmung ist.

**Systeme bei denen die Konvektion der Wärmequellen die Strömung im Raum bestimmt (turbulenzarme Verdrängungsströmung):**

Die Zuluft wird mit niedrigen Geschwindigkeiten und niedrigem Turbulenzgrad über entsprechend große Flächen in den Raum mit dem Ziel eingeführt, eine möglichst geringe Mischung zwischen Zuluft und Raumluft zu erreichen.

Bei der Quelllüftung wird die Zuluft im unteren Raumbereich mit einer geringen Untertemperatur in den Raum eingeführt. Durch die auf Grund der Dichteunterschiede entstehende stabile Luftschichtung im Raum kommt es zu einer aufwärts gerichteten Strömung geringster Geschwindigkeit, aus der sich die Auftriebsströme örtlicher Wärmequellen herauslösen. Die Höhe der Frischluftschicht ist abhängig vom Verhältnis der thermischen Auftriebsströme zu dem eingeführten Zuluftvolumenstrom. Unterhalb der Mischzone wird im Raum eine deutlich bessere Luftqualität, z. B. bezüglich Geruchskonzentration erreicht als unter sonst gleichen Bedingungen mit einem Mischströmungssystem.

Auf Grund der dichtebestimmten Luftschichtung im Raum bilden sich unterhalb der Mischzone deutliche Konzentrations- und Temperaturgefälle aus. Auf Grund des im gesamten Raum niedrigen Turbulenzgrades der Luftströmung werden bei diesem System bezüglich der Luftbewegung sehr gute Komfortbedingungen erreicht.

### **Systeme bei denen Lufteintrittsfläche und Luftgeschwindigkeit die Strömung bestimmen (laminare Verdrängungsströmung):**

Die Verdrängungswirkung kann durch eine vollflächige oder partielle Kolbenströmung im Raum (laminare Strömung) erreicht werden. Die laminare Strömung erlaubt es, auf der angeströmten Seite von Arbeitszonen fast Zuluftqualität, z. B. bezüglich Partikelkonzentration, zu erreichen. Voraussetzung ist eine Geschwindigkeit der Kolbenströmung, die eine Mischungsfördernde Auftriebsströmung örtlicher Wärmequellen entgegen der Kolbenströmungsrichtung zuverlässig unterdrückt. Die erforderlichen Luftwechsel und der bautechnische Aufwand bei einer überwiegenden Anwendung in der OP-, Reinraum sowie Messtechnik sind daher außerordentlich hoch.

## **2.2. Anlagensysteme**

### **Zentrale Lüftungsanlagen mit konstantem Volumenstrom (KVS-Anlagen)**

Nur-Luft-Anlagen mit konstanten (Außenluft-)Volumenströmen entsprechen der einfachsten Ausführung von RLT-Anlagen. Hiermit können die meisten bei öffentlichen Bauvorhaben auftretenden Aufgaben für RLT-Anlagen wirtschaftlich gelöst werden, wenn nur thermische Lasten bis  $60 \text{ W/m}^2$  vorliegen. Die einfache technische Konzeption mit niedrigen Investitions- und Betriebskosten bietet keine individuelle Regelmöglichkeit für einzelne Räume. Sie ist daher dann einzusetzen, wenn gleichartige Räume mit nahezu identischen Nutzungsprofilen versorgt werden müssen. Es ist ein strömungsgünstig ausgebildetes Leitungsnetz mit relativ großem Platzbedarf erforderlich. Nachteilig ist ein hoher Energieverbrauch für die Luftförderung (hoher Druckverlust).

### **Zentrale Lüftungsanlagen mit variablem Volumenstrom (VVS-Anlage)**

VVS-Anlagen kommen bei örtlichen und zeitlichen Unterschieden in den thermischen Lasten der zu versorgenden Räume und bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die individuelle Regelbarkeit zum Einsatz.

Bei geringen Lasten (weniger als  $50 \text{ W/m}^2$ ) sind VVS-Anlagen häufig eine günstige Alternative zur Induktionsanlage bezüglich Energieaufwand und Gesamtkosten.

VVS-Anlagen erfordern einen relativ hohen Aufwand an Investitionen und Regeltechnik. Bei der Auslegung der Luftdurchlässe müssen die veränderlichen Luftvolumenströme Berücksichtigung finden. VVS-Anlagen bieten ein energiesparendes RLT-Konzept mit guter Anpassung an örtlich und zeitlich wechselnde thermische Lasten, individueller Raumtemperaturregelung durch Veränderung der Volumenströme, zeitweiser Volumenstromreduzierung bzw. Abschaltung von Räumen bei Nichtbenutzung und Auslegung der Zentralen nur auf das 0,75- bis 0,8fache des Nennvolumenstromes.

### **Zentrale Lüftungsanlagen mit dezentraler Umluftkonditionierung (z.B. Induktionsgeräten)**

Der Einsatz ist nur für Räume bis max. 6 - 8 m Raumtiefe und bei großen Unterschieden in den thermischen Lasten der zu versorgenden Räume sowie hohen Ansprüchen an die individuelle Regelbarkeit sinnvoll

Induktionsanlagen haben bei hohen thermischen Lasten meist vorteilhafte Investitions- und Instandhaltungskosten und bieten eine gute Anpassung an örtlich und zeitlich wechselnde thermische Lasten. Die Induktionsgeräte können bei Stillstand der RLT-Anlage die Heizlast ganz oder teilweise übernehmen.

### **Zentrale Lüftungsanlagen mit Raumkühlsystemen (z.B. Kühldecken, Kühlsegel, Bauteilaktivierung)**

Die Anwendung von KVS-Anlagen kombiniert mit Kühldecken ist z.B. bis zu Kühllasten von 100 W/m<sup>2</sup> sinnvoll. Kühldecken-Anlagen ermöglichen eine individuelle Raumtemperaturregelung über die Kühldecke und erreichen besonders günstige Komfortbedingungen. Kaltwassertemperaturen sollten nach Möglichkeit so gewählt werden, dass die Nutzung freier Kühlung sowie regenerativer Kaltwassererzeugung möglich ist und eine Unterschreitung des Oberflächentaupunktes vermieden wird.

### **Dezentrale Umluftgeräte (z.B. Ventilatorkonvektoren)**

Die Anlagen führen sehr hohe thermische Lasten z. B. in Labor- oder DV-Räumen ab, ggf. auch ohne Luftleitungsnetz und bei geringer Behaglichkeit. Der großen Leistungsfähigkeit und dem hohen Umluftvolumenstrom stehen eine hohe Lautstärke durch den raumseitigen Ventilator und eventuell Zugerscheinungen gegenüber.

## **2.3. Bauelemente von RLT-Anlagen**

### **2.3.1. Luftleitungen**

Niedriger Energiebedarf, hohe Dichtheit, geringe Druck- und Wärmeverluste und günstige hygienische Bedingungen sind wesentliche Kostenfaktoren für den Betrieb von RLT-Anlagen und stehen in direktem Zusammenhang mit der Dimensionierung der Luftleitungen. Zur Reduzierung der Antriebsleistung der RLT-Geräte ist ein wirtschaftliches Optimum zwischen Leitungsquerschnitt und Luftgeschwindigkeit zu bestimmen.

In Anlehnung an die DIN EN 16798-3 B4.5 wird als Mindestdichtheitsklasse Klasse B definiert, Klasse C wird empfohlen.

Für die Materialauswahl sind in besonderen Fällen die Gesichtspunkte des Brandschutzes, der Hygiene und der Korrosionsbeständigkeit zu berücksichtigen.

### **2.3.2. Reinigungsöffnungen**

Um die hygienischen Anforderungen (VDI 6022) zu erfüllen, sind Luftleitungen mit Reinigungsöffnungen zu versehen, so dass das komplette Leitungssystem gereinigt werden kann. Die Einbaulage aller Reinigungsöffnungen muss aus den Montage- und Revisionsplänen ersichtlich sein. Hinweise gibt die DIN EN 12097.

Die erforderliche Anzahl und Anordnung von Reinigungsöffnungen in den Luftleitungen richtet sich nach der Ausgestaltung (Größe, Verlauf, Einbauteile, Zugänglichkeit etc.) der jeweiligen Luftleitungen sowie nach der geplanten Reinigungsmethode.

### **2.3.3. Ventilatoren und Lüftungsgeräte**

Bei der Auswahl und dem Einbau von Ventilatoren ist die VDI-Richtlinie 3803 - Raumluftechnik, Geräteanforderungen - zu beachten.

Hauptkenndaten von Ventilatoren sind:

- Luftvolumenstrom
- Förderdruck
- Antriebsleistung
- spezifische Ventilatorleistung
- Einbaurichtung / Einbauart

Auf Grund der hygienischen Anforderungen der VDI 6022 sollten in der Regel Ventilatoren ohne Riemenantriebe (insbesondere Freiläufer) zum Einsatz kommen. Ventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln sind vorzuziehen. Der Einsatz von Energiesparmotoren wird generell empfohlen.

Auf die Anforderungen an die spezifische Ventilatorleistung wird in Abschnitt 3.1 eingegangen.

### **2.3.4. Luftfilter**

Luftfilter tragen dazu bei, die geforderte Luftqualität in den belüfteten Bereichen zu sichern und die Anlagenkomponenten sowie das luftführende Leitungsnetz vor Verschmutzung zu schützen.

Zur Filterung von Partikeln werden in der Raumluftechnik hauptsächlich Filter aus Glasfasern und synthetischen Faserstoffen sowie Metallfilter eingesetzt. Auf Sonderfälle beschränkt ist der Einsatz von Aktivkohlefiltern zur Adsorption gasförmiger Stoffe. Hierzu zählen Gerüche aus Küchen, aber auch Dämpfe und Gase aus Prozessen sowie radioaktive Gase. Eine Übersicht zu Filterbauarten findet sich in der AMEV Bedien RLT. Einbau und konstruktive Anforderungen sind in der VDI 6022 Blatt 1 definiert.

Während die neue DIN EN 16798-3 weiterhin auf die bisherigen Filterklassifizierungen (DIN EN 779) eingeht, bezieht sich die neue VDI 6022 Blatt 1 bereits auf die neuen ePM-Filterklassen (DIN EN ISO 16890).

Gemäß VDI 6022 Blatt1 sind in RLT-Anlagen und –Geräten nur Luftfilter einzusetzen, die nach DIN ISO 16890-1 oder DIN EN 1822 geprüft und einzeln sichtbar gekennzeichnet sind. Für die im Gültigkeitszeitraum der ehemaligen DIN EN 779 errichteten RLT-Anlagen können auch Filter eingesetzt werden, die nach DIN EN 779 geprüft sind.

Die bisherigen Klassifizierungen der Luftfilter nach DIN EN 779 entfallen und werden in der DIN EN ISO 16890 neu definiert.

Nach der neuen Richtlinie DIN EN ISO 16890 wird der Feinstaub in drei Fraktionen eingeteilt: PM10, PM2,5 und PM1. Jede davon besteht aus einem Teilchengemisch zwischen 0,3 µm und 1 µm, 2,5 µm oder 10 µm. Ein Luftfilter wiederum wird einer dieser Fraktionen zugewiesen, wenn er im Test mindestens 50 Prozent des entsprechenden Staubgemischs abscheidet.

Eine Orientierung für den Vergleich der neuen mit den bisherigen Filterklassen ermöglicht die folgende Tabelle 2 des Fachverbandes Gebäude-Klima FGK (Status Report 44 11/2017):

Bisher DIN EN 779	DIN EN ISO 16890
M 5	ePM 10 ≥ 50 %
M 6	ePM 2,5 ≥ 50 %
F 7	ePM 1 ≥ 50 %
F 8	ePM 1 ≥ 70 %
F 9	ePM 1 ≥ 80 %

Tabelle 2: Gegenüberstellung Filterklassen DIN EN 779 gegenüber DIN EN ISO 16890

Erläuterung: z.B. bedeutet „ePM 10 ≥ 50 %“ einen Abscheidegrad von ≥ 50 % gegenüber PM 10 (Partikel bis 10 µm)

Die Mindestfilterklassen sind abhängig von der Außenluft- (ODA) und Zuluftqualität (SUP). Aus Gründen der Hygiene empfiehlt die VDI 6022 Blatt 1 den Einsatz von zwei Filterstufen. Die erste Filterklasse dient dem Schutz der Komponenten, die zweite Filterstufe stellt die Zuluftqualität sicher.

Bei der Auslegung von Luftfiltern ist auf einen geringen Anfangsdruckverlust und ein hohes Staubspeichervermögen zu achten. Der vom Hersteller genannte Nenn-Luftvolumenstrom der Filter sollte nicht überschritten werden, da die Abscheideleistung mit steigender Filterbelastung nachlässt.

Die Standzeit ist der Einsatzzeitraum eines Filters bis zu seinem Austausch. Die max. zulässigen Filterendwiderstände der einzelnen Filterklassen sind in der DIN

EN 13053 definiert. Der von den Herstellern empfohlene Enddruckverlust liegt in der Praxis aufgrund der energetischen Kriterien zumeist deutlich niedriger.

Die VDI 6022 empfiehlt aus hygienischer Sicht den Filterwechsel der 1. Filterstufe nach spätestens 12 Monaten, den der 2. Filterstufe nach 24 Monaten. Bei Küchen gelten kürzere Fristen entsprechend VDI 2052. Um den bestimmungsgemäßen Betrieb eines Filters sicherzustellen, ist der sofortige Austausch der Filter notwendig, wenn auf der Anströmseite ein Filterkuchen entsteht. Als Filterkuchen wird das Zusammenbacken von Schmutzteilchen auf der Filteroberfläche bezeichnet. Die Bildung eines Filterkuchens ist mit einem signifikanten Anstieg des Druckverlustes verbunden und liegt bei Grobstaubfiltern bei ca. 150 Pa und bei Feinstaubfiltern bei etwa 300 Pa. Ein vorzeitiger Filterwechsel ist nach 2.500 Betriebsstunden oftmals wirtschaftlicher. Wegen des Staubeintrages während der Bau- und Probetriebsphase müssen die Filter vor der Übergabe an den Nutzer gewechselt werden.

Ein mikrobielles Wachstum (Schimmelpilz, Bakterien, Hefen) auf Luftfiltern ist durch geeignete Maßnahmen zu verhindern. Dies kann gemäß VDI 6022 und VDI 3803 durch die Vermeidung einer lang anhaltenden hohen relativen Luftfeuchte im Bereich der Luftfilter erfolgen.

Für die 1. Filterstufe (Vorfilter) kann eine Durchfeuchtung entweder durch die Installation eines Vorerhitzers mit Erwärmung der Außenluft vor dem Luftfilter oder durch die Beimischung vorerwärmter Luft vor dem Filter vermieden werden. Für die höheren Filterstufen sind zur Vermeidung lang anhaltender relativer Luftfeuchten entsprechende Regelstrategien erforderlich.

Das Auswechseln der Luftfilter ist von der Staubluftseite vorzusehen. Zur Überwachung des Filterwiderstandes sind Differenzdruckmessgeräte anzubringen. Gemäß Ökodesign-Verordnung 1253/2014 für RLT-Anlagen sind für Filter in Lüftungsanlagen Filterüberwachungen mit optischem oder akustischem Signal bei Überschreitung des höchstzulässigen Filterenddruckes vorzusehen. Die optische Kontrollmöglichkeit der Filterkammern ist sicherzustellen.

Beim Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen (WRG-Anlagen) kann die Filterung der Abluft zur Sicherstellung hoher Rückwärmehzahlen notwendig werden.

Für besondere funktionelle Anforderungen (z.B. Reinraumtechnik, Gesundheitswesen) werden noch höherwertigere Filterklassen eingesetzt.

### **2.3.5. Luftbefeuchtungseinrichtungen**

Ein Überblick über Luftbefeuchter-Bauarten findet sich in der AMEV Bedien RLT. Bei der Planung von Einrichtungen zur Luftbefeuchtung sind insbesondere bei Verdunstungs-befeuchtern Maßnahmen zum Schutz vor Verkeimung der Befeuchteranlagen bzw. der nachfolgenden Anlagenbereiche unabdingbar. Zudem

sind die Anforderungen der VDI-Richtlinie 6022 sowie der EnEV §15, Absatz 2 für die Errichtung von Luftbefeuchtungseinrichtungen einzuhalten.

Alle Luftbefeuchter-Bauarten verursachen einen hohen Betriebsaufwand. Dampfbefeuchter, die Befeuchtungsart mit der besten Hygiene, arbeiten überwiegend mit Dampfzylindern, in denen mit elektrischer Energie Dampf erzeugt wird. In den Zylindern setzen sich Härtebildner (Kalk, Kalkseifen) ab, so dass die Zylinder betriebsstundenabhängig auszutauschen sind.

### **2.3.6. Wärmetauscher**

Wärmetauscher für RLT-Anlagen unterscheiden sich von der Bauart her in den verwendeten Werkstoffen, in der Art der Wärmeübertragungsflächen sowie in der Fließrichtung des Wärmeträgers in Bezug auf den Luftstrom (Gleichstrom, Gegenstrom, Kreuzstrom). Für RLT-Anlagen werden zur Heizung, Kühlung und Wärmerückgewinnung vorwiegend wasserbeaufschlagte, berippte Rohrbündel-Wärmetauscher eingesetzt.

Zur Inspektion und Reinigung sowie gegebenenfalls zur Desinfektion sind Wärmeaustauscher beidseitig zugänglich zu gestalten (bis lichte Gerätehöhe von 1,6m ausziehbar, ohne andere Einbauteile abbauen zu müssen). Die speziellen Anforderungen an die Wärmetauscher im Krankenhausbau werden in der DIN 1946 Teil 4 beschrieben.

Kühleraggregate mit Taupunktunterschreitung sind grundsätzlich mit Kondensatwannen mit Ablauf am tiefsten Punkt und allseitigem Ablaufgefälle von mind. 1% auszustatten. Für Kühler ist ein frei auslaufender spülbarer Abfluss mit Rückschlagsyphon vorzusehen.

Bei geringen Luftvolumenströmen, geringen Heizleistungen sowie eingeschränkten Nutzungszeiten ist der wirtschaftliche Einsatz von Elektrolufferheizern zu prüfen.

## **2.4. Energieversorgung von RLT-Anlagen**

### **2.4.1. Wärmeversorgung**

Es ist im Einzelfall zu untersuchen, ob mit vorhandener Wärme im Niedertemperaturbereich die Wärmetauscher in RLT-Anlagen wirtschaftlich zu betreiben sind (Kondensatorwärme, Heizungsrücklauf, Fernwärmerücklauf, Abwärme aus Kühlgeräten u.a.). Die Leistung der Wärmerückgewinnung ist bei der Auslegung der Lufferhitzer zu berücksichtigen.

## **2.4.2. Kälteversorgung**

Bei der Auslegung der Kälteversorgung ist der zeitliche Verlauf der einzelnen Kühllasten (dynamische Kühllastberechnung) sowie die Gleichzeitigkeit des Kälteverbrauchs einzelner Anlagen zu berücksichtigen. Sofern die Gesamtkälteleistung auf einzelne Aggregate aufgeteilt wird, ist darauf zu achten, dass insbesondere im Teillastbereich ein wirtschaftlicher Betrieb ermöglicht wird, z.B. wenn im Sommer- und Winterbetrieb mit sehr unterschiedlichen Lasten gerechnet werden kann. Die Vorlauftemperatur des Kaltwassers soll nicht niedriger liegen als vom Verbraucher angefordert, da die Leistungsaufnahme einer Kältemaschine mit sinkender Verdampfungstemperatur stark zunimmt. Aus diesem Grunde soll eine Temperaturanhebung des Kaltwasservorlaufs von z. B. 6°C auf 14°C durch Mischung unbedingt vermieden werden.

Ausführliche Informationen zu Grundlagen, Wirtschaftlichkeit, Auslegung, und Betrieb kältetechnischer Anlagen enthält die AMEV Empfehlung Kälte.

## **2.4.3. Sicherheitsstrom-/Ersatzstromversorgung**

Der Anschluss an eine Sicherheitsstromquelle kann durch bauaufsichtliche Bestimmungen oder arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen notwendig werden. Ersatzstromversorgung (zur Aufrechterhaltung der Funktion) kann durch verwaltungsspezifische Vorgaben (z.B. Bedarfsanforderungen für Polizeidienststellen oder Fernmeldeknoten) erforderlich werden.

Grundsätzlich sind alle Forderungen einer Ersatzstromversorgung für RLT-Anlagen kritisch zu prüfen. Auch kann es sein, dass im Ersatzstromfall nicht alle technischen Anlagen bzw. physikalischen Prozesse des Normalbetriebes benötigt werden und somit eine reduzierte Anforderung an die RLT-Anlage gestellt wird.

## **2.5. Bauliche Hinweise**

### **2.5.1. Technikzentralen**

Die Anordnung der Technikzentrale für RLT-Anlagen sollte möglichst im Versorgungsschwerpunkt erfolgen.

Raumbedarf sowie bautechnische Randbedingungen für Technikzentralen können der VDI 2050 entnommen werden. Angaben zum Platzbedarf von Komponenten und Anlagen sind auch in der DIN EN 16798-3 in Verbindung mit CEN/TR 16798-4 enthalten.

Die Technikzentralen müssen gut und möglichst direkt zugänglich sein. Die Transportwege zu den Technikzentralen sind im Hinblick auf die Montage der Anlagen sowie auf das Auswechseln größerer Anlagenteile ausreichend zu dimensionieren. Bedienung, Inspektion und Wartung der Anlagenteile sind durch gute Zugänglichkeit und ausreichende Wartungs- und Bewegungsflächen zu erleichtern.

## **2.5.2. Außenluft-Ansaugöffnungen und Fortluft-Austrittsöffnungen**

Die Außenluft ist mindestens 3 m über Erdoberfläche bzw. 0,3 m über Flachdachniveau an einer Stelle mit geringer Verunreinigung anzusaugen. Die Nord- oder Ostseite des Gebäudes ist dabei zu favorisieren. Die brand- und rauchschutztechnischen Anforderungen (Landes-Lüftungsanlagen-Richtlinien LüAR ggf. MLüAR) sowie die Hygieneanforderungen gem. VDI 6022 sind zu beachten. Die Außenluftansaugung ist wegen der Gefahr der Kontamination mit Mikroorganismen nicht in der Nähe und nicht in der Hauptwindrichtung von Nasskühltürmen anzuordnen. Anforderungen in Bezug auf Lage und Mindestabstände von Außenluftansaugung- und Fortluftausblasöffnungen sind in der DIN EN 16798-3 in Verbindung mit CEN/TR 16798-4 definiert.

Beeinträchtigungen aus der Umgebung sollen minimiert und ein Wiederansaugen der Fortluft verhindert werden.

Abhängig von der Zweckbestimmung des Gebäudes sind ggf. die Außenluftansaugöffnung und die Fortluftaustrittsöffnung gegen das Eindringen von Personen, gegen Sabotage und gegen den mutwilligen Eintrag von gesundheitsgefährdenden Schadstoffen in die belüfteten Innenräume zu sichern.

Die Luftleitung zwischen Außenluftansaugung und RLT-Gerät sollten so kurz wie möglich sein. Reinigungs- und Revisionsöffnungen sowie Entwässerungsmöglichkeiten sind sicherzustellen (ohne direkten Anschluss an das Entwässerungsnetz).

## **2.6. Schall- und Brandschutzmaßnahmen**

Grundlage für die Brandschutzmaßnahmen bildet das abgestimmte Brandschutzkonzept.

### **2.6.1. Schallschutz**

Grundsätzlich sind bei Räumen mit RLT-Anlagen die Standard – Auslegungswerte nach DIN EN 15251 Anlage E ausreichend, sofern keine auffälligen Geräusche mit besonders tiefen Frequenzen zu erwarten sind. Die vom Nutzer geforderten Schalldruckpegel sind insbesondere unter Berücksichtigung der zu erwartenden Grundgeräusche kritisch zu prüfen, um kostenträchtige Aufwendungen für Schalldämpfungsmaßnahmen zu vermeiden. Werden durch bauliche Planungen nach VDI 2569 - Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro - besonders niedrigere Grundgeräuschpegel in Räumen angestrebt, so werden in diesen anspruchsvollen Fällen auch bei den RLT-Anlagen raumseitige Schalldämpfer notwendig. Zur Dimensionierung und zum Einbau von Schalldämpfern wird ansonsten auf die Berechnungen nach VDI 2081 verwiesen.

Körperschallübertragungen von den Geräten und Leitungen auf das Gebäude sind durch geeignete Maßnahmen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Die VDI 2081 gibt hierzu Hinweise. Die DIN 4109 ist zu beachten.

Für die Schallemissionen der Lüftungstechnischen Anlagen nach außen sind nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) die Immissionsrichtwerte aus der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) maßgebend.

Schalldämpfer mit Oberflächen aus einfacher Glasvlies-Kaschierung sind aus hygienischen Gründen zu vermeiden. Höhere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Materialermüdung bieten z. B. mit Glasseide kaschierte Oberflächen. Die Oberflächenbeschaffenheit der Schalldämpfer ist gem. VDI 6022 dauerhaft abriebfest und reinigungsbeständig auszuführen (z.B. Glasseide).

### **2.6.2. Brandschutzmaßnahmen bei RLT- Anlagen**

Die brandschutztechnischen Anforderungen oder die Brandschutzkonzepte sind mit den örtlich für den vorbeugenden Brandschutz zuständigen Behörden und ggf. mit dem Sachverständigen abzustimmen, soweit die Anforderungen nicht schon in der entsprechenden Landesbauordnung LBO (ggf. Musterbauordnung MBO) sowie der Landes-LüAR (ggf. MLüAR) bauordnungsrechtlich festgelegt sind. Die Leitungsführung aller Installationen soll soweit wie möglich an die festgelegten Brand- und Rauchabschnitte angepasst werden. Das Durchdringen von Brand- und Rauchabschnitten ist möglichst zu vermeiden.

Die notwendigen Leitungsdurchführungen sind mit selbstschließenden Absperrvorrichtungen gegen Brandübertragung zu versehen, die den Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse der Wand/Decke entsprechen. Werden anstelle von Absperrvorrichtungen feuerbeständige Lüftungsleitungen verwendet, dürfen diese nur in einem Brandabschnitt Öffnungen (Luftauslässe) haben. Für die Elektro- und sonstigen Rohrleitungsinstallationen wird auf die Landes-Leitungsanlagen-Richtlinie (LAR, ggf. MLAR) verwiesen.

Seit 01.09.2012 dürfen Brandschutzklappen (BSK) nur entsprechend DIN EN 15650 mit CE-Kennzeichnung in Verkehr gebracht werden. Für BSK in Laborabluftanlagen gilt die DIN EN 15650 allerdings nicht. Auch einzelfallabhängige bauaufsichtliche Zulassungen liegen bei den Herstellern der Klappen aufgrund der Komplexität in Bezug auf Schadstoffe, Konzentrationen und Vermischungen nicht vor. Da bei Verwendung von BSK in Laborabluftanlagen mit Schadstoffbelastung eine Schädigung der BSK nicht ausgeschlossen werden kann, muss auf landesspezifische Handlungsanweisungen für Neubauten, Sanierung und Betrieb zurückgegriffen werden.

### **2.6.3. Entrauchung von Gebäuden**

Grundsätzlich sind Gebäudegrundrisse anzustreben, die im Brandfall eine natürliche Entrauchung über zu öffnende Fenster, Kuppeln und / oder sonstige Öffnungen ermöglichen.

Sollte diese natürliche Entrauchung nicht realisierbar sein, so können bei Sonderbauten zur Vermeidung einer Rauchausbreitung auch maschinelle

Entrauchungsanlagen (MRA) erforderlich werden. Die Festlegung raucharmer Schichten als Schutzziel sowie die Berechnung notwendiger Entrauchungsvolumenströme und der Rauchgastemperaturen erfolgt auf der Grundlage des Bemessungsbrandszenariums eines Sachverständigen oder nach den Festlegungen des zuständigen Bauordnungsamtes im Einvernehmen mit der Feuerwehr.

Nachströmeinrichtungen sind maschinell auszuführen, wenn eine ausreichende natürliche Außenluft-Nachströmung nicht erreicht werden kann. Für großflächige Räume oder Hallen wird auf die Bemessung der von der MRA abzuführenden Volumenströme gemäß DIN 18232-5, verwiesen, wobei der Ansatz einer Wärmefreisetzungsrate von bis zu 300 kW/m<sup>2</sup> anstelle von 600 kW/m<sup>2</sup> zu erheblichen Kosteneinsparungen bei der MRA führt. Es ist dafür eine begründete Abschätzung der im Brandfall effektiven Brandlast nötig.

Zur ständigen Betriebsbereitschaft von maschinellen Entrauchungsanlagen ist die elektrische Versorgung der MRA bereits ab dem Gebäudeanschluss (Hausanschluss, Unterverteilung o.ä.) getrennt abzusichern und zu verlegen. Die Kabel der Entrauchungsanlage müssen außerhalb des Erdreichs in Räumen mit Sprinkleranlage mit einer Abtrennung der Feuerwiderstandsklasse F30 und in Räumen ohne Sprinkleranlage mit einer Abtrennung der Feuerwiderstandsklasse F90 versehen werden.

Der Ausfall der Betriebsbereitschaft der MRA muss jederzeit detektiert und an eine verantwortliche Stelle übermittelt werden können. Bei manueller Auslösung durch die Feuerwehr sind die Auslöseeinrichtungen so zu installieren, dass sie im Brandfall sicher betätigt werden können.

Die durch die Hersteller für die Entrauchungsventilatoren zugelassenen Temperaturen sind begrenzt. Aus diesem Grunde müssen die Rauchgastemperaturen am Ventilator häufig durch Beimischung von Kühlluft herabgesetzt werden.

Der Einbau einer Entrauchungsanlage hat unter Berücksichtigung bauaufsichtlicher Verwendungsnachweise und Prüfzeugnisse zu erfolgen.

Zur VOB-Abnahme müssen die entsprechenden Übereinstimmungsnachweise (ÜH) des Herstellers vorliegen.

#### **2.6.4. Rauchfreihaltung von Rettungswegen**

Notwendige Treppenträume und Flure müssen frei von Brandlasten sein. Dieses erfordert die Brandabschottung sämtlicher elektrischer Leitungen und macht dadurch in den meisten Fällen eine Entrauchung dieser Treppenträume und Flure entbehrlich. Sollte jedoch eine Entrauchung erforderlich sein, ist diese vorrangig durch bauliche Maßnahmen (z.B. Fenster, Oberlichter) zu gewährleisten. Andernfalls könnte bei innenliegenden Treppenträumen eine maschinelle Lösung erforderlich sein (Überdrucklüftung mittels rauchfreier Außenluft, die üblicherweise

am Fuß der Treppenträume über Ventilatoren eingeblasen wird und am Kopf der Treppenträume über geregelte Überdruckklappen ins Freie abströmt).

## 2.7. Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Einen Überblick zu Regelkreisen und Komponenten im Anwendungsbereich von RLT-Anlagen bieten die Ausführungen in der AMEV Bedien RLT.

Für Räume mit personenrelevanter Nutzung (z.B. Seminar-, Besprechungsräume, Großraumbüros, Hörsäle) lassen sich mit einer CO<sub>2</sub>-geregelten Bedarfslüftung je nach Anforderung zwischen maximalem und minimalem Luftvolumenstrom ein optimaler Raumluftqualitätszustand und Energiebedarfswert erreichen. Obgleich ein regelungstechnischer Mehraufwand gegenüber unregulierten, z.B. zeitgesteuerten RLT-Anlagen entsteht, ist in der Regel aufgrund der erzielbaren Energieeinsparung von der Wirtschaftlichkeit auszugehen.

Bei der Planung und Ausführung ist insbesondere zu beachten:

- Für die Bauelemente Ventilatoren, Pumpen, Stellglieder etc. ist bei Ausfall der Regelung eine Umschaltung auf Handbedienung zu ermöglichen.
- Bei redundantem Anlagenaufbau der RLT-Anlagen ist die MSR-Technik so auszuführen, dass jedes Anlagensystem autark betrieben werden kann.
- RLT-Anlagen und statische Heizungen sind so zu konzipieren, dass sie im Kühl- und Entfeuchtungsfall nicht gegeneinander arbeiten.

Der Einsatz von Automationsstationen für das Messen, Steuern und Regeln der RLT-Anlagen sowie für die Kommunikation der Automationsstationen untereinander und mit einer Leitzentrale gewährleistet weitreichende Möglichkeiten des Energiemanagements, wie

- Steuern und Regeln mit Zeitprogrammen (bedarfsabhängig),
- Selbstoptimierung und Adaption innerhalb der Regelkreise,
- Lastabhängige Sollwertverschiebung,
- freie Kühlung,
- enthalpieabhängige Mischluft- und WRG-Steuerung
- luftqualitätsabhängige Volumenstromoptimierung (z.B. CO<sub>2</sub>-Regelung)
- umfassende Energieverbrauchserfassung, -auswertung (Energiecontrolling).

Die Automationsstationen für RLT-Anlagen sollen die geforderten Luftzustandswerte innerhalb der zulässigen Toleranzfelder voll ausschöpfen und den Energieverbrauch sowie den Bedienungsaufwand für die RLT-Anlagen möglichst niedrig halten.

Gebäudeautomation ist die unbedingte Voraussetzung für Monitoring, Benchmarking, zentrale Betriebsüberwachung und Bedienung sowie für ein

zuverlässiges Instandhaltungsmanagement. Im weiteren Sinn stellt die Gebäudeautomation ein zentrales Werkzeug zum energieeffizienten und sicheren Betrieb des Gebäudes dar.

Durch den TGA-Planer sind die RLT-Anlagenschemata und Funktionsbeschreibungen (Funktionslisten, Regelschemen, Ablaufdiagramme) für die Planung der Gebäudeautomation zur Verfügung zu stellen. Weitere Hinweise zu den Abstimmungen zwischen den Gewerken der technischen Gebäudeausrüstung und der Gebäudeautomation in Planung und Ausführung finden sich in der VDI 3814 sowie in den AMEV-Empfehlungen „Gebäudeautomation“ und „BACnet“.

### **3. Energiewirtschaftliche Aspekte**

#### **3.1. Kennwerte für elektrische Antriebsleistungen der Zu- und Abluftventilatoren**

Beim Betrieb von RLT-Anlagen stellen die Energiekosten für den Antrieb der Ventilatoren einen großen Anteil der Gesamtbetriebskosten dar. Mit der konstruktiven Ausgestaltung der RLT-Anlagen wird auf die erforderliche Druckdifferenz zur Luftförderung und damit auf die Ventilatorleistung der Anlage unmittelbar Einfluss genommen.

RLT-Anlagen bestehen aus den RLT-Geräten und dem damit verbundenen Luftleitungsnetz. RLT-Geräte enthalten neben Ventilator und Antrieb entsprechende Filter sowie Teile zur Wärmerückgewinnung und ggf. weitere zusätzliche geräteinterne Bauteile (z.B. zusätzliche Filterstufen, Erhitzer, Kühler, Befeuchter).

Zwingend einzuhaltende Vorgaben für RLT-Geräte macht die Ökodesign-Verordnung 1253/2014 „Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen“ vom 07. Juli 2014. Mit Inkrafttreten dieser Verordnung wurden die Mindestanforderungen an die innere spezifische Ventilatorleistung ( $SV_{L,int.}$ ) von RLT-Geräten (sowohl für Wohnräume als auch für Nichtwohnräume) zum 01.01.2016 und 01.01.2018 verschärft. Unter der inneren spezifischen Ventilatorleistung ist die Summe von SFP-Werten (SFP = Specific Fan Power) einzelner Basiskomponenten zu verstehen, aus denen sich das RLT-Gerät zusammensetzt. Zur Basisausstattung eines RLT-Gerätes gehören gemäß Ökodesign-Verordnung 1253/2014 neben Gehäuse, Ventilator und Antrieb, die Wärmerückgewinnung sowie Filter auf der Zuluft- und Abluftseite.

Die Verordnung gilt für Lüftungsgeräte, die durch Personen oder Gebäudeemissionen verunreinigte Luft in einem Gebäude durch Außenluft ersetzen. Ausnahmen gelten für industrielle oder produktionstechnische Prozesse (z.B. in thermisch hochbelasteten Räumen wie Rechenzentren, Serverräume sowie für Digestorien in Laboren, Dunstabzugshauben in Küchen). Ab einer Nennluftmenge  $\geq 1000 \text{ m}^3/\text{h}$  werden RLT-Geräte als Nicht-Wohnraumlüftungsgeräte angesehen,  $< 250 \text{ m}^3/\text{h}$  als Wohnraumlüftungsgeräte. Für Luftmengen dazwischen ist die Deklaration dem Hersteller überlassen. Für Nicht-Wohnraumlüftungsanlagen haben dabei die Anforderungen an die vorgeschriebene Wärmerückgewinnung (WRG) und an die Luftfilter an Einfluss gewonnen. Bei den Effizienzbetrachtungen der WRG wird zwischen Kreislaufverbundsystemen und sonstigen Systemen (z.B. Plattenwärmetauscher) differenziert (siehe hierzu Abschnitt 3.2). Verantwortlich für die Einhaltung der Effizienzanforderungen sind die Gerätehersteller, die im Zuge des Inverkehrbringens oder der Inbetriebnahme der Lüftungsgeräte die Konformität des Gerätes mit der Verordnung bestätigen müssen. Die Verschärfung der Energieeffizienzanforderungen hat in der Regel ein größeres Bauvolumen der RLT-Geräte zur Folge und insofern einen vergrößerten Platzbedarf bei der Geräteaufstellung. Dies ist der Minimierung von Druckverlusten durch reduzierte Luftgeschwindigkeiten im Gerät ( $\leq 2 \text{ m/s}$ ) geschuldet (z.B. Vergrößerung

des Gerätequerschnitts um 25 % bei reduzierter Luftgeschwindigkeit von 2,4 auf 1,8 m/s und gleichem Luftvolumenstrom). Dieser Aspekt muss bei der Projektierung und Planung von RLT-Technikräumen beachtet werden. Sofern bei der Sanierung von RLT-Anlagen die vorhandenen baulichen und räumlichen Randbedingungen nur mit wirtschaftlich nicht vertretbarem Aufwand angepasst werden müssten oder technisch nicht geändert werden können, sind Lösungen zu finden, die der Effizianzforderung technisch machbar und wirtschaftlich vertretbar nahe kommen. Da die Ökodesign-Verordnung eine solche Ausnahmeregelung nicht kennt, sind mit den jeweiligen Projektbeteiligten und zuständigen Aufsichtsbehörden Ausnahmen im Einzelfall zu begründen und zu dokumentieren.

Neben den vorbeschriebenen Anforderungen der Ökodesign-Verordnung für RLT-Geräte kategorisiert Tabelle 14 der DIN EN 16798-3 (Nachfolgenorm für die zurückgezogene DIN EN 13779) spezifische Ventilatorleistungen (SFP) in Bezug auf die gesamte RLT-Anlage bzw. das Gebäude. Die spezifische Ventilatorleistung SFP ist die auf das Fördervolumen bezogene Gesamtantriebsleistung je RLT-Anlage bzw. Gebäude. Demnach gibt es folgende Kategorien von Geräteeffizienzen (Tabelle 3):

Kategorie	SFP in $\left[ \frac{W}{\frac{m^3}{s}} \right]$
SFP 0	< 300
SFP 1	$\leq$ 500
SFP 2	$\leq$ 750
SFP 3	$\leq$ 1.250
SFP 4	$\leq$ 2.000
SFP 5	$\leq$ 3.000
SFP 6	$\leq$ 4.500
SFP 7	> 4.500

Tabelle 3: Einteilung der spezifischen Ventilatorleistungen (SFP) in Kategorien

In der Praxis ist zu beachten, dass zusätzliche Druckverluste von besonderen Komponenten die spezifische Ventilatorleistung erhöhen (erweiterte spezifische Ventilatorleistung). Hierzu gibt Tabelle 15 der DIN EN 16798-3 Empfehlungen. Anwendungsspezifische Zuordnungen werden in einem noch in der Entwicklung befindlichen Nationalen Anhang zu erwarten sein.

Grundsätzlich sind jedoch die SFP-Mindestanforderungen gemäß § 15, Absatz 1 der EnEV 2014 zu erfüllen. Hieraus ergibt sich die Kategorie SFP 4.

### **3.2. Wärmerückgewinnung (WRG)**

Beim Einbau und Erneuerung von Klimaanlage mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als 12 kW und raumluftechnischen Anlagen, die für einen Zuluftvolumenstrom von wenigstens 4000m<sup>3</sup>/h ausgelegt sind, ist nach EnEV 2014 §15 eine Einrichtung zur Wärmerückgewinnung vorzusehen (mindestens H3 nach DIN EN 13053).

Die Ökodesign-Verordnung 1253/2014 „Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen“ vom 07. Juli 2014 schreibt - bis auf wenige Ausnahmen - für Lüftungsgeräte die Ausstattung mit WRG-Systemen vor. Die Verordnung weist, abhängig von der Bauart der WRG-Systeme, Mindestanforderungen an die Rückwärmezahl (trocken) aus. Dabei unterscheidet sie in Kreislaufverbundsysteme (KVS) und sonstige Systeme (Rotoren, Plattenwärmeübertrager). Seit dem 01.01.2018 gelten als Vorgaben für die Rückwärmezahlen 68 % bei KVS und 73 % bei sonstigen Systemen.

Zur Bewertung der WRG-Systeme ist besonders die Rückwärmezahl bzw. der Temperaturänderungsgrad geeignet, da dieser nahezu unabhängig von dem Temperaturpotenzial zwischen Außen- und Fortluft ist.

Wärmerückgewinnungssysteme mit Rückwärmezahlen (Temperaturänderungsgrad) größer 0,7 sind z. B. hintereinandergeschaltete Kreuzstromplattenwärmeaustauscher, Gegenstrom-Schichtwärmeaustauscher und Regeneratoren mit drehender Speichermasse (VDI 2071).

Wärmerückgewinnungssysteme verursachen erhöhte Druckverluste luftseitig und eventuell auch wasserseitig, d. h. einen erhöhten Strombedarf für Ventilatoren und Pumpenantriebe. Das Verhältnis des erhöhten Strombedarfs zur zurückgewonnenen Wärme kennzeichnet die Effizienz des Wärmerückgewinnungssystems und ist entsprechend zu bewerten und soweit wie möglich zu optimieren (unter Beachtung von Vollast- und Teillaststunden).

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von WRG-Systemen sind neben den investiven auch die energetischen und betrieblichen Faktoren über den technischen Lebenszyklus einzubeziehen. Als Berechnungsgrundlage ist die VDI 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ heranzuziehen.

### **3.3. Freie Kühlung durch Außenluft**

Bei der freien Kühlung wird das thermische Potenzial der Außenluft durch Fensterlüftung oder durch die Zuluft einer RLT-Anlage den Räumen zugeführt. Arbeitsräume mit thermisch wirksamen Oberflächen können durch kühle Nachtluft (Nachtauskühlung) temperiert werden, um so bei sommerlichen Tagestemperaturen die Raumerwärmung zu dämpfen. Der Kühleffekt setzt voraus, dass die Außenlufttemperatur kleiner ist als die Raumlufftemperatur. In Kombination mit

baukonstruktiven (Abschnitt 1.3) und organisatorischen Maßnahmen können Kühllasten bis  $30 \text{ W/m}^2$  ohne aktive Kühleinrichtungen abgeführt werden (siehe Abschnitt 1.6).

### **3.4. Adiabate Fortluftkühlung**

In der Fortluftanlage kann die Fortluft durch Zufuhr von 3 bis 5 g verdunstetes Wasser/m<sup>3</sup> Luft um 6 bis 10 K abgekühlt und das Kältepotenzial über das Wärmerückgewinnungssystem entsprechend der Rückwärmezahl (Temperaturänderungsgrad) an den Zuluftvolumenstrom übertragen werden. Kältemaschinen und Rückkühlwerke können durch diese Maßnahme mit erheblich geringerer Leistung ausgelegt werden oder gar entfallen und beanspruchen weniger Aufstellfläche. Die insgesamt erzielten Einsparungen sind den Mehrkosten für die adiabate Befeuchtung gegenüber zu stellen.

### **3.5. Energiemonitoring, -controlling**

Durch den Einbau von Medienverbrauchsmesseinrichtungen ist es möglich, den Verbrauch von Wärme (Heiz-, Kühl- und Prozesswärme) und Strom nicht nur für das Gebäude insgesamt, sondern auch für die Hauptverbraucher der Anlagentechnik (z.B. Wärmepumpe, Ventilator, RLT-Heizregister, Kältemaschine etc.) separat abzubilden.

Dies ist - zusammen mit der Überprüfung der Einstellungen für die Betriebstechnik - Grundlage für ein mit Nutzungsübergabe beginnendes Monitoring zur Sicherstellung der optimalen Einstellung der Technischen Gebäudeausrüstung für einen energiesparenden Gebäudebetrieb.

Jährliche Energiebetriebskosten über 100.000,- € rechtfertigen in der Regel den wirtschaftlichen Einsatz eines Energiecontrollingsystems mit fernauslesbaren Energiezählern (inkl. Energiecontrollingsoftware mit Anwenderschulung) um die Einsparbemühungen des Nutzers zu unterstützen. Wenn Zähler im Rahmen eines Energiecontrollings als fernauslesbare Zähler eingesetzt werden, ist die Ausführung als M-Bus-Zähler mit Netzstromversorgung sinnvoll. Ausführliche Hinweise gibt die AMEV-Empfehlung Energie.

Durch gezielte steuer- und regeltechnische Maßnahmen ist der Energieverbrauch von RLT-Anlagen der Nutzung und der Betriebszeit anzupassen. Diese sollten im Kontext mit den Klima- und Behaglichkeitsparametern stehen. Hier sind vor allem Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik zu beachten.

Möglichkeiten zur Reduzierung des Energiebedarfs:

- Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte sind auf das für die Raumnutzung notwendige Maß zu beschränken

- Außenluftvolumenstrom am RLT-Zentralgerät ist in Bezug zur jeweilig versorgten Fläche und Personenzahl zu setzen
- Der zeitliche Verlauf von Heiz- und Kühllasten, bezogen auf die speziellen Nutzungsbedingungen, ist bei der Planung ohne eine Pauschalierung von Gleichzeitigkeitsfaktoren zu berücksichtigen
- Die Nutzung von freien Kühlmöglichkeiten ist weitestgehend sicher zu stellen
- Die Luftvolumenströme für einzelne Nutzungsbereiche sind den Teillastbetriebszuständen anzupassen
- Für einzelne Raumgruppen sind automatische Abschaltungsmöglichkeiten bei Nichtbenutzung schaffen
- Betriebszeiten sind anzupassen (z.B. Nacht-, Wochenendabsenkung)
- Betriebsmodi wie Normalbetrieb, Nachkühlbetrieb usw. sind anzupassen

## **4. Anforderungen und Auslegungsdaten für einzelne Anwendungsbereiche**

Wie in Abschnitt 1 erläutert, sollten nach Möglichkeit bauliche und organisatorische Lösungen bevorzugt werden, um kostenintensive raumluftechnische Maßnahmen zu vermeiden. Soweit RLT-Anlagen allerdings notwendig oder sinnvoll sind, gelten für die in öffentlichen Gebäuden typischen Anwendungsbereiche die nachfolgenden Anforderungen. Die zugehörigen Auslegungsdaten wurden in einer Übersicht im Anhang 1 zusammengefasst. Für dort nicht erfasste Anwendungsbereiche können die Auslegungsdaten ggf. in sinngemäßer Anlehnung an vergleichbare Raumnutzungen gewählt werden. Es wird vorausgesetzt, dass der Transmissionswärmebedarf der Räume vollständig durch statische Heizflächen gedeckt wird und die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz (nach DIN 4108 Teil 2) erfüllt sind.

Neben den relevanten Normen und Richtlinien für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche sind generell die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und die daraus abgeleiteten Arbeitsstättenrichtlinien (ASR) zu beachten.

### **4.1. Bürogebäude**

Sollte sich die Notwendigkeit maschineller Lüftung ergeben, wird die Anwendung der VDI 3804 empfohlen.

#### **4.1.1 Büroräume**

In Büroräumen ist die freie Lüftung in der Regel ausreichend. Maschinelle Lüftungsanlagen werden eingesetzt, wenn:

- ein Erfordernis gem. Abschnitt 1.3 besteht oder
- die Büronutzer einen eingeschränkten Zugang zu Fenstern und daher eine geringe Regelungsmöglichkeit der freien Lüftung haben (z.B. Großraumbüro)
- oder eine Notwendigkeit zur Erfüllung von gesetzlichen Anforderungen besteht (z.B. EEWärmeG oder EnEV).

Die maschinelle Lüftung kann ggf. sinnvoll sein, wenn die Wärmerückgewinnung wirtschaftliche Vorteile bietet. Sowohl bei freier als auch maschineller Lüftung sind die thermischen Anforderungen an den Büroarbeitsplatz zu erfüllen (siehe Abschnitt 1.5.2). Die Kühlung der Raumluft ist meistens nicht erforderlich, wenn der sommerliche Wärmeschutz bauseits gewährleistet ist. Dazu gehören grundsätzlich auch geeignete Systeme zum Schutz gegen störende Blendung sowie gegen übermäßige direkte Sonneneinstrahlung. Bei Raumlufttemperaturen über 26 °C sollen, bei Raumlufttemperaturen über 30 °C müssen noch zusätzliche Maßnahmen gemäß ASR A 3.5 ergriffen werden.

#### **4.1.2 Sitzungsräume**

Sitzungsräume haben eine höhere Personenbelegungsdichte als Büroräume. Eine Fensterlüftung sollte nur dann vorgesehen werden, wenn die Nutzer einen uneingeschränkten Zugang zu Fenstern haben und sichergestellt werden kann, dass innerhalb eines Nutzungsintervalls die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Mittel einen Wert von 1.000 ppm und in der Spitze einen Maximalwert von 2.000 ppm nicht übersteigt (siehe Abschnitt 1.5.3). Dies setzt ein unter organisatorischen und nutzungsspezifischen Aspekten abgestimmtes Lüftungskonzept (Luftreinhalteplan) voraus. Maschinelle Lüftungsanlagen werden eingesetzt, wenn sich ein Erfordernis gem. Abschnitt 1.3 ergibt oder die Möglichkeit der freien Lüftung nicht gegeben ist. Sowohl bei freier als auch maschineller bzw. hybrider Lüftung (siehe Abschnitt 1.5.3) sind die thermischen Anforderungen an den Büroarbeitsplatz zu erfüllen (siehe Abschnitt 1.5.2).

#### **4.1.3 Toilettenräume**

Für Toilettenanlagen in Arbeitsstätten gilt die ASR A 4.1. Demnach ist eine wirksame Lüftung, entweder durch freie Lüftung (Fensterlüftung) mit entsprechenden Mindestquerschnitten für Lüftungsöffnungen oder durch maschinelle Lüftung bei einem Abluftvolumenstrom von 11 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>), zu gewährleisten. Die Lufttemperatur richtet sich nach der ASR A 3.5 und soll während der Nutzungszeit 21 °C betragen. In Toilettenräumen darf die Lufttemperatur durch Lüftungsvorgänge, die durch die Benutzer ausgelöst werden, kurzzeitig unterschritten werden.

#### **4.1.4 Wasch- und Duschräume**

Für Wasch- und Duschräume in Arbeitsstätten gilt die ASR A 4.1. Demnach ist eine wirksame Lüftung zu gewährleisten durch:

- freie Lüftung (Fensterlüftung) mit entsprechenden Mindestquerschnitten für Lüftungsöffnungen oder
- maschinelle Lüftung bei einem Abluftvolumenstrom von 11 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>).

Um Feuchtigkeit wirksam abführen zu können, wird eine mechanische Entlüftung empfohlen, insbesondere bei Duschräumen bzw. Waschräumen mit Duschen. Dabei ist ein ausreichender Zuluftvolumenstrom auf geeignete baukonstruktive oder technische Weise sicherzustellen. In Duschräumen wird gemäß ASR A 3.5 eine Lufttemperatur während der Nutzungszeit von mindestens 24 °C vorgegeben. Diese ist jedoch mit freier Lüftung nicht durchgehend zu gewährleisten.

#### **4.1.5 Umkleieräume**

Für Umkleieräume in Arbeitsstätten gilt die ASR A 4.1. Demnach ist eine wirksame Lüftung zu gewährleisten durch:

- freie Lüftung (Fensterlüftung) mit entsprechenden Mindestquerschnitten für Lüftungsöffnungen oder

- maschinelle Lüftung bei einem Abluftvolumenstrom von mindestens  $11 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ .

Gegebenenfalls reicht bei einer Abluftabsaugung die Überströmung von Zuluft aus angrenzenden Räumen. Die Lufttemperatur muss während der Nutzungszeit gemäß ASR A 3.5 mindestens  $21^\circ\text{C}$  betragen.

#### **4.1.6 Lager- und Nebenräume**

Die erforderlichen Raumlufumbedingungen sind von der Art des Lagergutes abhängig. Zur Absaugung von Ausdünstungen und Gerüchen ist für innenliegende Räume der in Anhang 1 angegebene Volumenstrom ausreichend.

### **4.2. Schulen**

#### **4.2.1 Allgemeine Unterrichtsräume**

Grundsätzlich gelten die in Abschnitt 1.5 beschriebenen Anforderungen, wie z.B. an Raumlufqualität und operative Raumtemperaturen.

Für die Lüftung von allgemeinen Unterrichtsräumen werden die Ausführungshinweise der VDI 6040, Blatt 2 empfohlen.

Bezug nehmend auf die DIN EN 15251 (siehe o.g. Abschnitt 1.5) wird im Blatt 2 der VDI 6040 an Hand von verschiedenen Beispielvarianten gezeigt, dass mit entsprechenden organisatorischen, baulichen und technischen Maßnahmen die Anforderungen an die operative Raumtemperatur (ohne maschinelle Kühlung) sowie an die Raumlufqualität erfüllt werden können. Gleichwohl entbinden die im Blatt 2 beschriebenen Lösungsvorschläge die Planer und Betreiber nicht von der Verantwortung, projektspezifisch ein Lüftungskonzept zu erstellen und dessen Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

Die Beispielbetrachtungen gemäß Blatt 2 der VDI 6040 setzen die maschinelle Lüftung voraus. Es werden darüber hinaus auch Systeme mit freier Lüftung bzw. hybrider Lüftung beschrieben, mit denen es möglich ist, die in VDI 6040 Blatt 1 beschriebenen Anforderungen zu erfüllen. Diese Systeme können bei Sanierungen von Unterrichtsräumen Bedeutung erlangen, wenn der nachträgliche Einsatz maschineller Lüftung aus Platzmangel nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. In jedem Einzelfall muss jedoch eine detaillierte Betrachtung zur Bewertung der projektspezifischen Vor- und Nachteile erfolgen. Blatt 2 weist darauf hin, dass es bei freier Lüftung einer umfassenden Analyse der Bedingungen bedarf, um die Anforderungen zu erfüllen. Dazu ist u.a. ein Lüftungsplan auszuarbeiten, der Angaben umfasst, wann, wo, wie und von wem gelüftet werden muss. Die freie Lüftung bedarf einer sehr genauen Planung und eines verantwortungsvollen ordnungsgemäßen Betriebs, um dem hohen bedienungstechnischen Anspruch gerecht zu werden.

Der erforderliche Außenluftvolumenstrom ergibt sich aus dem Nachweis der zeitlich gewichteten durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1000 ppm gemäß VDI 6040, Blatt 1.

Hinweise zu unterschiedlichen Lüftungskonzepten von Unterrichtsräumen finden sich auch in der Informationsschrift „Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden, Teil 1 Bildungseinrichtungen, Stand November 2017“ des Umweltbundesamtes.

Viele Betriebsauswertungen in Schulräumen zeigen, dass für die freie Lüftung eine strikte intensive Fensterbedienung erforderlich ist, die meist als unterrichtsstörend empfunden und demzufolge nur unzureichend praktiziert wird.

Insofern ist die ausreichend dimensionierte bedarfsgeregelte maschinelle Be- und Entlüftung für Schulräume als Empfehlung sinnvoll. Bei Bestandsgebäuden müssen selbstverständlich die baulichen Restriktionen beachtet werden.

Welche Lösung zum Tragen kommen soll, entscheidet der Bauherr bzw. Auftraggeber.

#### **4.2.2 Aulen und Festräume**

In Aulen, Festräumen und ähnlich genutzten Aufenthaltsräumen sind RLT-Anlagen dann einzubauen, wenn:

- die Räume unter die Bestimmungen der Versammlungsstättenverordnung fallen und der Einbau einer RLT-Anlage dort vorgeschrieben ist oder
- der geforderte Mindestaußenluftvolumenstrom nicht durch freie Lüftung sicherzustellen ist oder
- Verdunklungseinrichtungen eingebaut sind.

#### **4.2.3 Naturwissenschaftliche Fachräume**

RLT-Anlagen sind erforderlich, wenn regelmäßig mit einer durch den Unterrichtsverlauf bedingten unzulässigen Anreicherung der Raumluft mit Schadstoffen zu rechnen ist (siehe Abschnitt 4.3.3). Beim Einsatz von Digestorien bzw. Gefahrstoffschränken sind die entsprechenden Anforderungen der DIN 1946-7 zu beachten.

#### **4.2.4 Musikräume**

RLT-Anlagen sind in Musikräumen im Allgemeinen nicht erforderlich. Lediglich in Räumen, in denen empfindliche Musikinstrumente ständig untergestellt werden, soll die Änderungsgeschwindigkeit der Raumlufttemperatur und -feuchte den untergebrachten Musikinstrumenten angepasst sein. Dies kann durch örtliche Befeuchtungsgeräte in Verbindung mit einer entsprechenden Regelung der örtlichen Heizung erfolgen.

## **4.2.5 Werkräume und Werkstätten**

Für Werkräume und Werkstätten sind im Allgemeinen keine RLT-Anlagen erforderlich. Bei Arbeiten mit gefährlichen oder gesundheitsschädlichen Stoffen ist Abschnitt 4.7.1 zu beachten. Bei größeren wärmeabgebenden Geräten (z. B. Brennöfen) soll die Wärme direkt am Gerät abgeführt werden. Auf Nachströmmöglichkeiten der Luft ist zu achten. Emissionen an Löt- und Schweißarbeitsplätzen bzw. holzverarbeitenden Maschinen sind am Entstehungsort zu erfassen und direkt getrennt abzuleiten. Zuluftanlagen sind in der Regel nicht erforderlich.

## **4.2.6 Lehrküchen**

Für Lehrküchen sind in der Regel keine RLT-Anlagen erforderlich. Die Räume sind nach Möglichkeit im Gebäude so anzuordnen, dass in angrenzenden Bereichen keine Geräusch- und Geruchsbelästigungen auftreten. Bei Verwendung von Gasherden zum Kochen ist zusätzlich zum Dunstabzug für gute Raumbelüftung zu sorgen.

Beim Einsatz von RLT-Anlagen kann die VDI 2052 – Raumluftechnische Anlagen für Küchen – zur Planungsunterstützung angewendet werden. Dies betrifft speziell die Grundlagen zur Dimensionierung.

## **4.3. Universitäten und Hochschulen**

### **4.3.1 Seminarräume**

Hier gelten ähnliche Anforderungen wie bei allgemeinen Unterrichtsräumen in Schulen (siehe Abschnitt 4.2.1).

### **4.3.2 Hörsäle**

Bewährt haben sich Luftführungssysteme von unten nach oben, wie z. B. Zuluft aus den Sitzstufen oder aus den Standstufen des Gestühls. In Abhängigkeit von der Personenbelegung wird hier der Außenluftvolumenstrom in der Regel durch CO<sub>2</sub>-Messwertgeber variabel gesteuert.

### **4.3.3 Laboratorien**

In Ergänzung zur DIN 1946, Teil 7 - Raumluftechnik in Laboratorien - wird auf die VDI 2051 - Raumluftechnik Laboratorien - verwiesen. RLT-Anlagen sind dann erforderlich, wenn in Laboratorien mit gesundheitsgefährdenden Stoffen im Sinne der jeweils gültigen Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe, bei hoher Wärmeentwicklung oder mit übelriechenden Stoffen gearbeitet wird.

Die Richtlinien der Eigenunfallversicherung der Länder und Gemeinden für chemische Laboratorien sind zu beachten und soweit zutreffend die fachlichen Merkblätter von Berufsgenossenschaften bzw. die TRGS- (TrgA) Regeln.

Über die genannten Regeln hinaus ist eine Vielzahl von öffentlich-rechtlichen Vorschriften zu beachten, so u. a.:

- Gentechnikgesetz
- TRG 280
- DIN 14470 Entlüftung von Sicherheitsschränken
- DIN EN 14175-1 Abzüge
- DIN EN 14175-7 Abrauchabzüge
- DIN 25425 Radionuklidlaboratorien
- DIN 25466 Radionuklidabzüge

Die Arbeitsvorgänge in den Laboratorien sowie Art und Menge der zu lagernden Arbeitsstoffe sind bei der Planung mit dem Nutzer abzuklären (Gefährdungsanalyse und -beurteilung).

Der notwendige Abluftvolumenstrom von Digestorien wird in Baumusterprüfungen durch den Hersteller (pro m Digestorienbreite meist 400 m<sup>3</sup>/h) festgelegt und ist bei der Bemessung der Volumenstrombilanzen zu berücksichtigen. Der Abluftvolumenstrom ist zu überwachen.

In Laboratorien mit mehreren Abzügen kann die Regelung des Zuluft- und Abluftvolumenstroms über ein VVS System in Abhängigkeit des Betriebszustandes der einzelnen Digestorien sinnvoll sein. Jegliche Reduzierung des Luftwechsels auf Werte außerhalb der empfohlenen Richtwertbandbreite bedarf der Abstimmung mit der zuständigen Unfallkasse. Festlegungen zu Gleichzeitigkeitsfaktoren sind auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung mit der Gewerbeaufsicht abzustimmen.

In reinen Laborgebäuden für Lehre und Forschung ist von einer sehr hohen Gleichzeitigkeit auszugehen.

Die Auslegung der Lüftungskanäle und der Lüftungsgeräte mit drehzahlgeregelten Ventilatoren sollte nach dem erforderlichen maximalen Volumenstrom erfolgen, beim Betrieb der Lüftungsgeräte kann der Luftvolumenstrom den zeitlich unterschiedlichen tatsächlichen Betriebsbedingungen flexibel angepasst werden.

#### **4.3.3.1 Lagerräume für gefährliche Arbeitsstoffe**

Werden zur Lagerung und Bereitstellung von Gefahrstoffen oder Druckgasen Sicherheits- bzw. Gasflaschenschränke aufgestellt, müssen diese an eine 24-Stunden-Abluftanlage angeschlossen werden. Nach DIN EN 14470-1 ist ein 10-facher Luftwechsel bezogen auf das Schrankvolumen sicherzustellen und zu überwachen. Die Lüftungstechnische Ausrüstung von Lagerräumen ist abhängig von Art und Menge der gelagerten Stoffe und unterliegt den Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) mit der ihr nachgeordneten Regel für Betriebssicherheit (TRBS 1111). Abhängig von den zu lagernden Stoffen müssen ggf. Anforderungen an die Redundanz und Sicherheitsstromversorgung und die

Gewährleistung einer stetigen Nachströmung der Zuluft zum Raum beachtet werden.

Sowohl bei Laborräumen, als auch Lagerräumen für gefährliche Arbeitsstoffe werden bei Durchdringungen von Brandabschnitten Brandschutzklappen in den Abluftleitungen eingesetzt, die nicht unter den Anwendungsbereich der DIN EN 15650 für normale Raumabluft fallen. Die geförderte Luft kann mit korrosiven Stoffen verunreinigt sein und deren Funktion beeinträchtigen. Bisher sind jedoch am Markt keine Brandschutzklappen mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für diesen Einsatzzweck verfügbar, so dass ergänzende Maßnahmen notwendig sind, um die Funktionsfähigkeit der eingesetzten Brandschutzklappen zu gewährleisten. Hierzu sind die Ergebnisse der Abstimmungen mit den Bauaufsichtsbehörden der Länder zu beachten.

Beim Einsatz von Rauchmeldern in den Abluftleitungen kann im Auslösefall (im Brandfall oder im laufenden Betrieb) ein unkontrollierter Ausbruch von Schadstoffen erfolgen, der ein erhebliches Risiko für das Bedienpersonal vor Ort darstellt und kritisch zu sehen ist. Deshalb ist der Einsatz von Rauchmeldern speziell bei Digestorien und Gefahrstoffschränken mit den Brandschutzbehörden und den Landesunfallkassen abzustimmen.

#### **4.3.4 Sonderbereiche Forschung**

Für Thermokonstant-Räume, Nuklearlaboratorien, Kältelaboratorien, Räume für biologische Forschung usw., sind RLT-Anlagen notwendig, die den jeweils spezifischen Nutzungsanforderungen entsprechen. Hier ist eine enge Abstimmung aller Planungsbeteiligten mit dem Nutzer und den zuständigen Aufsichtsbehörden erforderlich.

Die Sollwerte für Raumlufttemperatur und –feuchte sowie die Bemessungsdaten hinsichtlich der Abluftvolumenströme, Filterung und Druckverhältnisse orientieren sich an den funktionellen Anforderungen des Einzelfalls und sind mit dem Nutzer abzustimmen. Allgemeingültige Aussagen für diese Bereiche sind nicht möglich. Bei kerntechnischen Anlagen ist die DIN 25496 als Planungsgrundlage anzuwenden.

Öffentlich-rechtliche Genehmigungsverfahren sind gegebenenfalls einzuleiten.

#### **4.3.5 Reinräume**

Reinräume erfordern, bedingt durch die Aufgabenstellung der Forschung und Produktion, den Einsatz von besonders aufwendigen RLT-Anlagen.

Die Anforderungen an die Reinheitsklasse und die Raumluftzustände müssen mit dem Nutzer bereits im Vorplanungsstadium abgeklärt werden. Im Übrigen gilt VDI 2083 - Reinraumtechnik - bzw. die DIN EN ISO 14644 - Reinräume - und dazugehörige Reinraumbereiche.

Für lokale reinraumtechnische Prozesse mit geringen Reinraumflächen bzw. für höherwertige Reinraumklassifizierungen können Methoden der Reinfeldtechnik angewandt werden (z. B. Reine Werkbänke).

Die hohen Luftwechselzahlen beim Reinraum ergeben zwangsläufig hohe Betriebskosten. Sie können insbesondere durch funktionale Zonierung des Reinraumbereichs und durch Reduzierung des Außenluftanteils gesenkt werden. Dabei sind der eventuell erforderliche Prozessabluft- und der Umluftstrom im Reinraum bei Betriebsruhe zu berücksichtigen.

Ferner sind die Möglichkeiten der freien Kühlung und der Wärmerückgewinnung zu nutzen.

#### **4.4. Krankenhäuser und Kliniken**

Bei Errichtung von raumluftechnischen Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens ist DIN 1946-4 anzuwenden. Dies betrifft z. B. auch Eingriffsräume in Arztpraxen, ambulante Operationszentren, Dialysezentren und Einheiten für die Aufbereitung von Medizinprodukten. Für die Planung von Sonderbehandlungseinheiten (z.B. hochinfektiöse, lebensbedrohliche Infektionskrankheiten) sind ergänzende Anforderungen zu beachten.

Für den Betrieb der Bestandsanlagen gilt die DIN 1946-4 nicht. Hier finden sich Hinweise in den „Krankenhaustechnischen Leitlinien für die Planung, Ausführung und den Betrieb von Raumluftechnischen Anlagen in Räumen des Gesundheitswesens“ der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene.

Die Anforderungen an RLT-Anlagen in medizinisch genutzten Räumen sind auf der Basis der Nutzervorgaben in einem Projekt-Pflichtheft nach DIN 1946-4 Anhang A 3.2 festzulegen und zu dokumentieren. Dabei können in begründeten Fällen auch Abweichungen von der DIN 1946-4 festgelegt werden. Der Nutzer kann sich bei der Festlegung der Nutzeranforderungen beraten lassen. Die im Projektpflichtenheft festgelegten und in der Planung umgesetzten Anforderungen müssen explizit im Werkvertrag vereinbart werden. Es sind nur die Teile der DIN 1946-4 vertraglich zu vereinbaren, die für die Umsetzung der konkreten Baumaßnahme tatsächlich zur Anwendung kommen.

Auf Basis der medizinischen Nutzung werden zwei Raumklassen unterschieden:

- Raumklasse I, unterteilt in Ia und Ib – OP-Räume
- Raumklasse II

OP-Räume der Raumklasse 1a verfügen über ein Luftführungssystem mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung und einem Volumenstrom von ca. 900 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h Auslassfläche zur Erzielung eines definierten Schutzbereiches von ca. 3 m x 3 m.

OP-Räume der Raumklasse 1b verfügen über eine ungerichtete, turbulente Verdünnungsströmung mit einem Zuluftvolumenstrom von  $\geq 60 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$  Raumfläche. Sie weisen keinen Schutzbereich auf.

Als Messverfahren bei hygienischen Abnahmeprüfungen von OP-Räumen der Raumklasse 1a wird die Schutzgradmessung nach DIN 1946-4 Anhang C empfohlen. Die Schutzwirkung von OP-Räumen der Klasse 1a wird in mehreren Schritten ermittelt:

- Musterlastanordnung, jedoch ohne OP-Leuchte
- Musterlastanordnung einschließlich OP-Leuchte

Eine Systemprüfung nach Anhang E (Präqualifizierung), die nur informativen Charakter hat, wird als nicht hilfreich und sinnvoll erachtet, da die Ergebnisse der Messungen im Muster-OP nur bei gleicher baulicher Umsetzung übertragbar sind. Es entstehen jedoch erhebliche zusätzliche Kosten. In der Praxis hat sich die Systemprüfung seit deren Einführung in der DIN 1946-4, Fassung 12.2008, nicht durchgesetzt.

Bei Neubauten und Sanierungen ist zu prüfen, ob sich das Raumkonzept für die geplanten OP-Räume eignet. Standardisierte Bau- und RLT-Planungen nach DIN 1946-4 sind anzustreben, da sie die Planungssicherheit deutlich erhöhen. So sind Mindestgeschoßhöhen von 3,5 m und lichte Raumhöhen unterhalb der OP-Decke von mindestens 2,8 m erforderlich. Die Raumgröße der OP-Räume sollte ca. 40 m<sup>2</sup> betragen, bei Hybrid-OP-Räumen sind ca. 70m<sup>2</sup> erforderlich.

Die Funktionsfähigkeit der RLT-Anlage ist jedoch nur durch eine technische und hygienische Prüfung nach DIN 1946-4 Kapitel 7 nachzuweisen.

Der Anhang F – mikrobiologisches Monitoring hat nur informativen Charakter und wird nicht zur Anwendung empfohlen. Art und Umfang der hygienischen Prüfungen nach Abnahme und während des Betriebes der OP-Räume werden durch die Gesundheitsbehörden bzw. den verantwortlichen Krankenhaus-hygieniker festgelegt.

## **4.5. Sportbauten**

### **4.5.1 Sporthallen**

Für Sporthallen nach DIN 18032 Teil 1 ist bei normaler Sportnutzung die freie Lüftung grundsätzlich ausreichend. Dabei ist besonders die erforderliche Mindestfläche des Lüftungsquerschnittes zu beachten.

RLT-Anlagen können erforderlich werden, wenn entsprechende Bedingungen nach Abschnitt 1.3 oder nachfolgende Voraussetzungen vorliegen:

- Vorhandensein von Zuschauerplätzen in solcher Anzahl, dass die Sporthalle dadurch unter die Bestimmungen der jeweils geltenden Versammlungsstättenverordnung fällt und der Einbau einer RLT-Anlage dort vorgeschrieben ist oder
- Mehrzwecknutzung, z. B. für Theateraufführungen, Konzerte, Vorträge und Versammlungen oder
- Größere Hallen (2- bis 3-fach Hallen), bei denen aufgrund der baulichen Gegebenheiten eine ausreichende freie Lüftung nicht möglich ist.

Der Volumenstrom der zugeführten Außenluft richtet sich nach dem höchsten Wert der verwendeten Auslegungskriterien.

Bei der Planung ist zu beachten, dass alle im Hallenbereich freiliegenden Anlagenteile (z. B. Luftdurchlässe, Luftleitungen) den Anforderungen der Ballwurfsicherheit gemäß DIN 18032-3 genügen müssen.

Es ist empfehlenswert, die sommerliche Stauwärme unmittelbar unter der Hallendecke durch geeignete Maßnahmen (zu öffnende Dachoberlichter oder besondere Fortluftventilatoren) abzuführen, wenn keine mechanische Be- und Entlüftung stattfindet.

### **4.5.2 Gymnastikräume**

Grundsätzlich gilt Abschnitt 4.5.1.

### **4.5.3 Konditions- und Krafttrainingsräume**

Für diese Räume ist nach DIN 18032-1 – Sporthallen – Hallen und Räume für Sport und Mehrzwecknutzung, Ziff. 10.2 aus hygienischen Gründen eine RLT-Anlage erforderlich.

Es hat sich bewährt, diese RLT-Anlagen als unabhängige Anlagen zu planen, die vom Raum aus eingeschaltet werden können und sich nach einer bestimmten Zeit (Nachlauf) automatisch wieder abschalten. Alternativ kann auch ein CO<sub>2</sub>-geführter oder anwesenheitsabhängiger Betrieb vorgesehen werden.

#### **4.5.4 Umkleieräume**

Es gelten die gleichen Anforderungen wie bei Umkleieräumen in Verwaltungsgebäuden (siehe Abschnitt 4.1.5)

#### **4.5.5 Wasch- und Duschräume**

Es gelten die gleichen Anforderungen wie bei Wasch- und Duschräumen in Verwaltungsgebäuden (siehe Abschnitt 4.1.4).

#### **4.6. Bäderbauten**

Planungsgrundlage ist die VDI 2089 Blatt 1 - Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern - Hallenbäder.

Der Einbau einer WRG-Anlage mit hohem Wirkungsgrad ist grundsätzlich vorzusehen. Bei der Systemauswahl ist darauf zu achten, dass kein Feuchte Austausch stattfindet und korrosionsbeständiges Material verwendet wird.

##### **4.6.1 Nebenräume in Bäderbauten**

Grundsätzlich ist für Nebenräume auch freie Lüftung möglich, die Anforderungen der ASR A 3.5 und der ASR A 4.1 müssen jedoch erfüllt werden. Besteht nach Maßgabe des Abschnitts 1.3 die Notwendigkeit, RLT-Anlagen einzuplanen, wird auf die Auslegungsdaten der Abschnitte 4.1.3 bis 4.1.5 bzw. Pkt. 6 der VDI 2089, Blatt 1 verwiesen.

#### **4.7 Betriebsbauten**

Eine Abstimmung mit den jeweils zuständigen Landesbehörden für Gesundheits- und Arbeitsschutz, mit der zuständigen Landesunfallkasse und den Brandschutzbehörden zur Klärung der Planungsanforderungen wird empfohlen.

##### **4.7.1 Werkstätten**

Für Werkstätten ist in der Regel freie Lüftung ausreichend. Besteht die Gefahr, dass an einzelnen Arbeitsplätzen (z. B. Schweißarbeitsplätze, Farbspritzarbeitsplätze, Schleifarbeitsplätze, Arbeitsplätze zur Kunststoffbearbeitung) die zulässigen Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) überschritten werden, sind dabei vorrangig unmittelbar am Entstehungsort wirksame Absaug-einrichtungen (z. B. Kabinen, Hauben, Saugschlitze und dergl.) ggf. unter Verwendung vorhandener Absauganschlüsse an Maschinen, Geräten und Apparaten einzuplanen. Auf eine ausreichende Nachströmmöglichkeit von Außenluft ist zu achten. Auf die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften und TRGS wird hingewiesen.

Einer sorgfältigen Abstimmung mit dem Nutzer kommt besondere Bedeutung zu. Im Einzelnen sind folgende Planungshinweise besonders zu beachten:

- die Abgase von Verbrennungsmotoren sind unmittelbar ins Freie abzuführen;
- Arbeitsgruben und Unterfluranlagen sind nach Maßgabe der Vorschriften und Regeln der zuständigen Unfallversicherungsträger (z. B. GUV 17.1 -

- Sicherheitsregeln für die Fahrzeug-Instandhaltung) mit RLT-Anlagen auszurüsten;
- in Laderäumen für Akkumulatoren ist für eine ausreichende Durchlüftung - im Allgemeinen durch freie Lüftung - zu sorgen (vergl. auch DIN EN 50272-2).

## **4.7.2 Wäschereien**

Arbeitsplätze in Wäschereien können im Sinne der Arbeitsstättenrichtlinie als Hitzearbeitsplätze angesehen werden, d. h., die Regeln der ASR A 3.5 sind zu erfüllen. Um weitgehend die Möglichkeit der freien Lüftung zu nutzen, sind Raumhöhen von mind. 6 m erforderlich. Mit einer direkten Absaugung der Wrasen unmittelbar an den Wäschereimaschinen in Verbindung mit einer hochwirksamen Wärmedämmung der Maschinen einschließlich der Anschlussleitungen und Armaturen können verbesserte Arbeitsbedingungen geschaffen werden. Wichtig ist die Begrenzung der Raumlufftfeuchte unter die Schwülegrenze.

Aus hygienischer Sicht kann es allerdings erforderlich sein (z. B. als Forderung des Gesundheitsamtes), den unreinen Bereich der Wäscherei raumluffttechnisch zu behandeln, insbesondere mit dem Ziel der Herstellung eines Unterdrucks. Sind raumluffttechnische Anlagen erforderlich, ist Quelläftung die günstigste Lösung.

## **4.8 Kulturbauten**

### **4.8.1 Bibliotheken**

In öffentlichen Bibliotheken kann in Abhängigkeit von Raumtiefen und Fensterflächen eine freie Lüftung ausreichend sein. Der Einbau von RLT-Anlagen kann jedoch erforderlich werden, wenn Abschnitt 1.3 hinreichende Erkenntnisse liefert.

Werden bei der Lagerung oder Präsentation von besonders hochwertigem Schriftgut besondere Anforderungen an die raumklimatischen Bedingungen gestellt, ist Abschnitt 4.8.2 zu beachten.

### **4.8.2 Museen**

In Museen ist die Einhaltung eines auf die Empfindlichkeit des Museumsgutes abgestimmten Raumklimas erforderlich. Dabei sind die vom Nutzer gestellten Anforderungen an Raumlufftemperatur und Raumlufftfeuchte, insbesondere die zulässigen Toleranzbereiche, in jedem Einzelfall kritisch zu hinterfragen.

Im Allgemeinen kommt der rel. Raumlufftfeuchte sowie einer möglichst langsamen zeitlichen Änderung von Raumlufftemperatur und Raumlufftfeuchte besondere Bedeutung zu.

Die geforderte rel. Raumlufffeuchte kann oft durch örtliche Befeuchtungsgeräte, u. U. in Verbindung mit einer Veränderung der Raumlufftemperatur weitgehend erreicht werden, wenn die entsprechende Bedienung der Geräte sichergestellt ist.

Es ist insbesondere auch anzustreben, das geforderte Raumklima durch bauphysikalisch wirksame Maßnahmen (z.B. hohe Speicherfähigkeit der Bauteile und Beschränkung der Lichtöffnungen) zu erreichen.

Da die Objekte meist weitaus höhere Anforderungen an das Raumklima stellen als der Mensch, ist eine Unterbringung der Objekte in Ausstellungsvitrinen zu prüfen, in denen mit relativ geringem Aufwand ein vom Umgebungsraum weitgehend unabhängiges Kleinklima geschaffen werden kann. Durch Verwendung von hygroskopischen Stoffen - wie Holz oder Textilien - und/oder durch Einbringen von Salzlösungen, Flüssigkeitsmischungen, Silicagel und anderen Trocknungsmitteln, die selbst keine Stoffe emittieren dürfen, lässt sich in den Vitrinen die rel. Luftfeuchte innerhalb bestimmter Grenzen einhalten. Auf Beleuchtungskörper innerhalb der Vitrinen sollte wegen der damit verbundenen thermischen Lasten verzichtet werden.

Sind zusätzlich zu den baulichen und organisatorischen Maßnahmen RLT-Anlagen unumgänglich, gelten folgende Richtwerte:

#### **Temperatur und relative Luftfeuchte**

Die Sollwerte der Raumluff sollten einen jahreszeitlich verschobenen, an die Außentemperatur und rF. angepassten, Verlauf aufweisen, da eine ganzjährige Konstanz erheblich höhere Kosten verursacht. Ein saisonales Gleiten der raumklimatischen Bedingungen ermöglicht einen energiesparenden Betrieb der RLT-Anlagen und ist daher immer in Betracht zu ziehen.

Während bei der Temperatur durchweg große Bandbreiten zulässig sind, gibt es für den Sollwert der relativen Luftfeuchte in der Fachliteratur unterschiedliche Anforderungen. Die nachfolgende Tabelle 4 enthält Beispiele für ausgewählte Einzelmaterialien:

Objekt/Material	relative Feuchte (rF) in %
Holztafelgemälde, gefasste Skulpturen, Musikinstrumente	45...60
Leinwandgemälde	40...55
Papier	40...50
Textilien, Kostüme, Teppiche	30...50
Fotographien, Filmmaterial	30...45
Münzen, Metallobjekte (abhängig vom Korrosionszustand)	20...30
Silber	max. 40

Quellen: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 01/02, Recknagel/Sprenger/Schramek www.cwaller.de; Christoph Waller Long Life for Art, Gottenheim, 2001) Hubert, G., Sammlungsgut in Sicherheit, Gebr. Mann Verlag, Berlin

Tabelle 4: Empfohlene Sollwerte für die relative Luftfeuchte

Um einer langsamen zeitlichen Veränderung der Klimaparameter gerecht zu werden, soll der zeitliche Änderungsgradient der Sollwerte bzw. die Stabilität der Regelung bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Die Tabelle 5 enthält beispielhafte Richtwerte.

Änderungsgradient	Richtwert
Änderung der relativen Luftfeuchte während einer Stunde	max. 2,5%
Änderung der relativen Luftfeuchte während eines Tages	max. 5,0%
Änderung der Temperatur während einer Stunde	max. 1,0 K

Quelle: Raumklima in Museen, Fachinstitut Gebäude- Klima e.V. Bietigheim- Bissingen, 1999

Tabelle 5: Zulässige Änderungsgradienten von rel. Luftfeuchte und Temperatur am Objekt

Bezüglich der örtlichen Schwankungsbreite bzw. der Regelungstoleranz im Raum-Klimakorridor kann man in Anlehnung an ASHRAE folgende Klasseneinteilung vornehmen (Tabelle 6):

maximale Schwankungen			
Klimaklasse	Charakteristik	Kurzzeittoleranz Klimakorridor	Langzeittoleranz durch
AA	schmalster Klimakorridor	$T = \pm 2K$ $rF = \pm 5\%$	$T = \pm 5K$ $rF = \pm 5\%$
A	schmaler Klimakorridor	$T = \pm 2K$ $rF = \pm 10\%$	$T = +5K/-10K$ $rF = \pm 10\%$
B	mäßiger Klimakorridor	$T = \pm 5K$	$T = \pm 10K$ ; $T_{max} = 30^\circ C$ ; $rF = \pm 10\%$ $T_{min}$ so niedrig wie es die Gewährleistung der rel. Luftfeuchte
C	breiter Klimakorridor	T beliebig, jedoch meist kleiner $25^\circ C$ und nur in Ausnahmefällen größer $30^\circ C$ ; $rF = 25...75\%$	
D	Verhinderung von Feuchteschäden	$rF < 75\%$	

Quelle: ASHRAE© Handbook, Applications Chapter 20; Heating, Ventilations and Air-Conditioning, 1999

Tabelle 6: Klassifizierung von Klimakorridoren anhand Kurz- und Langzeittoleranzen

Die Klasse AA wird nur in Einzel-/Ausnahmefällen benötigt. Die überwiegende Anzahl der Museen ist in Klasse A einzuordnen. In vielen Fällen ist eine Einordnung in die Klasse B bei dezentraler Befeuchtung ausreichend. Die Klassen C und D sind für Sammlungen/Exponate ohne besondere klimatische Anforderungen anzuwenden.

### Planungseckdaten für Ausstellungsräume

Bei der Ermittlung des Außenluftvolumenstromes sollen folgende Besucherzahlen pro  $100 \text{ m}^2$  Ausstellungsfläche als Orientierungswerte berücksichtigt werden:

Jahresdurchschnitt	3 bis 5
Tagesdurchschnitt bei stärkerem Besuch	10
Maximalwert (Dauer ca. 1 Stunde täglich)	25

Quelle: Sammlungsgut in Sicherheit, Seite 192, Ausgabe 1996, G.S. Hubert

### Planungseckdaten für Magazine und Depots

Außerhalb der Betriebszeiten von Museen, Depots und Magazinen ist der Außenluftanteil zu minimieren, um die verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten für die Außenluft-Aufbereitung zu verringern.

### 4.8.3 Archivbauten

Für die raumklimatischen Bedingungen in den Magazin- und Leseräumen der Archivbauten gelten ähnliche Bedingungen wie in den Depots von Museumsbauten (siehe Abschnitt 4.8.2).

Im Allgemeinen kommt der rel. Raumlufffeuchte sowie einer möglichst langsamen zeitlichen Änderung von Raumlufftemperatur und Raumlufffeuchte besondere Bedeutung zu. Es ist vorrangig anzustreben, das geforderte Raumklima durch bauphysikalisch wirksame Maßnahmen (z.B. hohe Speicherfähigkeit der Bauteile und Beschränkung der Lichtöffnungen) zu erreichen.

Die vom Nutzer geforderten raumklimatischen Bedingungen für Temperatur, relative Raumlufffeuchte sollen individuell auf die einzelnen Archivalien abgestimmt und mit möglichst geringem Aufwand für RLT-Anlagen und deren Betrieb erreicht werden. Das geplante Regelkonzept ist nach Inbetriebnahme der Anlagen auf Einhaltung der Sollwerte zu überprüfen und zu optimieren.

## 4.9 Rechenzentren (RZ) einschl. RZ-Flächen/Bereiche

### 4.9.1 Kernaspekt IT Sicherheitsgesetz

„Betreiber Kritischer Infrastrukturen werden durch das Bundesamt für Informationssicherheit (BSI) verpflichtet, die für die Erbringung ihrer wichtigen Dienste erforderliche IT nach dem Stand der Technik angemessen abzusichern und - sofern nicht andere Spezialregelungen bestehen - diese Sicherheit mindestens alle zwei Jahre überprüfen zu lassen.“

Relevante Normen sind hierbei:

- IT-Sicherheitsgesetz
- KRITIS-Verordnung zur Umsetzung des IT-Sicherheitsgesetzes (Teil 1 und 2)
- IT-Sicherheitskatalog gemäß § 11 Absatz 1a EnWG
- ISO 27001: 2013 nativ
- ISO 27001 auf Basis Grundschutz

Mit der eingeführten EN 50600 - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - ist eine übergreifende Design Normung für alle Einrichtungen und Infrastrukturen eines Rechenzentrums entstanden. Hier werden Verfügbarkeit, physische Sicherheitseinrichtungen und Energieeffizienz betrachtet.

Mit der eingeführten Norm werden einheitlichen Definitionen erhoben für

- Rechenzentren
- RZ-Bereichen und Flächen
- Allgemeine Planungsprinzipien
- Design-Ansatz aus der Business-Perspektive (u.a. Standzeiten, Betriebskosten)

- Resultierende Design-Parameter für das gesamte RZ (u.a. Verfügbarkeitsklasse, Schutzklassen)
- Leitlinien für das Design aller Einrichtungen und Infrastrukturen

#### 4.9.2 Bauliche Anforderungen

In Ergänzung der Bedingungen nach Abschnitt 1.3 sind u.a. weitere Gesichtspunkte zu beachten:

- Die lichte Raumhöhe soll mindestens 3 m betragen.
- In Rechenzentren einschl. DV-Räumen ist ein Doppelboden und ein Deckenhohlraum zweckmäßig. Als Richtwerte sind jeweils ca. 0,5 m - 0,8 m lichte Höhe anzusetzen.
- Die notwendige Grundfläche des Rechenzentrums bzw. DV-Raumes ist u. a. abhängig von der inneren Kühllast, dem Vorhandensein eines Doppelbodens sowie von den Möglichkeiten, thermische Lasten am Entstehungsort direkt abzuführen.
- Ein Wert von 400 W/m<sup>2</sup> bei Räumen mit Bedienplätzen bzw. 1000 W/m<sup>2</sup> bei bedienerlosen Räumen sollte nicht überschritten werden.
- Es ist zu prüfen, ob Möglichkeiten bestehen, die thermischen Lasten mit Hilfe von Flüssigkeitskühlung direkt abzuführen.

Bei der Einrichtung von Warm- und Kaltgängen können die Luftvolumenströme in optimaler Weise reduziert werden (u.a. Regelgröße Geschwindigkeit, Druck oder Temperatur).

Für Batterieräume von USV-Anlagen ist ein ausreichender Luftwechsel zu planen.

#### 4.9.3 Planungshinweise

Praxishinweis:

Der Betreiber von IT-Systemen stellt an die klimatischen Raumverhältnisse (u.a. Raumtemperatur, Raumfeuchte) teilweise sehr hohe Anforderungen. Deshalb sind diese Forderungen immer kritisch zu hinterfragen und anhand von Produktdatenblätter nachzuweisen.

Die Betriebszeiten der DV-Geräte und die raumklimatischen Anforderungen erfordern in der Regel für Rechenzentren und RZ-Flächen/Bereiche eine von anderen Raumgruppen des Gebäudes unabhängige RLT- und Kälteversorgungsanlage.

Bei Rechenzentren und RZ-Flächen/Bereiche mit erhöhten Anforderungen an die Betriebssicherheit sollte dem Nutzer eine Klassifizierung nach dem Tier-Konzept vorgenommen werden. Aus der gewählten Klasse ergeben sich u. a. das Konzept und gegebenenfalls das Redundanzkonzept der RZ-Kühlung. Es empfiehlt sich das Warm- / Kaltgang-Konzept mit Kaltgang-Einhausung, um konvektive Vermischungen mit der warmen Umgebung zu verhindern. Über Doppelboden-Gitterroste oder vom Doppelbodenhersteller entsprechende Lufteinlassplatten wird genau der Luftvolumenstrom jeweils in den Kaltgang gelassen, der über die internen Lüfter der IT-Komponenten in den Schrankreihen jeweils in den Warmgang geblasen wird. Die Zuluft-Temperatur wird konstant gehalten, der Luftvolumenstrom wird über einen Temperaturfühler und/oder Volumenstrom-sensor und/oder Drucksensor in einer kleinen Öffnung in der Kaltgang-Einhausung geregelt. Wird warme Luft aus dem Warmbereich durch die kleine Öffnung gesaugt, zeigt die zu hohe Temperatur am Fühler, dass der Luftvolumenstrom erhöht werden muss. Wegen der ganzjährigen Kühllast ist bei günstigen Außentemperaturen frei zu kühlen, erst parallel mit Kältemaschinen dann bei einer wirtschaftlich ausgewählten Außentemperatur vollständig.

RLT-Geräte sind so anzuordnen, dass eine Wartung ohne Beeinträchtigung der Datenverarbeitung (u.a. über Klimaspannen) möglich ist.

Es ist darauf zu achten, dass im Aufenthaltsbereich von Bedienungspersonal die Grenzwerte für Zugfreiheit der Normen DIN EN 16798-3 und DIN EN ISO 7730 eingehalten werden.

Die Ablufführung sollte an der Decke erfolgen. Eine schwerpunktmäßige Erfassung der Abluft in den wärmeintensiven Bereichen ist anzustreben.

### **Besonderheiten des Brandschutzes im Rechenzentrum bzw. an die RZ-Flächen**

Ausgangspunkt ist ein ganzheitliches Brandschutzkonzept. Hierzu können unter anderem höhere brandschutztechnische Anforderungen zwischen angrenzenden Räumen zählen, als dies durch das Baurecht (Landesbauordnung, Einstufung in Gebäudeklassen) gefordert wird.

Aus Gründen der Datensicherung kann es erforderlich werden, über die brandschutztechnischen Anforderungen hinaus bestimmte Raumgruppen innerhalb des DV-Bereiches als gesonderte Brandabschnitte zu behandeln.

Die Ermittlung der inneren Wärmelast (Wärmeabgabe der DV-Geräte) erfolgt nach Herstellerangaben, jedoch unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit. Kontrollmessungen in bestehenden DV-Anlagen haben niedrige Gesamtgleichzeitigkeitsfaktoren von ca. 0,35 ergeben.

Nach Ermittlung weiterer Rahmenbedingungen, u.a.

- RZ-Räume
- Mittelspannung
- Transformatoren
- Generatoren
- NSHV
- USV-Räume
- Batterieräume
- Klimatechnik
- Kältetechnik
- Rückkühltechnik
- RLT-Technik
- Löschtechnik
- SI-Technik

ist während des Planungsprozesses festzulegen, wie das RZ-Gebäude bzw. die RZ-Flächen aussehen sollen.

Zusätzlich zur Forderung der Entfluchtung und Schadenseingrenzung in einem „normalen“ Gebäude steht die Anforderung an die Verfügbarkeit an höchster Stelle. Es sind sowohl technische Ansätze (u.a. BMA, Sauerstoffreduktion) als auch organisatorische Ansätze notwendig (u.a. Reduktion Brandlasten, Notfall-konzepte) und abwehrender Brandschutz notwendig (u.a. Brandlöschanlagen).

#### **4.10 Speiseräume**

Für Speiseräume ist eine maschinelle Be- und Entlüftung üblich. Voraussetzungen hierfür sind:

- Erfordernis einer Unterdruckhaltung gegenüber anderen Gebäudeteilen
- Abtrennung von anderen Nutzungsbereichen und Verkehrswegen (z. B. durch Schleusen bzw. Drehtüren)
- Vermeidung einer Geruchsausbreitung aus der Küche in den Speiseraum bzw. in das übrige Gebäude (Absaugung im Bereich der Essensausgabe).

Zur Bestimmung der Lüftungsrate wird die DIN EN 15251, Anhang B, Tabelle B.2 für Restaurant, Kat II und DIN EN 16798-3 – Lüftung von Nichtwohngebäuden – Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumluftkühl-systeme empfohlen.

Sollten die Voraussetzungen nach Abschnitt 1.3 für den Einbau von RLT-Anlagen mit Kühlung vorliegen (insbesondere bei Nutzung der Speiseräume als Veranstaltungsräume), ist Abschnitt 1.5.2 zu beachten.

## 4.11 Küchen

Küchen mit einer Gesamtanschlussleistung von weniger als 25 kW, der wärme- und feuchteabgebenden Geräte, benötigen grundsätzlich keine Be- und Entlüftungsanlage, wenn die Möglichkeit der freien Lüftung gegeben ist. Es wird jedoch eine Abluftanlage (z.B. Dunstabzugshaube) empfohlen.

Die Be- und Entlüftungsanlage ist nach VDI 2052 (Raumluftechnische Anlagen für Küchen) zu konzipieren. Auf die BG-Regel BGR 111 (Arbeiten in Küchenbetrieben) wird hingewiesen.

Der Einbau von Wärmerückgewinnungsanlagen ist in § 15 Nr.5 der EnEV geregelt.

Ebenfalls zu beachten ist die Normenreihe der DIN EN 16282-Einrichtungen in gewerblichen Küchen - Elemente zur Be- und Entlüftung - Teile 1-8. In Teil 1 werden allgemeine Anforderungen an den Bau und die Berechnungsgrundlagen für die Dimensionierung und Auslegung für die Lüftungsanlagen in gewerblichen Küchen festgelegt. Die Teile 2 bis 8 beinhalten die Anforderungen für die unterschiedlichen Küchenlüftungsmöglichkeiten sowie deren Bau- und Betriebsweise, einschließlich der sicherheitstechnischen, ergonomischen und hygienischen Merkmale und deren Prüfung. Hierbei beziehen sich die Teile auf Küchenlüftungshauben, Küchenlüftungsdecken, Luftdurchlässe, Luftleitungen, Abscheider, Einbau und Betrieb von stationären Feuerlöschanlagen, Anlagen zur Aerosolnachbehandlung, Erfassung und Abführungsverhalten. Diese Normenreihe basiert auf der VDI 2052 und der Reihe DIN 18869 die teilweise bereits zurückgezogen wurde.

Die Zu- und Abluftströme sind nach der gesamten sensiblen Wärme- und Feuchteabgabe unter Berücksichtigung betriebsgerechter Gleichzeitigkeitsfaktoren (0,6 bis 1,0) der Küchengeräte zu ermitteln.

Zur Be- und Entlüftung haben sich Hauben nach DIN EN 16282-2 oder Küchenlüftungsdecken nach DIN EN 16282-3 bewährt.

Großgeräte (z. B. Fritteusen, Kippbratpfannen, Druckbratpfannen, Dämpfer) mit hoher Wärme- und Feuchtigkeitsabgabe sollten in Erfassungsschwerpunkten mit separaten Abluftabsaugungen angeordnet werden.

Die Luftdurchlässe sind nach DIN EN 16282-4, Luftleitungen sind nach DIN EN 16282-5 auszuführen.

Außen- und Zuluftleitungen mit rundem und rechteckigem Querschnitt müssen der Dichtheitsklasse B, Ab- und Fortluftleitungen der Dichtheitsklasse C, DIN EN 16282-5 entsprechen.

Aerosolabscheider (Fettabscheider) der Bauart A sind in Küchenbereichen mit thermischen Geräten vorzusehen, die Bauart B für die übrigen Bereiche und Spülküchen (DIN 18869-5). Nach DIN EN 16282-6 müssen Abscheider in

Küchenabzugshauben aus Chromnickelstahl Nr.1.4301 oder höherwertig gebaut werden.

Anlagen zur Aerosol- und Aerosolatnachbehandlung (UV-, Corona Plasmaanlagen, Wassersprüheinrichtungen DIN 18869-7, DIN EN 16282-8) und Aktivkohlefiltereinrichtungen verursachen hohe Investitions- und Betriebskosten. Die Notwendigkeit zum Einbau ist kritisch zu prüfen.

Zur Sicherstellung einer hohen Behaglichkeit, Luftqualität und Hygiene ist eine lastmindernde Raumluffführung, bei dem die Zuluft impulsarm in die Küche eingeleitet wird und die Thermikströmung ungestört bleibt, vorteilhaft.

Ziel der Luffführung muss es sein, die aufsteigenden luftfremden Stoffe (Wrasen, Dämpfe, Partikel usw.) nicht in den Aufenthaltsbereich zu leiten. Dies wird z. B. durch die Anwendung der Schichtströmung mit bodennahem Quellluftdurchlass im Bereich zwischen 0,2 m und 1,8 m über Fußboden (DIN EN 16282-4) erreicht.

Schichtströmung mit Quellluftdurchlass in Bodennähe ist aus energetischer Sicht sinnvoll und verursacht geringere Betriebskosten, weil der Ausspülgrad (VDI 2052, Tabelle 4) und damit der erforderliche Zuluft-/ Abluftvolumenstrom wesentlich reduziert werden kann.

Korrosionsbeständige Materialien (z.B. Werkstoffnummer 1.4301 oder Kunststoff) haben sich als Werkstoff für die Luftleitung zur direkten Absaugung der Spülmaschinenwrasen bewährt.

In Luftleitungen und in Lüftungsdecken sind Reinigungsöffnungen vorzusehen, um die hygienischen Anforderungen der VDI 2052 und VDI 3803 zu gewährleisten. Auf die Brandschutz-/Rauchschutzanforderungen DIN EN 16282-7, DIN 4102-6 und die Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie wird hingewiesen.

Ab- und Fortluftleitungen aus Beton müssen glatte, leicht zu reinigende Oberflächen haben; sie sind mit Hilfe geeigneter Schutzschichten (z. B. Epoxydharz) gegen die Einwirkung von Aerosolat (Fett, Öl, Wasser-Gemisch) zu schützen.

Um Kondensation an Fenstern zu vermeiden, sind Küchengeräte nicht vor Fenstern aufzustellen.

Die Beheizung (Transmissionswärmebedarf) der Küche sollte in der Regel über leicht zu reinigende, stationäre Heizkörper erfolgen.

## 4.12 Unterkunftsgebäude

Vorgaben zu unterschiedlichen Lüftungskonzepten, speziell freie Lüftung finden sich z.B. in der DIN 1946-6. Abhängig von der Nutzungsdefinition ergeben sich Art und Umfang der sicherheitstechnischen Anforderungen.

Inwiefern Forderungen der Verordnung über den Bau und Betrieb von Beherbergungsstätten (Beherbergungsstättenverordnung - BStättV) zu beachten und zu erfüllen sind, richtet sich nach den jeweils gültigen Landesregelungen.

Je nach Art der Nutzung (z. B. Schülerwohnheime, Gebäude der Bundeswehr, Wohnheime in Fortbildungseinrichtungen) können auch verwaltungsinterne Vorgaben zu beachten sein.

## Anhang 1: Auslegungsdaten für übliche Raumarten

Raumart	Mindestaußenluft- (AU) bzw. Zuluftvolumenstrom (ZU) EN15251 Kategorie II (schadstoffarmes Gebäude)	Operative Temperatur (EN15251 Kategorie II Anhang A, siehe auch DIN EN ISO 7730 A.3)		Schalldruckpegel im Raum (siehe auch DIN EN 15251 Anhang E)	Bemerkungen
		min.	max.		
		°C	°C	dB(A)	
<b>4.1.1</b> Büroräume	(AU) nach DIN EN 15251 Anhang B	21	26 <sup>1</sup>	40	freie Lüftung i.d.R. ausreichend
<b>4.1.2</b> Sitzungsräume	(AU) nach DIN EN 15251 Anhang B	21	26 <sup>1</sup>	40	
<b>4.1.3</b> Toilettenräume	(AB) 11 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup>	21 <sup>2</sup>		55	Ausreichende Lüftung nach ASR A4.1 Pkt. 5
<b>4.1.4</b> Wasch- und Duschräume	(AB) 11 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup>	24 <sup>2</sup>		55	DIN 18032-1 ASR A4.1, Pkt. 6
<b>4.1.5</b> Umkleideräume	(AB) 11 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup>	21 <sup>2</sup>		45	DIN 18032-1 ASR A4.1, Pkt. 7
<b>4.1.6</b> Lager- und Nebenräume	0,5 facher Luftwechsel	15		50	Höhere Anforderungen können sich im Einzelfall ergeben
<b>4.2.1</b> Allgemeine Unterrichts-räume	(AU) nach VDI 6040	21	26 <sup>1</sup>	40	freie Lüftung i.d.R. nicht ausreichend; Ziel: Ø CO <sub>2</sub> - 1000 ppm
<b>4.2.2</b> Aulen und Festräume	(AU) nach DIN EN 15251 Anhang B, VDI 6040 <sup>3</sup>	21	26 <sup>1</sup>	40	Versammlungsstätten- bzw. Sonderbau VO beachten
<b>4.2.3</b> Naturwissen-schaftliche Fachräume	Evtl. DIN 1946-7	21	26 <sup>1</sup>		RLT-Anlage bei der Verwendung von Schadstoffen ggf. notwendig
<b>4.2.4</b> Musikräume		21	26 <sup>1</sup>		RLT-Anlage im allg. nicht erforderlich
<b>4.2.5</b> Werkräume und Werkstätten		21	26 <sup>1</sup>		RLT-Anlage im allg. nicht erforderlich

Raumart	Mindestaußenluft- (AU) bzw. Zuluftvolumenstrom (ZU) EN15251 Kategorie II (schadstoffarmes Gebäude)	Operative Temperatur (EN15251 Kategorie II Anhang A, siehe auch DIN EN ISO 7730 A.3)		Schalldruckpegel im Raum (siehe auch DIN EN 15251 Anhang E)	Bemerkungen
		min.	max.		
		°C	°C	dB(A)	
<b>4.2.6 Lehrküchen</b>	Ev. VDI 2052	21			RLT-Anlage im allg. nicht erforderlich
<b>4.3.1 Seminarräume</b>	Siehe 4.2.1 Unterrichtsräum				
<b>4.3.2 Hörsäle</b>	(AU) nach DIN EN 15251 Anhang B	21	26 <sup>1</sup>	40	Versammlungsstätten- bzw. Sonderbau-Verordnung beachten: Ziel: Ø CO <sub>2</sub> – 1000 ppm
<b>4.3.3 Laboratorien</b>	(AU) 25 m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> NF) DIN 1946-7 DIN EN 14175-1, DIN 14470	21	26 <sup>1</sup> , soweit keine besonderen Anforderungen bestehen		Abluft-Volumenstrom der Digestorien berücksichtigen; Problem BSK, Rauchauslösung und Gleichzeitigkeit beachten
<b>4.3.3.1 Lagerräume für gefährliche Arbeitsstoffe</b>	DIN EN 14470-1 10-facher Luftwechsel	15			Anforderungen gemäß Gefahrstoffverordnung, BetrSichV
<b>4.3.4 Sonderbereiche Forschung</b>					Auslegung nach Festlegungen im Einzelfall
<b>4.3.5 Reinräume</b>					Auslegung nach VDI 2083 DIN EN ISO 14644
<b>4.4 Krankenhäuser und Kliniken</b>					Auslegung nach DIN 1946, Teil 4 oder spezifischen Anforderungen
<b>4.5.1 Sporthallen</b>	(AU) nach DIN 18032-1 -60m <sup>3</sup> /h Sportler -30m <sup>3</sup> /h Zuschauerplatz	15	22	40	freie Lüftung bei normaler Nutzung im allg. ausreichend; evtl. VStättV beachten
<b>4.5.2 Gymnastikräume</b>	(AU) nach DIN 18032	17 <sup>2</sup>			s. Abschnitt 4.5.1

Raumart	Mindestaußenluft- (AU) bzw. Zuluftvolumenstrom (ZU) EN15251 Kategorie II (schadstoffarmes Gebäude)	Operative Temperatur (EN15251 Kategorie II Anhang A, siehe auch DIN EN ISO 7730 A.3)		Schalldruckpegel im Raum (siehe auch DIN EN 15251 Anhang E)	Bemerkungen
		min.	max.		
		°C	°C	dB(A)	
Fehler! <b>Konditions- und Krafttrainingsräume</b>	(AU) nach DIN 18032-1 100m³/h je Gerätestation	12	20		
<b>4.5.4 Umkleieräume</b>	Siehe 4.1.5				
<b>4.5.5 Wasch- und Duschräume</b>	Siehe 4.1.4				
<b>4.6 Bäderbauten</b>	(ZU) nach VDI 2089	*		45	*2 K über Beckenwassertemperatur
<b>4.7.1 Werkstätten</b>					freie Lüftung i.d.R. ausreichend; Zusätzliche Anforderungen können sich im Einzelfall ergeben
<b>4.7.2 Wäschereien</b>					Schwülegrenze beachten, siehe ASR A.3.5
<b>4.8.1 Bibliotheken Lesesaal</b>	(AU) nach DIN EN 15251 Anhang B 1, Kat II: (AU) 25 m³/h und Person zzgl. 2,5 m³/(h*m²NF)	22		30	
<b>4.8.2 Museen Ausstellungs-Räume</b>	(AU) nach DIN EN 15251 Anhang B 1, Kat II: (AU) 25 m³/h und Person zzgl. 2,5 m³/(h*m²NF)	20	*		*weitere Erläuterungen im Abs. 4.8.2
<b>Magazine und Depots</b>	(AU) 3 m³/(h*m²NF)	15			

Raumart	Mindestaußenluft- (AU) bzw. Zuluftvolumenstrom (ZU) EN15251 Kategorie II (schadstoffarmes Gebäude)	Operative Temperatur (EN15251 Kategorie II Anhang A, siehe auch DIN EN ISO 7730 A.3)		Schalldruckpegel im Raum (siehe auch DIN EN 15251 Anhang E)	Bemerkungen
		min.	max.		
		°C	°C	dB(A)	
<b>4.9</b> Rechenzentren einschl. RZ- Flächen/Bereiche	(ZU) nach Kühllastberechnung	18	*		ASR beachten, in Räumen mit ständigem Arbeitsplatz  *weitere Erläuterungen im Abschnitt 4.9
<b>4.10</b> Speiseräume	(AU) 30 m <sup>3</sup> /h Person / Restaurant gem. DIN 15251 Kat II, Tabelle B 2	21	26 <sup>1</sup>	45	evtl. VStättV beachten
<b>4.11</b> Küchen	Nach sensibler Wärme- und Feuchteabgabe auslegen			55	Auslegung nach VDI 2052, DIN EN 16282 BGR 111, DIN 18869-7
<b>4.12</b> Unterkunftsgebäude	Nach funktionalen und baulichen Anforderungen				Hinweise z.B. in DIN 1946-6

<sup>1</sup> zzgl. zulässiger Überschreitungstoleranzen

<sup>2</sup> Lufttemperatur

<sup>3</sup> soweit Schüler regelmäßig unterrichtet oder beaufsichtigt werden

## Anhang 2: Zusammenstellung der wichtigsten Vorschriften und Regelwerke

### 1. Gesetze und Verordnungen, insbesondere:

- Energieeinsparverordnung (EnEV)
- Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz EnEG)
- Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)
- Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG)
- Verwaltungsvorschriften zum BImSchG: TA-Luft, TA-Lärm
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- TRBS 1111 Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- Verordnung über Arbeitsstätten (ArbStättV)
- Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR): A3.5 Raumtemperatur, ASR A3.6 Lüftung, ASR 4.1 Sanitärräume
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Bauordnungen der Länder (LBO), Musterbauordnung MBO
- Landes-Lüftungsanlagen-Richtlinien LüAR, Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie MLüAR
- Landes-Leitungsanlagen-Richtlinien LAR, Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR
- Versammlungsstätten-, Sonderbau-, Garagen-, Beherbergungsstätten-, Krankenhausverordnungen der Länder
- Ökodesign-Verordnung 1253/2014
- Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (IT-Sicherheitsgesetz)
- IT-Sicherheitskatalog gem. §11 Absatz 1a Energiewirtschaftsgesetz
- Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-KritisV)

### 2. Unfallverhütungsvorschriften

- BGR 111 Berufsgenossenschaftliche Regelungen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Arbeiten in Küchenbetrieben

### 3. Verdingungsordnung für Bauleistungen Teil C (VOB/Teil C), insbesondere:

- DIN 18299 Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art  
DIN 18379 Raumluftechnische Anlagen

### 4. Normen des Deutschen Instituts für Normung (DIN), insbesondere:

- DIN EN 779 Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik - Bestimmung der Filterleistung (ersetzt durch DIN EN ISO 16890)
- DIN EN 1507 Lüftung von Gebäuden – Rechteckige Luftleitungen aus Blech - Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit
- DIN EN 1822-1 Schwebstofffilter (EPA, HEPA, ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung
- DIN EN 1886 Zentrale Raumluftechnische Geräte
- DIN 1946-4 Raumluftechnik – Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens
- DIN 1946-7 Raumluftechnik – Teil 7: Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien
- DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- DIN 4108-2 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- DIN 4108-6 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- DIN 4109 Schallschutz im Hochbau
- DIN 4710 Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen in Deutschland
- DIN EN ISO 7730 Ergonomie der thermischen Umgebung

- DIN EN 12237 Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech
- DIN EN 12599 Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen
- DIN 12924-3 Laboreinrichtungen - Abzüge - Teil 3: Durchreichabzüge
- DIN 12924-4 Laboreinrichtungen - Abzüge - Teil 4: Abzüge für Apotheken
- DIN EN 13053 Lüftung von Gebäuden - Zentrale raumluftechnische Geräte – Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten
- DIN EN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme (ersetzt durch DIN EN 16798 Teil 3)
- DIN EN ISO 13792 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik
- DIN EN 14175 Abzüge
- DIN EN ISO 14644 Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche
- DIN SPEC 15240 Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Energetische Inspektion von Klimaanlage
- DIN EN 15251 Eingangparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- DIN EN 15650 Lüftung von Gebäuden - Brandschutzklappen
- DIN EN 15805 Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik - Standardisierte Abmessungen
- DIN EN 16282 Einrichtungen in gewerblichen Küchen – Elemente zur Be- und Entlüftung
- DIN EN 16798-3 Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden - Teil 3: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme
- CEN/TR 16798-4 Technischer Report zu DIN EN 16798-3
- DIN EN 16798-17 Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 17: Leitlinien für die Inspektion von Lüftungs- und Klimaanlage
- DIN EN ISO 16890 Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik
- DIN 18017-3 Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren
- DIN 18032 Sporthallen – Hallen und Räume für Sport und Mehrzwecknutzung
- DIN 18232-5 Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 5: Maschinelle Rauchabzugsanlagen (MRA); Anforderung, Bemessung
- DIN V 18599 Energetische Bewertung von Gebäuden
- DIN 18960 Nutzungskosten im Hochbau
- DIN 25496 Lüftungstechnische Komponenten in kerntechnischen Anlagen
- DIN EN 50272 Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen
- DIN EN 50600 Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren
- DIN ISO/IEC 27001 Informationstechnik – Sicherheitsverfahren – Informationssicherheitsmanagementsysteme - Anforderungen

#### **5. Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), insbesondere:**

- VDI 2050 Anforderungen an Technikzentralen
- VDI 2051 Raumluftechnik Laboratorien
- VDI 2052 Raumluftechnik; Küchen
- VDI 2053 Raumluftechnische Anlagen für Garagen
- VDI 2054 Raumluftechnische Anlagen für Datenverarbeitung
- VDI 2067 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen
- VDI 2071 Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen
- VDI 2078 Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)
- VDI 2081 Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen
- VDI 2083 Reinraumtechnik
- VDI 2089 Blatt 1 Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern – Hallenbäder
- VDI 2569 Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro
- VDI 3525 Regelung und Steuerung Raumluftechnischer Anlagen - Beispiele
- VDI 3803 Raumluftechnik, Geräteanforderungen

VDI 3804	Raumluftechnik – Bürogebäude (VDI Lüftungsregeln)
VDI 3810	Betreiben von Raumluftechnischen Anlagen
VDI 3814	Gebäudeautomation (GA)
VDI/DVS 6005	Gefahrstoffe und Lüftungstechnik beim Schweißen und bei den verwandten Verfahren
VDI 6022	Raumluftechnik, Raumlufqualität – Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte (VDI Lüftungsregeln)
VDI 6031	Abnahmeprüfung von Raumkühlflächen
VDI 6035	Raumluftechnik – Dezentrale Lüftungsgeräte – Fassadenlüftungsgeräte (VDI Lüftungsregeln)
VDI 6039	Facility-Management - Inbetriebnahmemanagement für Gebäude - Methoden und Vorgehensweisen für gebäudetechnische Anlagen
VDI 6040	Raumluftechnik – Schulen (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien)
VDI 6041	Facility-Management - Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen

## **6. Bestimmungen des Verbandes der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V. (VDE)**

DIN VDE 0100-540 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter

## **7. Arbeitsblätter des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)**

24186 Teil 1 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden - Teil 1: Lufttechnische Geräte und Anlagen

## **8. Richtlinien und Hinweise des Arbeitskreises Maschinen und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltung (AMEV)**

- Bedienen von raumluftechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden (Bedien RLT 2008)
- Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden (Wartung 2014)
- Vertragsmuster für Instandhaltung (Wartung, Inspektion Instandsetzung von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden (Instandhaltung 2014)
- Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden (Energie 2010)
- Hinweise zur Planung, Ausführung und Betrieb von Kälteanlagen und Kühlgeräten für öffentliche Gebäude (Kälte 2017)
- Technisches Monitoring als Instrument zur Qualitätssicherung (Technisches Monitoring 2017)
- BACnet in öffentlichen Gebäuden (BACnet 2017)
- Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden (Gebäudeautomation 2005)

## **9. Technische Regeln des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW)**

DVGW G 631 Installation von gewerblichen Gasgeräten u.a. in Gastronomie und Küche

## **10. Richtlinien und Hinweise des Bundes**

BNB Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen  
Informationsschrift „Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden, Teil 1 Bildungseinrichtungen, Stand November 2017“ des Umweltbundesamtes

## Mitarbeiter

Heike Gralla	Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften
Ralf Hengelhaupt	Deutsche Bundesbank
Markus Kirch (Obmann)	Ministerium der Finanzen Rheinland-Pfalz
Ernst Weindorfer	Regierung von Niederbayern