

Michael Schmidt, Jörg Arold

**Expertensystem zur Identifikation
und Definition niedriginvestiver
Maßnahmen zur Senkung
des Energieumsatzes und
des Schadstoffausstoßes im
Gebäudebestand – EXECO2**

F 2835

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2013

ISBN 978-3-8167-8873-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

**Expertensystem zur Identifikation
und Definition niedriginvestiver
Maßnahmen zur Senkung des
Energieumsatzes und des Schad-
stoffausstoßes im Gebäudebe-
stand – EXECO2**

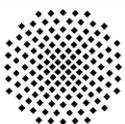
Abschlussbericht

Forschungsprojekt gefördert durch das Bundes-
institut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
(BBSR)

Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-09.46

Projektleiter:
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. Jörg Arold



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Handlungsbedarf	3
2.1 Energetische Inspektion und Wartung	3
2.2 Stand der Wissenschaft.....	4
2.3 Vorgehensweise	5
3 Literaturrecherche.....	7
3.1 Normen und Richtlinien zur Inspektion	7
3.2 Forschungsberichte	7
4 Darstellungsformen des Expertensystems	9
4.1 Anforderung an das Expertensystem	9
4.2 Darstellungsmöglichkeiten des Expertensystems.....	9
4.3 Dokumentationstechniken	9
4.3.1 Organigramm.....	10
4.3.2 Folgeplan.....	10
4.4 Analysetechniken	11
4.4.1 Checkliste (Prüfliste).....	11
4.5 Vergleich und Entscheidung zur Wahl der Darstellungsform.....	12
5 Leitfaden zur Anwendung des Expertensystems	14
5.1 Einführung	14
5.2 Grundlegende Einteilung des Expertensystems	15
5.2.1 Gliederung des Expertensystems.....	15
5.2.2 Checklisten	16
5.2.3 Übersichtslisten	16
5.2.4 Anhang	16
5.3 Aufbau und „Bedienung“ des Expertensystems.....	16
5.4 Hinweis zur Informationsbeschaffung.....	18
5.5 Hinweise zur Kommunikation mit den Gebäudenutzern	18
6 Gebäude	19
6.1 Einführung zum Gebäude.....	19

6.2	Checkliste Gebäude	19
6.2.1	G_1 Erfassen des Gebäudes	19
6.2.2	G_2 Übersicht der technischen Anlagen	21
6.2.3	G_3 Beschreibung der Nutzungszonen	21
7	Heizung	24
7.1	Grundlagen Heizung.....	24
7.2	Nutzenübergabe der Heizung.....	26
7.2.1	Übersicht über Systeme der Nutzenübergabe.....	26
7.2.2	Freie Heizflächen.....	27
7.2.3	Integrierte Heizflächen.....	27
7.3	Verteilung bei der Heizung	28
7.3.1	Grundsaltungen der Verteilung	29
7.3.2	Differenzdruck-Wegdiagramme	30
7.4	Erzeugung bei der Heizung	31
7.4.1	Erzeuger mit einer Einsatzenergie und eine Zielenergie	32
7.4.2	Erzeuger mit zwei Einsatzenergien und einer Zielenergie	32
7.4.3	Erzeuger mit einer Einsatzenergie und zwei Zielenergien	33
7.5	Checkliste Heizung_Nutzenübergabe H_N	33
7.5.1	H_N 1 Erfassen des Nutzenübergabesystems	33
7.5.2	H_N 2 Bewerten der Nutzenübergabe.....	33
7.5.3	Hinweise für die Raumtemperatursollwerte im Heizfall.....	34
7.6	Checkliste Heizung_Verteilung H_V.....	36
7.6.1	H_V 1 Umwälzpumpe.....	36
7.6.2	H_V 2 Betrieb der UP des Heizkreises	37
7.6.3	H_V 3 Hydraulischer Abgleich	37
7.6.4	H_V 4 Undichtigkeiten und Verschmutzungen	39
7.6.5	H_V 5 Dämmung der Rohrleitungen.....	39
7.7	Checkliste Heizung_Erzeugung H_E.....	40
7.7.1	H_E 1 Wärmeerzeuger	40
7.7.2	H_E 2 Betriebszeit.....	40
7.7.3	H_E 3 Temperaturabhängige Steuerung.....	41
7.7.4	H_E 4 Heizkurve.....	41
7.7.5	H_E 5 Mögliche Fehler in der MSR-Technik.....	43
7.7.6	H_E 6 Besondere Anforderungen bei Brennwertkesseln	44
7.7.7	H_E 7 Fernwärme	44
7.7.8	H_E 8 Wärmepumpe	44

8	Trinkwarmwasser	45
8.1	Technische Lösungen	45
8.2	Anwendung in Bürogebäuden	47
8.3	Checkliste Trinkwarmwasser	48
8.3.1	H_TWW 1 Übersicht über den TW-Erwärmer.....	48
8.3.2	H_TWW 2 Zapfstellen	48
8.3.3	H_TWW 3 Ist-Betriebsparameter laut Begehung und Soll laut Auslegung	48
8.3.4	H_TWW 4 Prüfen der Dimensionierung	48
8.3.5	H_TWW 5 Wärmedämmung der Rohre.....	49
8.3.6	H_TWW 6 Undichtigkeiten und Verschmutzungen.....	49
9	Grundlagen der Beleuchtung	50
9.1	Aufgaben der Beleuchtung	50
9.2	Begriffe der Beleuchtung	50
9.2.1	Grundbegriffe der Lichttechnik.....	50
9.2.2	Leuchten.....	52
9.2.1	Lampen	52
9.2.3	Vorschaltgeräte und Schaltungen.....	53
9.2.4	Tageslichtlenksysteme	54
9.2.5	Wartung, Reinigung.....	54
9.3	Checkliste Beleuchtung	56
9.3.1	L_1 Allgemeine Angaben	56
9.3.2	L_2 Lampen.....	56
9.3.3	L_3 Funktionalität der Lampen	56
9.3.4	L_4 Schaltung.....	56
9.3.5	L_5 Optimale Nutzung von Tageslicht.....	57
9.3.6	L_6 Blendung	57
9.3.7	L_7 Lichtschalterreihen	58
9.3.8	L_8 Beleuchtungsstärke	59
9.3.9	L_9 Wartung, Reinigung.....	59
9.3.10	L_10 Bewegungs- und Präsenzmelder sowie helligkeitsregelnde Sensoren	59
10	RLT-Anlagen	61
10.1	Einführung RLT-Anlagen	61
10.1.1	RLT-Anlagen ohne Lüftungsfunktion	62
10.1.2	RLT-Anlagen mit Lüftungsfunktion	62
10.1.3	Weitere Unterscheidungsmerkmale.....	63
10.2	Wichtige Auslegungsgrößen von RLT-Anlagen.....	65

10.2.1	Außenluftstrom	65
10.2.2	Raumluftfeuchte	67
10.2.3	Betriebszeit der RLT-Anlage	68
10.2.4	Raumtemperaturen.....	69
10.3	Checkliste RLT	70
10.3.1	RLT 1 Übersicht über die RLT-Anlage und die Lüftungszonen	70
10.3.2	RLT 2 Betriebszeit der Anlage.....	70
10.3.3	RLT 3 Luftvolumenströme	70
10.3.4	RLT 4 Ventilator.....	71
10.3.5	RLT 5 Lufterwärmer.....	71
10.3.6	RLT 6 Luftkanal der Anlage	71
10.3.7	RLT 7 Luftfilter	72
10.3.8	RLT 8 Volumenstromregler der RLT-Anlage	72
10.3.9	RLT 9 Klappen und Luftdurchlässe der RLT-Anlage	72
10.3.10	RLT 10 Luftbefeuchter der RLT-Anlage.....	73
10.3.11	RLT 11 Luftkühler	73
11	Kühlung.....	75
11.1	Grundlagen der Kühlung	75
11.2	Nutzenübergabe der Kühlung.....	75
11.2.1	Übersicht über Systeme der Nutzenübergabe im Kühlfall	75
11.2.2	Nutzenübergabe mittels RLT-Anlagen.....	75
11.2.3	Integrierte Kühlflächen.....	77
11.2.4	Freie Kühlflächen.....	78
11.3	Kälteverteilung.....	78
11.3.1	1-Kreis-System	78
11.3.2	2-Kreis-System	79
11.4	Kältespeicher.....	80
11.5	Kälteerzeugung	80
11.5.1	Eine Einsatzenergie und eine Zielenergie	80
11.5.2	Zwei Einsatzenergien und eine Zielenergie	81
11.5.3	Eine Einsatzenergie mehrere Zielenergien.....	88
11.6	Checkliste Kältenutzenübergabe	88
11.6.1	K_N 1 Induktionsgeräte	88
11.6.2	K_N 2 Kühldecken und Thermische Bauteilaktivierungen	90
11.7	Checkliste Kälteverteilung	90
11.7.1	K_V 1 Umwälzpumpe für Kaltwasserkreislauf	90
11.7.2	K_V 2 Betrieb der Kaltwasserpumpe.....	91

11.7.3	K_V 3 Hydraulischer Abgleich	91
11.7.4	K_V 4 Kaltwasserkreislauf	91
11.7.5	K_V 5 Undichtigkeiten und Verschmutzungen	92
11.7.6	K_V 6 Dämmung der Rohrleitungen.....	92
11.8	Checkliste Kühlung Erzeugung.....	92
11.8.1	K_E 1 Allgemeine Angaben.....	92
11.8.2	K_E 2 Betriebs- und Nutzungszeit.....	93
11.8.3	K_E 3 Kältemittelkreislauf.....	93
11.8.4	K_E 4 Zustand des Kälteerzeugers	93
11.8.5	K_E 5 Verdichter	94
11.8.6	K_E 6 Verflüssiger/Kondensator.....	94
11.8.7	K_E 7 Verdampfer	95
11.8.8	K_E 8 Absorberkreislauf	95
11.8.9	K_E 9 Kältespeicher	95
11.8.10	K_E 10 Rückkühlung	96
12	MSR- und Gebäudeleittechnik.....	98
12.1	Bedeutung der MSR-Technik für den Anlagenbetrieb	98
12.2	Symptome für Fehler in der MSR-Technik	98
12.3	Erkennen von Fehlern in der MSR–Technik und im Anlagenbetrieb	99
12.3.1	Auswertung gespeicherter GLT-Messwerte	100
12.3.2	Manuelle Vergleichsmessungen.....	100
12.3.3	Aufmerksames Beobachten	100
12.4	Verbrauchs- und Betriebszeiterfassung.....	101
12.4.1	Grundlagen zur Verbrauchserfassung	101
12.4.2	Auswertung von Verbrauchsdaten.....	101
12.4.3	Auswertung von Betriebsstundenzähler	102
12.5	Anhang MSR-Technik	102
13	Zusammenfassung und Ausblick	104
14	Literaturverzeichnis	105

Abbildungsverzeichnis

Bild 4-1: Übersicht über die Raumluftechnik.....	10
Bild 4-2: Folgeplan für die Dimensionierung der Umwälzpumpe	11
Bild 7-1: Bedarfsentwicklung der Heizanlage	24
Bild 7-2: Energiebilanz gemäß dem Vorgehen der Bedarfsentwicklungsmethode ...	25
Bild 7-3: Technische Lösungen zur Nutzenübergabe	27
Bild 7-4: Wärmeverteilung [28]	29
Bild 7-5: Grundsaltungen für Anschluss- und Verlegearten [28]	30
Bild 7-6: Differenzdruck-Wegdiagramm der verschiedenen Schaltungen [28].....	31
Bild 7-7: Kategorien der Wärmeerzeugung.....	32
Bild 7-8: Heizkurven mit unterschiedlicher Steilheit [30]	43
Bild 7-9: Zusammenhang zwischen der Heizsystemtemperatur und dem Teillast-Nutzungsgrad eines Brennwertkessels [31].....	44
Bild 8-1: Übersicht über Systeme zur Trinkwassererwärmung für mehrere Nutzereinheiten und Zapfstellen [28]	46
Bild 8-2: Übersicht über Systeme zur Trinkwassererwärmung für eine Nutzereinheit und eine oder mehrere Zapfstellen [28].....	47
Bild 9-1: Rasterleuchte [37]	52
Bild 9-2: Zusammenhang Beleuchtungsstärke und Wartungswert in Abhängigkeit der Betriebszeit [37].....	55
Bild 9-3: Position des Computerbildschirms zur Vermeidung von Blendung [24]	58
Bild 9-4: Beispiel einer Lichtschalterbeschriftung [24]	59
Bild 9-5: Geeignete und ungeeignete Durchschreitung des Erfassungsbereiches von Bewegungsmeldern [40].....	60
Bild 10-1: Kategorisierung von RLT-Anlagen [46].....	61
Bild 10-2: RLT-Anlage mit Lüftungsfunktion (Fall 1)	63
Bild 10-3: RLT-Anlage mit zentralen Lüfterwärmer, Heizkörper im Raum (Fall 2) ...	63
Bild 10-4: RLT-Anlage mit zentralen und dezentralen Lüfterwärmer, Heizkörper im Raum (Fall 3).....	64
Bild 10-5: RLT-Anlage mit zentralen und dezentralen Lüfterwärmer, keine Heizkörper o.ä. (Fall 4)	64
Bild 11-1: Mögliche Systeme zur Nutzenübergabe im Kühlfall	75
Bild 11-2: Prinzip eines Induktionsgerätes [49].....	76
Bild 11-3: RLT-Anlage mit Anbindung an Kälte- und Wärmezentrale (schematisch) [24]	77
Bild 11-4: Kategorisierung der Kälteverteilung.....	78
Bild 11-5: Beispiel für ein 1-Kreis-System [49].....	79

Bild 11-6: Beispiel für ein 2-Kreis-System [49].....	79
Bild 11-7: Kategorisierung der Kälteerzeugung	81
Bild 11-8: Linkslaufender Carnot-Prozess im T, S-Diagramm aus [38].....	82
Bild 11-9: Überhitzung und Unterkühlung des Arbeitsmittels im Druck-Enthalpie-Diagramm beim realen Kreisprozess [49].....	83
Bild 11-10: Kompressionskältemaschine mit Kühlwasser- und Kaltwasserkreislauf	84
Bild11-11: Leistungs-Kennfeld eines Verdrängungsverdichters [49]	86
Bild11-12: Antriebsleistung von Verdichter und Pumpe bei variabler Temperaturspreizung des Kaltwassers [49].....	87
Bild 11-13: Charakteristik der Luftströmung bei Induktionsgeräten [54]	89
Bild 12-1: Symptome für mögliche Betriebsfehler [48].....	99
Bild 12-2: Ausdruck der verschiedenen Symptome [48]	99
Bild 12-3: Mögliche Fehler im Anlagenbetrieb [48]	99
Bild 12-4: Fehlererkennung anhand der Betriebsstundenerfassung.....	102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Beispiel für eine Checkliste aus EXECO2	12
Tabelle 5-1: Vorlage für die Checklisten des Expertensystems.....	17
Tabelle 6-1: Grenzwerte für die relative Luftfeuchte gemäß DIN EN 15251 und Arbeitsstättenrichtlinie 5 (ASR 5).....	23
Tabelle 6-2: CO ₂ -Grenzwerte gemäß DIN EN 15251 und DIN EN 13779	23
Tabelle 6-3: Erforderliche Außenluftvolumenströme gemäß DIN EN 15251	23
Tabelle 6-4: Mindestaußenluftvolumenströme gemäß ASR 5	23
Tabelle 7-1: Sollwerte für die operative Raumtemperatur nach DIN EN 15251 in Bürräumen im Heizfall [25]	34
Tabelle 7-2: Sollwerte für die operative Raumtemperatur im Heizfall nach Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6 [26]	35
Tabelle 7-3: Zusammenhang zwischen Temperatursollwert und THV-Stufe [58].....	35
Tabelle 7-4: Anforderungen an die Dämmschichtdicken, EnEV 2009, Anlage 5 [3] .	39
Tabelle 9-1: Natürliche Beleuchtungsstärken [34]	51
Tabelle 9-2: Ausgesuchte Räume für Bürogebäude samt mittlerer Beleuchtungsstärke [36]	51
Tabelle 9-3: Überblick über Lampenarten [34].....	53
Tabelle 10-1: Außenluftströme nach ASR 5 für den Fall einer maschinellen Lüftung [26]	65
Tabelle 10-2: Auslegungsvolumenströme nach DIN EN 15251 [25].....	66
Tabelle 10-3: Grenzwerte für die relative Raumlufffeuchte nach DIN EN 15251 [25] und DIN EN 13779 [47]	67
Tabelle 10-4: Anteil der Außenluft an der Zuluft in Abhängigkeit von den Temperaturen der Außenluft, Abluft, Mischluft und Zuluft [48].....	74
Tabelle 11-1: Anforderungen an die Dämmschichtdicken, EnEV 2009, Anlage 5 [3]	92

1 Einleitung

Im Betrieb von Gebäuden wird in Deutschland ein Anteil von ca. 40% des Endenergieverbrauches umgesetzt. Die Erfahrung aus bisher punktuellen Untersuchungen zeigt, dass der Energieumsatz zum Gebäudebetrieb durch Maßnahmen mit geringsten Investitionskosten im Mittel um ca. 30% gesenkt werden kann. Dabei werden Maßnahmen zur Verbesserung des Gebäudebetriebs an den Anlagen zur Heiz- und Raumluftechnik, zur Trinkwassererwärmung, zur Kühlung und zur Beleuchtung sowie deren zugehörige MSR-Technik berücksichtigt.

Um das Potenzial in der Fläche kurz- und mittelfristig erschließen zu können, sind Werkzeuge erforderlich, mit denen nicht nur einzelne Experten in der Lage sind die zu ergreifenden Maßnahmen zu identifizieren.

Ziel des Vorhabens ist es daher, durch Bereitstellung eines Expertensystems die Erschließung niedriginvestiver Verbesserungsmaßnahmen im Gebäudebestand zur Senkung des Energiebedarfs und der energieumsetzungsbedingten Emissionen in der Fläche, d.h. für möglichst viele Gebäude, zu ermöglichen und zu erleichtern. Unter niedriginvestiv ist hier eine absolut geringe Investitionssumme zu verstehen, welche allerdings bislang nicht näher definiert ist.

Für höher und hoch investive Maßnahmen wie z.B. Verbesserungen an der Gebäudehülle und Umbau und Verbesserung der Anlagentechnik sollen lediglich Vorschläge gemacht werden. Die Umsetzung solcher Maßnahmen ist zwar durchaus sinnvoll, allerdings setzt sie die entsprechende Mittelverfügbarkeit voraus.

Das Expertensystem soll auch nicht-akademisches technisches Personal mit mittlerem Ausbildungsstand in die Lage versetzen, Energiesparpotenziale eigenständig zu erkennen und zu erschließen. Hierzu ist es notwendig ein Struktogramm zu entwerfen, welches schrittweise konkrete Handlungsanweisungen gibt. Neben technischen wird die Handlungsanleitung auch organisatorische und strategische Maßnahmen enthalten, womit es möglich ist mit begrenztem Aufwand ein möglichst großes Einsparpotenzial zu erschließen.

Da sich v.a. die organisatorischen und strategischen Maßnahmen schlecht auf den Wohnungsbau übertragen lassen, wird sich das Expertensystem auf Gewerbe- und Verwaltungsgebäude beschränken.

Erfahrungen mit Projekten zur Betriebsoptimierung am IGE haben gezeigt, dass sich der Energieverbrauch von Gebäuden, welche nicht mehr gepflegt werden, innerhalb kurzer Zeit wieder erhöht. Für eine erfolgreiche Betriebsüberwachung ist es deshalb notwendig, das Expertensystem in regelmäßigen Abständen anzuwenden, um auf Veränderungen im Bestand reagieren zu können. Deshalb werden die im Rahmen

einer Gebäudeanalyse mit dem Expertensystem durchgeführten Änderungen und identifizierte Einsparpotenziale in einem Übersichtsblatt dokumentiert. Dieses dient als Ausgangspunkt für eine weitere Überwachung des Betriebs mit dem Expertensystem. Der Gesamtaufwand für die Betriebsoptimierung kann durch die kontinuierliche Überwachung des Bestands reduziert werden.

2 Handlungsbedarf

2.1 Energetische Inspektion und Wartung

Das Expertensystem beinhaltet im Wesentlichen Aspekte der Inspektion, der Wartung und der Instandhaltung. In der VDI 4700 „Begriffe der Technischen Gebäudeausrüstung mit Hinweisen zur Gestaltung von Benennungen und Definitionen“ sind für diese Begriffe folgende Definitionen vorgeschlagen:

Inspektion: Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustands von technischen Mitteln eines Systems (nach VDI 2067 Blatt 1) [1].

Wartung: Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustands von technischen Mitteln eines Systems oder einer Anlage (nach VDI 6013) [1].

Instandhaltung: technische und administrative Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustands oder der Rückführung in diesen, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann (nach DIN EN 13306) [1].

Die Tätigkeiten hängen in gewisser Hinsicht voneinander ab, so ist eine Inspektion eine Voraussetzung und die Notwendigkeit von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen zu erkennen. Diese Begriffe beziehen sich in ihrer bisherigen Definition stark auf die Anlage und ihre Komponenten, also die „Hardware“ und der Erhaltung des „Sollzustandes“. Es wird sich also im Wesentlichen darauf beschränkt die Geräte betriebsbereit zu halten.

In der europäischen „Energy Performance of Buildings Directive“ (EPBD) [2] und der „Energieeinsparverordnung“ (EnEV) [3] wird ein erster Schritt gemacht, die Inspektion auf eine „energetische Inspektion“ auszuweiten. In der EPBD ist im Artikel 13 die Inspektion von Heizungsanlagen und im Artikel 14 die Inspektion von Klimaanlage gefordert. Die EPBD wurde im Rahmen der Energieeinsparverordnung (EnEV) in nationales deutsches Recht überführt.

In der EnEV ist die energetische Inspektion von Klimaanlage mit einer Kältenennleistung größer als 12 kW gefordert. Eine Inspektion von Heizungsanlagen welche über die erste Bundes-Immissionsschutzverordnung (1.BImSchV) und die auf Länderebene gültigen Kehr- und Überprüfungsordnungen (KÜO) hinausgeht ist in der deutschen EnEV nicht ausdrücklich gefordert. Lediglich eine Überprüfung durch den Schornsteinfeger, ob die Heizungsanlage verordnungskonform ausgeführt wurde, ist vorgesehen.

In der EPBD sind erstmals eine Überprüfung von Auslegungsgrößen, Betriebsparametern und eine Analyse der Nutzung vorgesehen. Allerdings beschränkt man sich auf die Inspektion dieser Werte.

Das Expertensystem sieht eine **Inspektion und Wartung** der Betriebsparameter, -strategien und der Auslegungsgrößen vor. Eine Wartung der Anlagentechnik wird nur bei solchen Wartungsmaßnahmen berücksichtigt, welche energetisch relevant sind, wie z.B. der Wechsel von Filtern in RLT-Anlagen.

2.2 Stand der Wissenschaft

Listen zum Überprüfen des Gebäudebetriebs, bzw. zum Erfassen der installierten Anlagentechnik gibt es bereits mit verschiedenen Zielsetzungen und in verschiedenen Formen und Umfang.

Die „Elektronische Gebäude- und Anlagen-Checkliste“ vom Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) [4] beispielsweise dient dazu, die Eingangsdaten für die Bedarfsberechnung nach DIN V 18599 [5] eines Bestandsgebäudes zu erfassen. Die Art der erfassten Informationen sind, entsprechend des Zwecks der Checkliste, überwiegend Gebäude- und Anlageneigenschaften, da diese Parameter für die Berechnung des Bedarfs relevant sind. Für das zu erarbeitende Expertensystem sind diese Informationen nur zweitrangig von Bedeutung.

Der vom Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (FGK) [FKG Status-Report] veröffentlichte Status-Report 5 „Energetische Inspektion von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen“ [6] und der Status-Report 6 „Energetische Inspektion von Kälteanlagen zur Klimatisierung“ [7] gibt Hinweise zur energetischen Inspektion wie sie in der EnEV 2009 gefordert ist. Der Schwerpunkt dieser Arbeiten liegt jedoch auf Klimaanlageanlagen und ist sehr stark auf die energetische Bewertung fixiert, d.h. es werden Hinweise zu Annahmen und Randbedingungen zur Energiebedarfsberechnung gegeben und Energiekennwerte ermittelt.

Die im Jahr 2011 erschienene und vom BMWI geförderte „Checkliste für die Abnahme von Klima- und Lüftungsanlagen“ [8] wurde vom ILK Dresden gGmbH und vom FGK im Rahmen des Forschungs-Informations-Austausch-Projekts (FIA) erstellt. Wie der Titel schon verrät, ist das Hauptziel dieser Listen die Abnahme von RLT-Anlagen (Schwerpunkt auf Klimaanlageanlagen mit solarthermischer Kühlung) nach der Inbetriebnahme. Es wird hauptsächlich geprüft, ob die Anlagen planungsgemäß gebaut wurden.

Neben diesen Checklisten gibt es diverse weitere Listen und Leitfäden. Diese sind zum einen häufig auf einzelne Gewerke beschränkt und zum anderen nicht konkret

genug formuliert. Diese Listen sind meist so gestaltet, dass sie nur von gut geschultem Personal „bedient“ werden können. Firmen die mit Energieeinsparung im Betrieb ihr Geld verdienen, wie z.B. Contractingfirmen haben vermutlich auch Know-how in diese Richtung und firmeninterne Checklisten. Allerdings haben diese Interesse daran, ihre Erfahrung für sich zu behalten, um einen Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren Mitbewerbern zu haben.

Alle bisherigen Checklisten haben das Problem, dass sie auf einzelne Gewerke beschränkt sind. Was bislang fehlt, ist ein Gewerke übergreifender Leitfaden zum identifizieren niedriginvestiver Energiesparmaßnahmen. Dieser soll so gestaltet sein, dass es auch Personal mit mittlerer Ausbildung möglich ist, mit diesem Leitfaden Einsparmaßnahmen zu identifizieren und zu erschließen.

2.3 Vorgehensweise

Das zu erarbeitende Expertensystem soll als Leitfaden für die Durchführung von energetischen Inspektions- und Wartungsarbeiten für die Gewerke Heizung, Lüftung, und Kälte sowie die Beleuchtung dienen und beinhaltet eine Methodik zum Identifizieren von niedriginvestiven Einsparpotenzialen.

Ziel ist es, die Anforderungen der bestehenden Normung und Verordnungen zur energetischen Inspektion mit zu berücksichtigen und einzubinden. Außerdem wird auf Praxiserfahrungen aus früheren Projekten an diesem Institut und an anderen Stellen zurückgegriffen. Mit Hilfe der Erfahrungen über mögliche niedriginvestive Maßnahmen zur Energieeinsparung wird ein Maßnahmenkatalog erstellt. Anschließend wird ein Verfahren erarbeitet diese Maßnahmen zu identifizieren.

Das Expertensystem wird so gegliedert werden, dass es auf Gebäude unterschiedlicher technischer Ausstattung angewendet werden kann. Die Gliederung erfolgt in folgende Bereiche bzw. Gewerke:

- Gebäude,
- Heizung,
- Raumluftechnik,
- Kälte- und Klimatechnik und
- Beleuchtung.

Im ersten Schritt wird im Rahmen einer Literaturrecherche eine Sammlung möglicher niedriginvestiver Energiesparmaßnahmen erstellt. Hierzu wird auf die Anforderungen bestehender Normen, eigene Forschungsergebnisse und auf die Erfahrungen dritter zurückgegriffen.

Im Anschluss wird die äußere Form des Expertensystems erarbeitet. Hierbei wird aus verschiedenen Darstellungsformen das geeignetste Layout ermittelt.

Die Maßnahmen und Fragen werden nun in die entsprechend Form eingearbeitet.

3 Literaturrecherche

3.1 Normen und Richtlinien zur Inspektion

In Folge der EPBD wurden mehrere europäischen Normen erarbeitet, welche die Inspektion der verschiedenen Gewerke behandeln. Dies sind:

- DIN EN 15239 Inspektion von Lüftungsanlagen [9]
- DIN EN 15240 Inspektion von Klimaanlage [10]
- DIN EN 15378 Inspektion von Kesseln und Heizsystemen [11]

Diese Normen erhalten Hinweise zu:

- Benötigte Dokumente
- Häufigkeit der Inspektion
- Inhalte der Inspektion
- Auswertung

Es wird jeweils nur ein einzelnes Gewerk bearbeitet. Die Angaben sind meist sehr vage mit Verweisen auf nationale Regelwerke. Konkrete Handlungsanleitungen wie Einsparpotenziale für verschiedene Anlagentypen identifiziert werden können fehlen. Neben diesen Normen gibt es vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. einige Arbeitsblätter zur Wartung von Lufttechnik, Heiztechnik, Kältetechnik und MSR-Technik sowie mehrere Blätter welche sich detaillierter mit Kältemaschinen und -anlagen befassen.

- VDMA 24186-1: 09-2002 Leistungsprogramm Wartung Lufttechnik [14]
- VDMA 24186-2: 01-2007 Leistungsprogramm Wartung Heiztechnik [23]
- VDMA 24186-3: 09-2002 Leistungsprogramm Wartung Kältetechnik [14]
- VDMA 24186-4: 09-2002 Leistungsprogramm Wartung MSR-Technik [15]

Diese Arbeitsblätter stellen reine Checklisten für die Wartung der Anlagen dar, auf den Betrieb wird nicht eingegangen. Insofern sind die Angaben in den VDMA-Einheitsblätter nur relevant, wenn sie Einfluss auf den Energieverbrauch der entsprechenden Anlage haben.

3.2 Forschungsberichte

Neben der einschlägigen Normung wird noch weitere Literatur analysiert. Am IGE wurden u.a. folgende Forschungsprojekte auf diesem Gebiet durchgeführt und für die Auswertung berücksichtigt:

- Schmidt, F. Stergiaropoulos, K. et. al.: REUSE-Rational Use of Energy at the University of Stuttgart Building Environment [16]
- Grob, R. Schmidt, M. Harter, J. ,Bach, H.: COURAGE – Computergestützte Überprüfung von bestehenden heiz- und raumluftechnischen Anlagen [17]
- Grob, R. Kopetzky, R. Schmidt, F.: WIMA - Wissensbasiertes Energiemanagement- eine neue Dienstleistung für mittelständische Unternehmen [18]
- Schmidt, M. Stergiaropoulos, K.: EMSLE Energie Management System für die Stadt Leinfelden-Echterdingen [19]
- Schmidt, M.; Stergiaropoulos, K.; Schmidt, F.: CAMPUS: Energie- und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung [20]

Neben den eigenen Forschungsergebnissen wurden auch Erfahrungen von anderen Forschungsarbeiten berücksichtigt. Das Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (FGK) befasst sich mit Fragen der energetischen Inspektion von Klimaanlage nach § 12 der EnEV [3].

Die Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft GBG, legt großen Wert auf einen energiesparenden Betrieb ihrer Heizungsanlagen. Eine wichtige Grundlage hierfür ist der hydraulischer Abgleich der Heizanlage, welcher in der Praxis häufig gar nicht oder unzureichend durchgeführt wird. Hier wurden bereits Erfahrungen in verschiedenen Projekten gesammelt [21] [22]. Mit Hilfe der Erfahrungen und der Literaturquellen wurde eine Maßnahmensammlung entworfen.

4 Darstellungsformen des Expertensystems

4.1 Anforderung an das Expertensystem

Das Expertensystem muss so gestaltet sein, dass es von nicht-akademischem technischem Personal mit mittlerem Ausbildungsstand angewandt werden kann. Das Betriebspersonal in den Gebäuden ist mit den Anlagen und dem Gebäude meist gut vertraut und hat ein gutes Verständnis für die Bedienung und die Funktion der technischen Anlagen. Am Verständnis für die richtige Einschätzung von Betriebsparameter und Auslegungsgrößen fehlt es allerdings häufig. Hier setzt das Expertensystem an, mit dessen Hilfe Indikatoren für Energieeinsparpotenziale ausfindig gemacht werden können. Außerdem werden Hinweise für eine Erschließung dieser Potenziale gegeben. Der Anwender wird durch das Expertensystem für mögliche Verbesserungen des Anlagenbetriebs sensibilisiert und motiviert an manchen Stellen genauer hinzuschauen (was häufig schon genügt) und Energieeinsparmöglichkeiten selbstständig zu erkennen und umzusetzen. Aus diesen Anforderungen wird die optimale Darstellungsform des Expertensystems abgeleitet.

4.2 Darstellungsmöglichkeiten des Expertensystems

Ausgehend von den Organisationstechniken aus der Arbeitswissenschaft werden Möglichkeiten zur Darstellung des Expertensystems geprüft und ausgewählt. Bei den Dokumentationstechniken haben sich das Organigramm und der Folgeplan als geeignete Darstellungsformen gezeigt. Bei den Analysetechniken erscheint die Checkliste am geeignetsten. Im Folgenden wird auf die einzelnen Möglichkeiten etwas näher eingegangen [23] [24].

4.3 Dokumentationstechniken

Die Techniken der Dokumentation eignen sich zur Darstellung von Arbeitsabläufen, insbesondere von komplexen Abläufen. Es gibt dabei 3 Formen von Darstellungsstrukturen:

- Verbale Beschreibungen (Texte)
- Beziehungsschaubilder (Verknüpfung zwischen den Elementen)
- Ablaufdarstellungen (logische Aufeinanderfolge von Vorgängen)

In der Praxis werden diese 3 Formen oft zusammen verwendet.

4.3.1 Organigramm

Ein Organigramm eignet sich um hierarchische Strukturen darzustellen. Die Pyramidenform ist kennzeichnend für das Organigramm. Das Leitthema wird oben in der 1.Ebene abgebildet. Daraus zweigen weitere Ebenen ab, sogenannte Über- und Unterordnungen, die mit dem Leitthema zusammenhängen. Bild 4-1 zeigt ein typisches Organigramm, das für das Forschungsvorhaben EXECO2 verwendet wird. Es zeigt die Einteilung der Raumluftechnik.

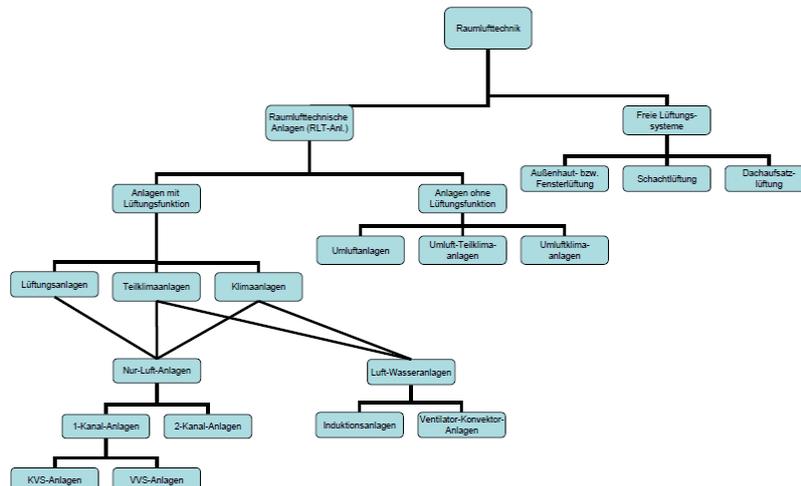


Bild 4-1: Übersicht über die Raumluftechnik

4.3.2 Folgeplan

Die Darstellung des Folgeplans unterscheidet sich vom Organigramm dadurch, dass es Verzweigungen, Zusammenführungen, Abhängigkeiten und Rückkopplungen gibt. Folgepläne eignen sich zur Darstellung von logischen und zeitlichen Ablauffolgen, auch Abhängigkeiten sind darstellbar. Für das Expertensystem EXECO2 wurde exemplarisch ein Folgeplan für die Dimensionierung der Umwälzpumpe entworfen, der im Bild 4-2 gezeigt wird.

Dimensionierung der Umwälzpumpe

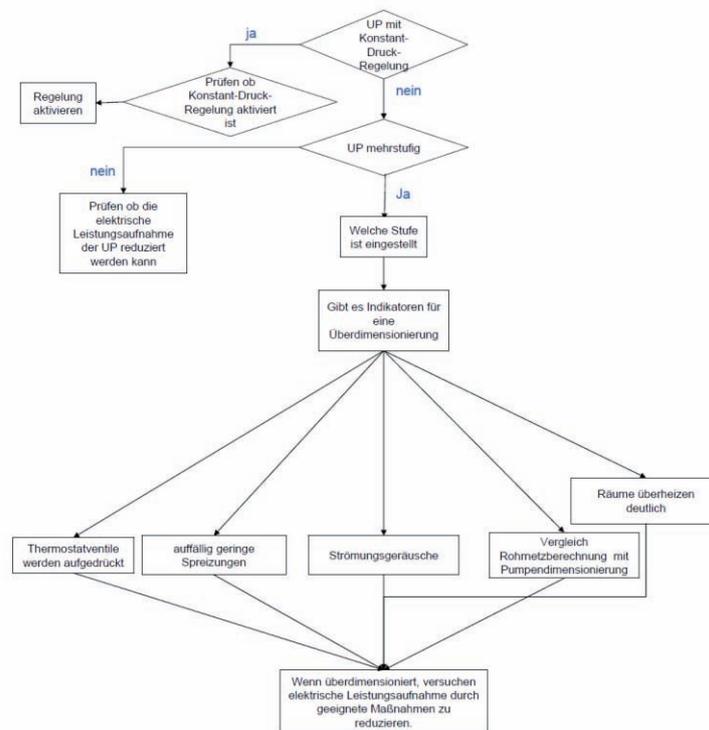


Bild 4-2: Folgeplan für die Dimensionierung der Umwälzpumpe

4.4 Analysetechniken

Analysetechniken dienen der kritischen Auseinandersetzung mit dem Ist-Zustand. Durch die Aufnahme des Ist-Zustandes werden Abweichungen, Schwachstellen und Mängel erkannt, sowie Lösungsmöglichkeiten dargestellt und realisiert.

4.4.1 Checkliste (Prüfliste)

Checklisten dienen der Erkennung von Organisations- und Routineproblemen. Durch gezielte Fragen, die der Nutzer beantworten muss, sollen Denkprozesse angestoßen sowie Lösungsansätze formuliert und ausgeführt werden. In einer Checkliste können alle verschiedenen Aspekte eines Problemfeldes dargestellt werden, die wichtig sind. Das Aussehen von Checklisten ist nicht allgemeingültig. Jede Checkliste kann an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Das Beispiel einer Checkliste zeigt Tabelle 4-1. Es handelt sich um einen Ausschnitt aus einer Checkliste für das Expertensystem EXECO2.

Tabelle 4-1: Beispiel für eine Checkliste aus EXECO2

H_V 2	Bestandsaufnahme Rohrnetz	Ja	Nein
H_V 2.1	Gibt es eine detaillierte Druckverlustberechnung und / oder eine Dokumentation des hydraulischen Abgleichs des jeweiligen Heizkreises?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hinweis wenn H_V 2.1 mit „Ja“ beantwortet wurde: Prüfen, ob die Einstellorgane und – armaturen gemäß den Berechnungen eingestellt sind. Bitte vergleichen sie die Ergebnisse der Rohrnetzberechnung speziell den Wert der Förderhöhe oder der Betriebsstufe mit den Einstellungen an den Umwälzpumpen. (Siehe Kapitel H_V 1.7 und 1.8) Weichen die Einstellungen und die Pumpenleistung von den Rohrnetzberechnungen ab, müssen diese, bzw. der hydraulische Abgleich, angepasst werden?			
		Ja	Nein
H_V 2.2	Sind seit dieser Berechnung Veränderungen am Verteilsystem vorgenommen worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn H_V 2.2 „Ja“ Beschreibung der Änderungen(z.B. neue Verbraucher angeschlossen, Verteilsystem ausgeweitet, Bereiche außer Betrieb genommen werden.)			
Hinweis wenn H_V 2.2 mit „Ja“ beantwortet wurde: Wurden Änderungen am Verteilsystem vorgenommen, muss auf jedem Fall nach Indikatoren für einen fehlerhaften hydraulischen Abgleich gesucht werden (H_V 2.3 – 2.5).			

4.5 Vergleich und Entscheidung zur Wahl der Darstellungsform

Ein Organigramm eignet sich zur übersichtlichen, hierarchischen Darstellung eines Problemfeldes. Für eine Handlungsanleitung wie sie das Expertensystem fordert, ist es ungeeignet, da es nur hierarchische Strukturen darstellen kann, ohne wirkliche Anweisungen zu geben. Nachteilig ist, dass es stark vereinfachend ist und einen hohen Pflege –und Änderungsaufwand erfordert. Bei einer Änderung eines Teigliedes müssen alle anderen Teiglieder, die mit diesem Glied zusammenhängen auch geändert werden.

Ein Folgeplan scheint da sinnvoller, jedoch hat sich der Folgeplan als schwer durchführbar beim Expertensystem erwiesen. Problematisch ist das „Durchkämpfen“ durch den Folgeplan bis zur richtigen Stelle. Zu dem kann ein Folgeplan zur Demotivation beim Nutzer führen, da eine „Ja/Nein –Entscheidung“ erforderlich ist und falls diese der Nutzer nicht beantworten kann, ist für ihn der Folgeplan unbrauchbar. Ein Folgeplan eignet sich zur Überprüfung einer einzelnen Komponente wie z.B. der Umwälz-

pumpe, jedoch ist die Darstellung eines größeren Themengebiets wie beispielsweise „Heizung-Erzeugung“ sehr schwierig bis unmöglich.

Bei einer Checkliste hingegen ist die Darstellung eines größeren Themenfeldes ohne Probleme möglich. Im Gegensatz zu einem Folgeplan kann man bei der Checkliste eine Frage auslassen, ohne dass es zu Problemen kommt.

Die Checkliste erfüllt am besten die Anforderungen des Expertensystems. Durch die Beantwortung der Fragen werden die Energieeinsparpotentiale erkannt und auch Lösungsmöglichkeiten zur Realisierung dieser Potentiale dargestellt. Die Realisierung muss der Nutzer selbständig durchführen, so dass ein Verständnis für die Problematik vorhanden sein muss. Da sich Checklisten an nicht-akademisches technisches Personal mit mittlerem Ausbildungsstand richten, wird Anforderung erfüllt. Zudem ist eine Checkliste flexibel einsetzbar, da das Aussehen von Checklisten an die Problematik angepasst werden kann, ohne dass es irgendwelcher Regeln bedarf. Dies ist ein weiterer Vorteil für die bevorzugte Nutzung von Checklisten beim Forschungsvorhaben EXECO2 [24].

5 Leitfaden zur Anwendung des Expertensystems

Dieser Leitfaden erläutert den Aufbau der Checklisten und soll den Nutzern die Arbeitsweise mit dem Expertensystem erläutern und erklären. Er wird dem eigentlichen Expertensystem vorangestellt, um den Anwender die „Bedienung“ des Expertensystems zu erläutern.

5.1 Einführung

Das vorliegende Expertensystem zur Energie- und CO₂-Einsparung dient als Leitfaden zum Auffinden von niedriginvestiven Energiesparpotenzialen durch eine Optimierung des Anlagenbetriebs. Hierbei werden die Betriebszeiten, Sollwerte, Systemtemperaturen etc. so angepasst, dass die geforderten Raumkonditionen (Temperaturen, Luftqualität, etc.) mit einem Minimum an Energieverbrauch erfüllt werden. Das vorliegende Expertensystem soll den Anwender für mögliche Einsparpotenziale sensibilisieren, und dazu ermuntern, bei den gewählten Einstellungen etc. etwas genauer hinzusehen. Aus verschiedenen Gründen, seien es wirtschaftliche oder ökologische, besteht die Notwendigkeit den Energieverbrauch zu reduzieren. Deshalb reicht es nicht mehr sich beim Betrieb technischer Anlagen eines Gebäudes damit zu begnügen, dass es keine Beschwerden seitens der Nutzer gibt. Es muss auch versucht werden, den Energieeinsatz hierzu auf ein Minimum zu reduzieren. Die beiliegenden Checklisten sollen dabei als Leitfaden für den Optimierungsprozess dienen. Die Checklisten wurden so gestaltet, dass diese auf alle Gebäude übertragbar sind. Da Gebäude und ihre technische Ausstattung sehr unterschiedlich sind, kann es passieren, dass Sie die Listen etwas anpassen und/oder erweitern müssen.

Es werden vorwiegend betriebliche Aspekte betrachtet, Empfehlungen für hochinvestive Maßnahmen, wie z.B. der Austausch von Anlagenkomponenten werden nur am Rande als Empfehlungen erwähnt. Die Wartung der Anlagen, wie sie z.B. in den VDMA-Einheitsblättern behandelt wird, wird nur betrachtet, wenn ein Einfluss auf den Energieverbrauch der Anlagen besteht.

Wichtiger Hinweis

Die üblichen Wartungs- und Inspektionsarbeiten (z.B. nach VDMA oder VDI 6022), welche dazu dienen, die Lebensdauer der Anlagen zu erhöhen, werden hier also nicht abgedeckt. Prinzipiell soll mit dem Expertensystem erst mal eine Bestandsaufnahme durchgeführt werden.

Bevor Maßnahmen an den Anlagen durchgeführt werden, also Betriebsparameter etc. verändert, muss geprüft werden ob für die Anlagen Wartungsverträge o.ä. bestehen und ob Gewährleistungsfragen dagegen sprechen diese Änderungen selbst durchzuführen.

5.2 Grundlegende Einteilung des Expertensystems

5.2.1 Gliederung des Expertensystems

Um den Inhalt des Expertensystems auf bestimmte Gebäude anpassen zu können, ist es in einzelne Dateien nach verschiedenen Bereichen aufgeteilt. Die Einteilung erfolgt in Gebäude, Heizung, Kühlung, RLT-Anlagen und Licht.

Danach wird das jeweilige Gewerk in Erzeugung, Verteilung und Nutzenübergabe unterteilt. Bei der Beleuchtung ist diese Unterteilung nicht möglich. Die MSR-Technik wird in die jeweiligen Gewerke eingebunden. Die Checklisten sind so gegliedert, dass die Fragen in der gleichen Reihenfolge auftreten, wie die jeweiligen Komponenten normalerweise im Gebäude auftauchen. Hierbei steht jedoch das Problem im Weg, dass jedes Gebäude, jede Anlage ein Einzelstück ist. Durch die Unterteilung in Gewerke ist es möglich, das Expertensystem so zu gliedern, dass nur die Anlagenteile berücksichtigt werden, die für das jeweilige Gebäude von Interesse sind. Dadurch wird vermieden, dass Sie mit Fragen konfrontiert wird, welche irrelevant sind.

Die Bezeichnung der einzelnen Teile erfolgt nach der Aufteilung in Gewerke und Subsysteme. Die Abkürzung setzt sich aus dem Anfangsbuchstaben des jeweiligen Gewerks und des Subsystems zusammen.

Gewerk:

- G=Gebäude
- H=Heizung
- RLT=Raumlufttechnik
- K=Kühlung
- L=Licht

Subsystem:

- N=Nutzenübergabe
- V=Verteilung
- E=Erzeugung

Beispielsweise ergibt sich für den Wärmeerzeuger der Heizung die Schreibweise: **H_E**. Für die einzelnen Teile gibt es

- Checklisten,
- Übersichtslisten und einen
- Anhang.

Wobei der Anhang zu einem zusammenhängenden Dokument, eine Art Begleitheft, zusammengefasst ist. Die einzelnen Dokumententypen haben die im Folgenden beschriebenen Aufgaben:

5.2.2 Checklisten

In den Checklisten werden verschiedene Fragen gestellt und mit Hinweisen versehen. Diese Checklisten dienen dazu, einzelne Systembereiche wie z.B. Heizkreise, RLT-Anlagen etc. zu analysieren. Hier erfolgen das Erfassen des Ist-Zustands und der technischen Ausstattung sowie eine Bewertung des Betriebs. Die Checkliste für die Verteilung der Heizung hat folgende Bezeichnung: **H_V_CL**.

5.2.3 Übersichtslisten

Diese Listen haben mehrere Aufgaben. Sie dienen der Gesamtübersicht über das Gebäude, bzw. dessen Anlagen, der Dokumentation von Änderungen und werden dann eingesetzt, wenn sehr viele Einzeleinheiten untersucht werden müssen (z.B. bei der raumweisen Betrachtung der Nutzenübergabe). Die Übersichtsliste Verteilung der Heizung hat folgende Bezeichnung: **H_V_Ü**.

5.2.4 Anhang

Im Anhang befinden sich umfangreichere Informationen und Handlungsempfehlungen, welche den Textfluss der Checklisten stören würden. Außerdem werden hier Bezüge zu anderen Quellen, welche u.U. veralten und dann gepflegt werden müssen hergestellt. Zu diesen Quellen gehören z.B. die EnEV [3] und verschiedene Normen, wie z.B. die DIN EN 15251 [25] und DIN EN 13779 [47]. Die Anhänge sind nicht in Subsysteme unterteilt, d.h. es gibt nur einen Anhang für Heizung, RLT-Anlagen, Beleuchtung und Kühlung. Die Bezeichnung der Anhänge lautet z.B. für die Heizung **H_A**.

Im ersten Schritt muss sich ein Überblick über die vorhandene Anlagentechnik, also die Anzahl an Wärmeerzeugern, Kälteerzeugern, Heiz- und Kühlkreisläufe, RLT-Anlagen etc. verschafft werden, um die Checklisten vorbereiten zu können. Sind in einem Gebäude z.B. 2 Wärmeerzeuger mit insgesamt 6 Heizkreisen installiert, müssen 2 Checklisten für Wärmeerzeuger und 6 Heizkreisen zusammengestellt werden. Die Dateien der Checklisten und der Übersichtslisten für die Wärmeerzeuger, RLT-Anlagen, Heizkreise etc. sollten kopiert und gemäß der Bezeichnung der Anlagen und -teile umbenannt werden.

5.3 Aufbau und „Bedienung“ des Expertensystems

Zuerst wird der Planungszustand abgefragt. Aus den verfügbaren Unterlagen (z.B. Herstellerunterlagen, Heizlastberechnungen, Rohrnetzberechnungen, Revisionsunterlagen) muss der Nutzer die Daten eintragen, welche er zur Verfügung hat. Danach erfolgt eine Überprüfung des Ist-Zustands. Ein Soll/Ist-Vergleich der gebäudetechni-

schen Anlage, der Gebäudenutzung und der Gebäudehülle wird vorgenommen um die eingetreten Änderungen zu erkennen und an der gebäudetechnischen Anlage umzusetzen. Schon aus dieser Ist-Zustand Prüfung können Energieeinsparpotentiale identifiziert werden. Die Checklisten haben die in Tabelle 5-1 dokumentierte Form und bestehen aus verschiedenen Checklisten (CL)–Typen:

Tabelle 5-1: Vorlage für die Checklisten des Expertensystems

		Ja	Nein
CL Typ 1	Einstellungen für den hydraulischen Abgleich möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CL Typ 2	Treppenhäuser a) <input type="checkbox"/> Innenliegend b) <input type="checkbox"/> außenliegend		
CL Typ 3	Bezeichnung der Lüftungszone:		
		Wert	
CL Typ 4	Wie hoch ist die Heizlast des Raums?	kW	
Hinweis 1	Hinweis:		
Hinweis 2	Nutzerhinweis:		
Hinweis 3	Umrüstpfehlung:		
Hinweis 4	Organisatorischer Hinweis:		

- CL Typ 1: Hier werden Fragen gestellt, die mit Ja oder Nein beantwortet werden müssen. Da es nicht möglich war, alle Fragen so zu formulieren, dass es genügt, ein Häkchen zu setzen, wurde diese Form gewählt.
- CL Typ 2: Diese Form kommt zur Anwendung, wenn mehrere Auswahlmöglichkeiten bestehen. Die weiterführende Nummerierung mit a), b) dient einer späteren Adressierung. D.h. wird hier „außenliegend“ ausgewählt kann später mit „CL Typ 2 b)“ darauf verwiesen werden.
- CL Typ 3: Mit diesem Typ können Fragen mit umfangreicheren Antworten abgefragt werden
- CL Typ 4: Hiermit können Zahlenwerte, Ist–Werte, Soll–Werte etc. überprüft werden.
- Hinweis 1: Erläuterungen wie die gemachten Angaben zu interpretieren sind.
- Hinweis 2: Hier werden Hinweise gegeben, die an die Nutzer des Gebäudes weitergegeben werden sollten.
- Hinweis 3: Wird bei der Untersuchung festgestellt, dass die Ausstattung nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, werden an dieser Stelle Empfehlun-

gen gegeben, worauf bei der Ersatzinvestition geachtet werden muss. Diese ergeben sich häufig als Konsequenz aus dem technischen Fortschritt.

- Hinweis 4: Unter organisatorischen Hinweisen sind Maßnahmen erfasst, auf welche die Hausverwaltung und der technische Dienst reagieren können.

In den Hinweisen zu den Fragen wird auf mögliche Energieeinsparpotentiale hingewiesen. Im Anhang befinden sich teilweise weiterführende Informationen zu den Maßnahmen.

5.4 Hinweis zur Informationsbeschaffung

Die benötigten Informationen, Einstellungen, Betriebsparameter können im Falle von Soll-Werten Revisions- und/oder Auslegungsunterlagen entnommen werden, die Ist-Werte können von Typenschildern, aus Schaltschränken, Anlagensteuerungen oder der GLT entnommen werden. Hierbei ist allerdings jedes Gebäude etwas anders, weshalb keine konkreten Angaben gemacht werden können.

5.5 Hinweise zur Kommunikation mit den Gebäudenutzern

Die Nutzer von Gebäuden reagieren sehr unterschiedlich auf Änderungen in ihrer Arbeitsumgebung, worauf bei Begehungen in den Gebäuden geachtet werden muss. Das Betriebspersonal hat häufig schon Erfahrung mit den Mitarbeitern ihrer Objekte, dennoch soll hier auf ein paar Dinge, die beachtet werden müssen, hingewiesen werden:

- gegenüber den Nutzern bei Begehungen o.ä. nie Hinweise darauf geben, dass irgendwelche Temperaturen abgesenkt, Leistungen gedrosselt, Luftvolumenströme reduziert o.ä. werden sollen. Dies könnte dazu führen, dass es zu unbegründeten Beschwerden kommt. Haben die Änderungen des Anlagebetriebs tatsächlich einen negativen Einfluss auf das Raumklima, melden sich die Nutzer.
- Werden offensichtliche Änderungen an der Anlagentechnik im Aufenthaltsbereich der Nutzer durchgeführt, z.B. wenn neue Bedienelemente eingeführt werden, muss der Nutzer darüber informiert werden. Sowohl über die Bedienung der neuen Anlagentechnik, als auch über den Grund der Änderung. Dies fördert die Akzeptanz.

6 Gebäude

6.1 Einführung zum Gebäude

Das Gebäude beeinflusst durch seine bauphysikalischen Eigenschaften und seine Nutzung die Anforderungen an den Gebäudebetrieb. Die Bauart des Gebäudes hat durch den sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz sowie durch seine thermische Speicherkapazität Einfluss auf die Betriebsparameter der Heiz- und Raumlufttechnik. Der Nutzung kommt bei der Beurteilung des Anlagenbetriebs eine besondere Rolle bei, da sie großen Einfluss auf Betriebszeiten, Sollwerte für Temperatur und Feuchte, thermische Belastungen, benötigte Außenluftströme und Anlagendimensionierung hat. Die Faktoren bestimmen den Energiebedarf im Raum, welcher die Ausgangsgröße für die Bedarfsentwicklung darstellt. Bei Änderungen des Bedarfs z.B. durch eine Nutzungsänderung oder einer Sanierung der Gebäudehülle, muss geprüft werden, ob eine Änderung des Anlagenbetriebs bzw. der Auslegungsparameter nötig ist.

6.2 Checkliste Gebäude

Die beiden Faktoren „Nutzung“ und „Gebäude“ werden im Teil „Gebäude“ näher betrachtet. Hierzu gibt es folgende Checklisten

- Checkliste G_1: Erfassen des Dämmstandards, des Baujahrs etc. des Gebäudes.
- Checkliste G_2: Übersicht der technischen Ausstattung des Gebäudes
- Checkliste G_3: Beschreibung der Nutzungszonen

6.2.1 G_1 Erfassen des Gebäudes

Im ersten Abschnitt der Gebäudecheckliste wird die Baukonstruktion des Gebäudes beschrieben.

Hinsichtlich der Wahl der optimalen Betriebsparameter spielen einige bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes eine wichtige Rolle. Diese sind

1. der Dämmstandard der Fassade,
2. der Fensteranteil der Fassade und
3. die thermische Speicherfähigkeit (Trägheit) des Gebäudes.

Eine exakte Kenntnis der Gebäudekennwerte ist für das Expertensystem nicht notwendig. Es genügt eine Schätzung um das Gebäude charakterisieren zu können und um Anhaltspunkte z.B. für die thermische Speicherfähigkeit zu haben, welche z.B. Einfluss auf die Ein- und Ausschaltzeiten der Heizung hat. Die Liste G_1 gliedert sich in folgende Unterschritte.

G_1 1 Angaben zum Gebäude

In diesem Abschnitt wird eine grobe Charakterisierung des Objektes vorgenommen. Es werden verschiedene Informationen über das Gebäude abgefragt, wie z.B. das Baujahr, Größe etc. um einen groben Überblick über das Objekt zu erhalten.

G_1 2 Dämmstandard und Bauschwere

Der Dämmstandard ist im Wesentlichen abhängig vom Alter des Gebäudes. Das Baujahr, bzw. die im Entstehungszeitraum gültige Wärmeschutzverordnung (WSVO) oder Energieeinsparverordnung (EnEV) geben ungefähr Auskunft darüber, welchen Dämmstandard das Gebäude hat. Deshalb genügt es das Baujahr bzw. die gültige Wärmeschutzverordnung anzugeben.

- DÄ_1. WSVO 77: Gebäude mit Baujahr 1977 bis 1983,
- DÄ_2. WSVO 84: Gebäude mit Baujahr 1984 bis 1994,
- DÄ_3. WSVO 95: Gebäude mit Baujahr 1995 bis 2001,
- DÄ_4. EnEV 2002: Gebäude mit Baujahr Februar 2002 bis Juli 2007,
- DÄ_5. EnEV 2007: Gebäude mit Baujahr August 2007 bis September 2009,
- DÄ_6. EnEV 2009: Gebäude ab Baujahr Oktober 2009.

Die Konstruktion eines Gebäudes kann eine verschieden starke Speicherfähigkeit, bzw. wirksame Gebäudemasse c_{wirk} haben, welche auch als Bauschwere bezeichnet wird. [DIN EN 12831 und DIN V 4801-10]. Die Unterteilung erfolgt in die drei Kategorien:

- BS_1. leicht: abgehängte Decken und aufgeständerte Böden, Wände in Leichtbauweise,
- BS_2. mittelschwer: Betondecken und -böden mit Wänden in Leichtbauweise und
- BS_3. schwer: Betondecken und -böden in Verbindung mit Mauerwerks- oder Betonwänden.

Die Bauschwere hat Einfluss auf das Aufheiz- und Abkühlverhalten des Gebäudes und damit auf die Optimierung der Betriebszeiten der Heizung. Desto schwerer das Gebäude, desto früher kann abgeschaltet werden bzw. desto früher muss am Morgen wieder eingeschaltet werden um die Soll-Temperaturen zu Nutzungsbeginn wieder zu erreichen.

G_1 3 Fenster und Sonnenschutz

Die Fenster sind für die Dämmeigenschaften der Gebäudehülle und den Eintrag von Solarstrahlung von Bedeutung. Aus diesem Grund werden der Fenstertyp, der Fensterflächenanteil und die Art der Verschattung angegeben.

Fenstertyp

- FE_1: Isolierglas,
- FE_2: 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung,
- FE_3: 2-Scheiben Sonnenschutzverglasung,
- FE_4: 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung und
- FE_5: 3-Scheiben Sonnenschutzverglasung.

Fensterflächenanteil

- FFA_1: 30% und weniger,
- FFA_2: 30–50% und
- FFA_3: 50% und mehr.

Verschattung

- VS_1: Innenliegend,
- VS_2: Außenliegend,
- VS_3: Lamellenjalousie,
- VS_4: Rollläden und
- VS_5: Stoffrollo als Blendschutz.

6.2.2 G_2 Übersicht der technischen Anlagen

Diese Übersichtsliste dient dazu, einen Überblick über den Grad und Umfang der technischen Ausstattung zu erhalten um den Aufwand für die Betriebsüberwachung abschätzen zu können.

6.2.3 G_3 Beschreibung der Nutzungszonen

Die Nutzung hat auf vielfältige Weise Einfluss auf den Betrieb von Gebäuden und technischen Anlagen. Die Nutzung hat Einfluss auf

1. Nutzungszeit, bzw. Betriebszeit der Anlagen,
2. thermische Belastungen durch Personen, Geräte und Beleuchtung,
3. stoffliche Belastungen wie Feuchte, CO₂ und evtl. freigesetzte Schadstoffe,
4. Anforderungen an die Raumtemperatur und
5. Anforderungen an die Raumluftqualität (Feuchtegehalt, CO₂-, und Schadstoffkonzentrationen).

Für die Beurteilung des Gebäudes muss berücksichtigt werden, ob Räume nicht mehr genutzt werden, oder ob sich die Belegungsdichte und die Anforderungen an das Raumklima geändert haben.

Im ersten Teil dieser Liste werden grundlegende Informationen über die Nutzungszone abgefragt, wie z.B. die Lage im Gebäude, Fläche, Belegungsdichte etc. Im

zweiten Teil werden Nutzungsänderungen und –arten abgefragt. Hinsichtlich der Nutzungsänderungen ist zu klären, ob

1. sich die Nutzung geändert hat,
2. der Raum oder die Zone nicht mehr genutzt werden oder
3. der Raum oder die Zone nur noch gelegentlich genutzt werden.

Neben diesen Kategorien, welche ja nur eine mögliche Änderung erfassen nicht aber die Art der Nutzung, muss konkreter angegeben werden, um welche Nutzungsart es sich handelt.

Da das Expertensystem für Verwaltungs- und Bürogebäude konzipiert ist, wird folgende Vorauswahl für die Nutzungen getroffen:

1. Einzelbüro
2. Gruppenbüro
3. Großraumbüro
4. Besprechung, Sitzung, Seminar
5. Kantine
6. WC und Sanitärräume
7. Verkehrsflächen
8. Lager, Technik, Archiv
9. Lager mit gefährlichen Stoffen
10. Serverraum, Rechenzentrum
11. Werkstatt, Druckerei
12. Labor
13. Bibliothek

Diese verschiedenen Nutzungstypen unterscheiden sich hinsichtlich der flächenbezogenen Wärmequellen im Raum, des erforderlichen Außenluftvolumenstroms, der Kühllast und der Sollwerte für Raumtemperatur und -feuchte.

Diese Größen spielen insbesondere für die Dimensionierung der Kühlleistung bei Klimaanlage und für die Auslegung des Luftvolumenstroms von Lüftungsanlagen eine große Rolle, weshalb Abweichungen bzw. Änderungen unter Umständen dazu führen, dass Sollwerte nicht mehr erreicht werden oder die Stofflasten nicht mehr abgeführt werden können. Im anderen Fall kann es aber auch passieren, dass die Anlagen erheblich überdimensioniert sind, was evtl. einen deutlichen Mehrverbrauch zur Folge hat.

Die folgenden Tabellen bieten einen Überblick über die Anforderungen wie sie in der DIN EN 15251 [25] und der Arbeitsstättenrichtlinie [26] definiert sind.

Tabelle 6-1: Grenzwerte für die relative Luftfeuchte gemäß DIN EN 15251 und Arbeitsstättenrichtlinie 5 (ASR 5)

Kategorie	DIN EN 15251		ASR 5	
	Grenzwert Entfeuchtung	Grenzwert Befeuchtung	Lufttemperatur	rel. Luftfeuchte
I	50 %	30 %	20 °C	80 %
II	60 %	25 %	22 °C	70 %
III	70 %	20 %	24 °C	62 %
IV	>70 %	> 20 %	26 °C	55 %

Tabelle 6-2: CO₂-Grenzwerte gemäß DIN EN 15251 und DIN EN 13779

DIN EN 15251 DIN EN 13779	Standardwert (über Außenluftkonzentration)	CO ₂ in Außenluft	CO ₂ Absolut
I/IDA 1	350 ppm	350-400 ppm	700-750 ppm
II/IDA 2	500 ppm	350-400 ppm	850-900 ppm
III/IDA 3	800 ppm	350-400 ppm	1150-1200 ppm
IV/IDA 4	1200 ppm	350-400 ppm	1550-1600 ppm

Tabelle 6-3: Erforderliche Außenluftvolumenströme gemäß DIN EN 15251

Kategorie	Luftstrom je Person in m ³ /(h*Person)	Außenluftvolumenstrom für Verunreinigungen durch Gebäudeemissionen in m ³ /(h*m ²)		
		Sehr schadstoffarme Gebäude	Schadstoffarme Gebäude	Nicht schadstoffarme Gebäude
I	36,0	1,8	3,6	7,2
II	25,2	1,3	2,5	5,0
III	14,4	1,1	1,4	2,9

Tabelle 6-4: Mindestaußenluftvolumenströme gemäß ASR 5

Kategorie	Außenluftstrom in m ³ /(h*Person)				Außenluftstrom in m ³ /(h*Person) in Toilettenräumen	
	Nichtraucher		Raucher	bei Geruchsbelästigung	Pro WC	Pro Urinal
	min	max	min	min		
sitzende Tätigkeit	20	40	30	40	30	15
nicht sitzende Tätigkeit	40	60	50	60		
schwere körperliche Arbeit	> 65		> 75	> 85		

7 Heizung

7.1 Grundlagen Heizung

Die Bewertung der Heizung erfolgt nach der Bedarfsentwicklungsmethode. Diese unterteilt das Heizsystem in die Subsysteme Nutzenübergabe, Verteilung und Erzeugung. Die Entwicklung bzw. Ermittlung des Energiebedarfs erfolgt dabei entgegen der Richtung des Energieflusses. Das Bild 7-1 stellt die Bedarfsentwicklung schematisch für die Heizung dar, wobei diese Methode auch auf die Gewerke Kühlung und RLT- Anlagen übertragbar ist.

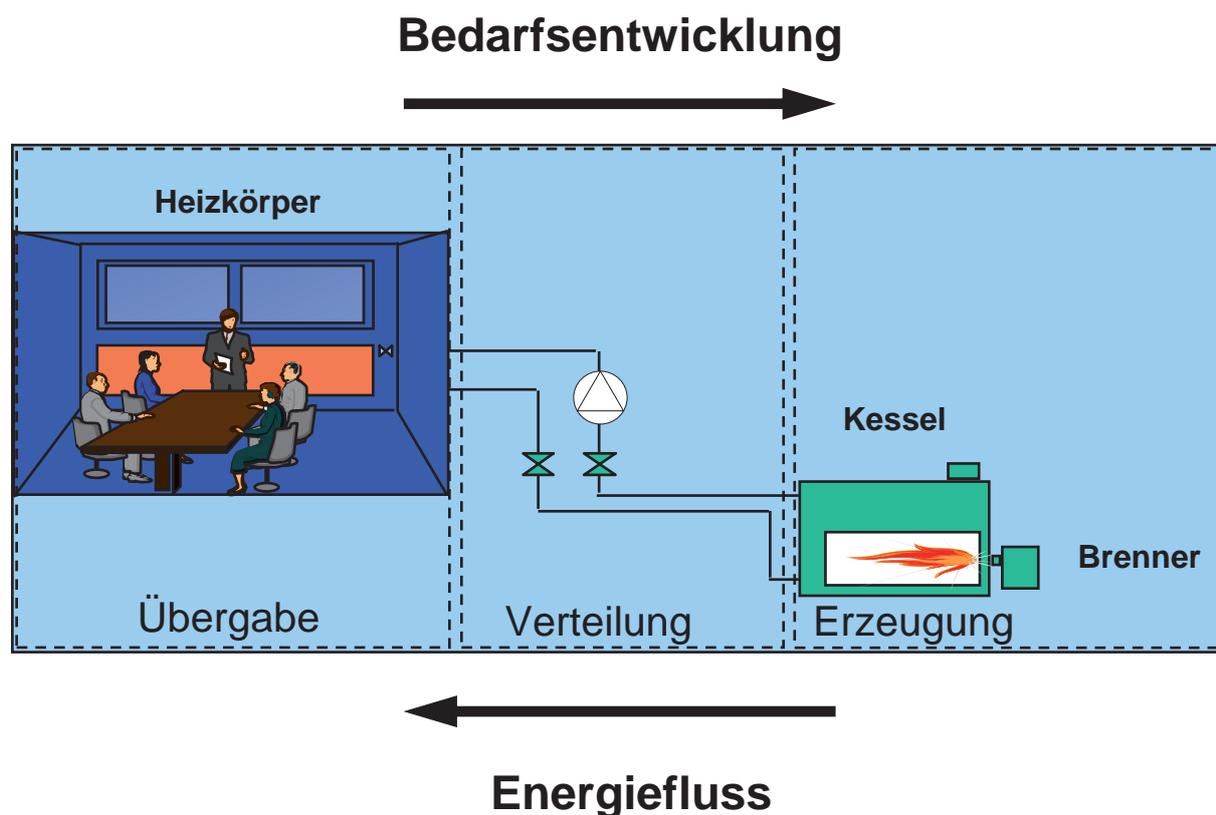


Bild 7-1: Bedarfsentwicklung der Heizanlage

Um den Endenergiebedarf zu ermitteln, wird der Nutzenergiebedarf des Raumes, also der Energiebedarf der nötig ist um den Raum auf Solltemperatur zu heizen, mit den Aufwandszahlen für die Subsysteme Nutzenübergabe, Verteilung und Erzeugung bewertet. Die Aufwandszahlen ergeben sich aus dem Quotient des Aufwands des jeweiligen Bereichs durch den Aufwand des in der Bedarfsentwicklung vorgelagerten Bereichs. Die Aufwandszahlen $e_{1,i}$, $e_{2,i}$ und $e_{3,i}$ berechnen sich nach den Gleichungen (7-1) bis (7-3) [27].

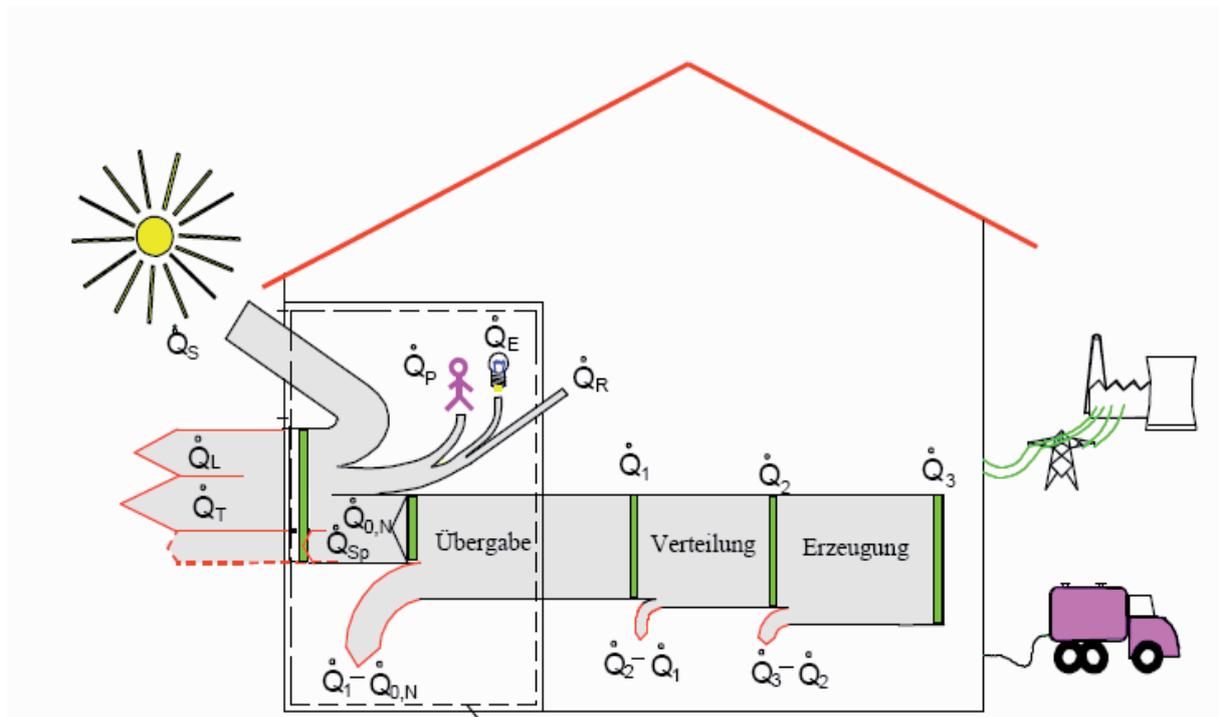


Bild 7-2: Energiebilanz gemäß dem Vorgehen der Bedarfsentwicklungsmethode

$$e_{1,j} = \frac{\dot{Q}_{0,N}}{\dot{Q}_1} \quad (7-1) \quad e_{2,j} = \frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}_2} \quad (7-2) \quad e_{3,j} = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_3} \quad (7-3)$$

Mit

$\dot{Q}_{0,N}$	Heiz- oder Kühllast des Raums in W/m ²
\dot{Q}_1	Leistung die dem System der Nutzenübergabe zur Verfügung gestellt wird in W/m ²
\dot{Q}_2	Nutzenergieabgabe des Erzeugers in W/m ²
\dot{Q}_3	Dem Erzeuger zugeführte Leistung in W/m ²
$e_{1,j}$	Aufwandszahl Nutzenübergabe
$e_{2,j}$	Aufwandszahl Verteilung
$e_{3,j}$	Aufwandszahl Erzeugung

Der Endenergiebedarf $Q_{i,f}$ ist das Integral des Produkts aus den Aufwandszahlen mit der Heiz- bzw. Kühllast des Raumes über den Zeitraum der Betriebsstunden der Anlage. Der Endenergiebedarf beschreibt den Energieinhalt des dem Erzeuger zugeführten Energieträgers.

$$Q_{j,f} = e_{1,j} \cdot e_{2,j} \cdot e_{3,j} \cdot \int_0^t \dot{Q}_{0,N} dt \quad (7-4)$$

Mit

$Q_{j,f}$ Endenergiebedarf des Systems i in Wh/m²

Das Vorgehen beim Ermitteln des theoretischen und rechnerischen Bedarfswertes kann mehr oder weniger auch auf die Entwicklung des realen Endenergieverbrauchs in Bestandsgebäuden übertragen werden. So werden durch hohe Aufwände bei der Nutzenübergabe hohe Endenergieverbräuche am Erzeuger verursacht. Die hohen Aufwände werden z.B. verursacht durch schlecht funktionierende Raumtemperaturregelung als Folge eines ungenügenden hydraulischen Abgleichs, durch hohe Regelabweichungen aufgrund falscher Ist-Wert Erfassung etc. Bei einer korrekten Dimensionierung des Subsystems Erzeugung könnten diese Mehrverbräuche zwar häufig verhindert werden, aber meist wird den Heizflächen als Folge der gängigen Auslegungsverfahren und fehlerhafter Parametrierung zu viel Heizleistung zur Verfügung gestellt. Werden die Mehraufwände bei der Nutzenübergabe gesenkt kann eine Überdimensionierung der Erzeugung weitestgehend ausgeregelt werden. Entgegen der Bedarfsberechnung gibt es im realen Anlagenbetrieb eine gegenseitige Beeinflussung der Subsysteme in beide Richtungen. D.h. betriebliche Fehler im Bereich der Erzeugung wirken sich auch auf die Verteilung und Nutzenübergabe aus. Im Folgenden wird eine Kategorisierung der unterschiedlichen Subsysteme vorgestellt, zusammen mit den gängigsten technische Lösungen.

7.2 Nutzenübergabe der Heizung

7.2.1 Übersicht über Systeme der Nutzenübergabe

Als System der Nutzenübergabe wird der Teil der Heizanlage bezeichnet, welcher die Wärme an den Raum, in welchem eine bestimmte Anforderung, der Sollwert der Raumtemperatur erfüllt werden muss, übergibt. Außerdem wird die zugehörige Regeleinrichtung noch diesem Subsystem zugeordnet. Im Folgenden werden die üblichen Systeme der Nutzenübergabe kurz beschrieben, allerdings werden nur Heizflächen betrachtet. Luftherwärmer und Induktionsgeräte werden im Kapitel RLT-Anlagen betrachtet.

Bild 7-3 zeigt die Kategorisierung von Systemen der Nutzenübergabe im Heizfall.

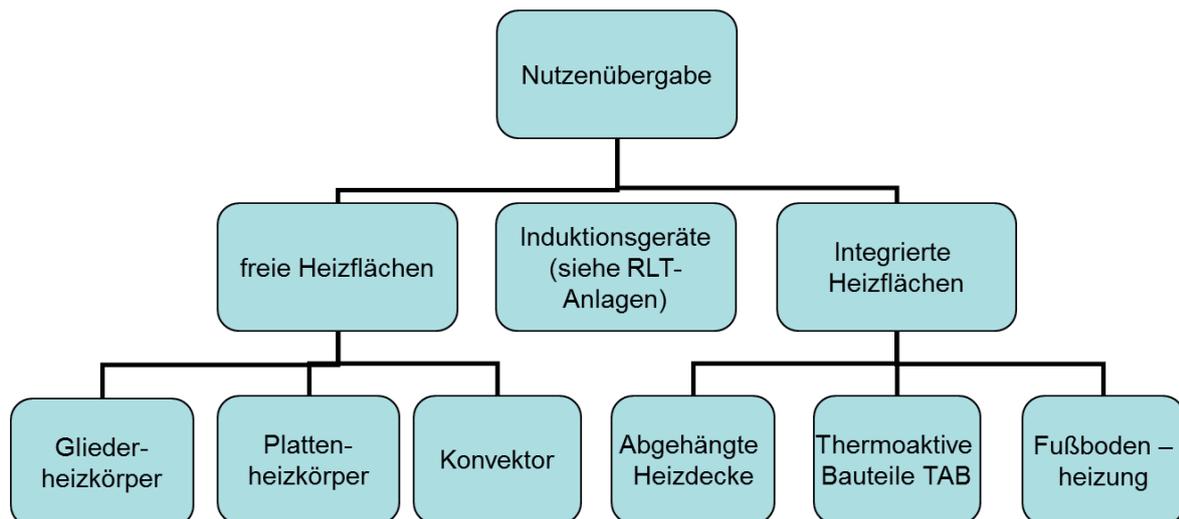


Bild 7-3: Technische Lösungen zur Nutzenübergabe

Die Hauptunterteilung erfolgt in freie und integrierte Heizflächen, die ebenfalls aufgeführten Induktionsgeräte werden dem Gewerk RLT-Anlagen zugeordnet und deshalb hier nicht näher betrachtet. Im Folgenden werden die einzelnen Systeme kurz Charakterisiert.

7.2.2 Freie Heizflächen

Glieder- und Plattenheizkörper

Dies ist die in Deutschland am weitesten verbreitete Form der Nutzenübergabe im Heizfall. Die Heizkörper unterscheiden sich dabei im Wesentlichen bzgl. ihres Strahlungsanteils und ihrer Speichermasse. Gliederheizkörper sind meist etwas schwerer und haben einen höheren Strahlungsanteil als Plattenheizkörper.

Die Leistungsregelung erfolgt meist mittels Massenstromdrosselung, wozu ein Thermostatventil eingesetzt wird.

Konvektoren

Konvektoren haben, wie der Name schon sagt, einen hohen Anteil an konvektiver Wärmeabgabe. Für eine korrekte Funktion des Konvektors ist es nötig, dass dieser gut von Luft umströmt wird. Konvektoren haben meist eine geringere Speicherkapazität als Gliederheizkörper, die Leistungsregelung erfolgt meist ebenfalls mittels Thermostatventilen.

7.2.3 Integrierte Heizflächen

Abgehängte Heizdecken

Heizdecken sind mit Rohrmäandern aktivierte, abgehängte Decken, die es aus verschiedenen Materialien und in verschiedenen Bauarten gibt. Die Decken sind entweder mit einer Gips- oder Metallplatte versehen, wobei Metall aufgrund seiner guten Wärmeleitung geeigneter erscheint. Das Problem bei abgehängten Heizdecken ist jedoch, dass der Mensch einen warmen Kopf als unangenehm empfindet, weshalb

Heizdecken nur mit geringen Übertemperaturen, also auch Heizleistungen, betrieben werden können.

Thermische Bauteilaktivierung

Thermische Bauteilaktivierungen (TBA) werden erst seit wenigen Jahren eingesetzt. Bei diesem System werden wasserdurchströmte Rohre in der Rohbaudecke einbetoniert.

Da die Rohre in der Mitte der Decke liegen, steht eine große Speicherkapazität zur Verfügung. Ein Vorteil dieses Systems liegt in den geringen Vorlauftemperaturen, was vor allem beim Einsatz von Wärmepumpen oder Umweltenergien einen positiven Einfluss auf die Erzeugung hat. Ein weiterer Vorteil ist, dass man aufgrund der großen Speichermasse die „Beladung“ des „Speichers“ zeitlich vom Wärmebedarf des Gebäudes entkoppeln kann. D.h. man kann z.B. die Decken in der Nacht aufheizen um einen günstigen Stromtarif zu nutzen und hat am Tag warme Deckenflächen als Heizung zur Verfügung.

Allerdings haben diese Systeme aufgrund der großen Masse einen großen Nutzenübergabeaufwand und nur eine kleine Leistungsdichte, weshalb keine Aufheizreserven o.ä. vorhanden sind. Außerdem ist die Regelung der Anlage sehr schwierig, da die Decken bereits im Voraus aufgeheizt werden müssen. Aus diesem Grund empfehlen sich diese Systeme in erster Linie zur Deckung der Grundlast.

Fußbodenheizung

Fußbodenheizungen (FBH) haben eine große wärmeübertragende Fläche, weshalb sie mit geringeren Vorlauftemperaturen betrieben werden als Heizkörper. Es gibt zwei wesentliche Unterschiede im Aufbau, nämlich nass- und trockenverlegte Systeme. Bei Nasssystemen sind die wasserführenden Rohre im Estrich verlegt, bei trockenen Systemen in der Wärmedämmung oder ähnlichem. FBH haben eine große Wärmekapazität und sind deshalb schlecht regelbar und können nur langsam auf Laständerungen reagieren. Aufgrund der geringen Leistungsreserve eignen sie sich auch nur schlecht für Absenkbetrieb.

7.3 Verteilung bei der Heizung

Die Verteilung hat die Aufgabe das Heizmittel vom Wärmeerzeuger zu den Heizflächen zu transportieren. Bild 7-4 zeigt eine Einteilung der möglichen technischen Lösungen für die Verteilung. Die Art des Rohrnetzes unterscheidet sich in 1- und 2-Rohrsysteme. Letztere können in Normalverlegung oder nach Tichelmann verlegt sein. Der Antrieb für das Heizmittel kann entweder von einer Umwälzpumpe (Pumpenwarmwasserheizung) oder durch unterschiedliche Temperaturen, also Thermik (Schwerkraftwarmwasserheizung) verursacht werden, wobei letztere kaum noch Verwendung findet.

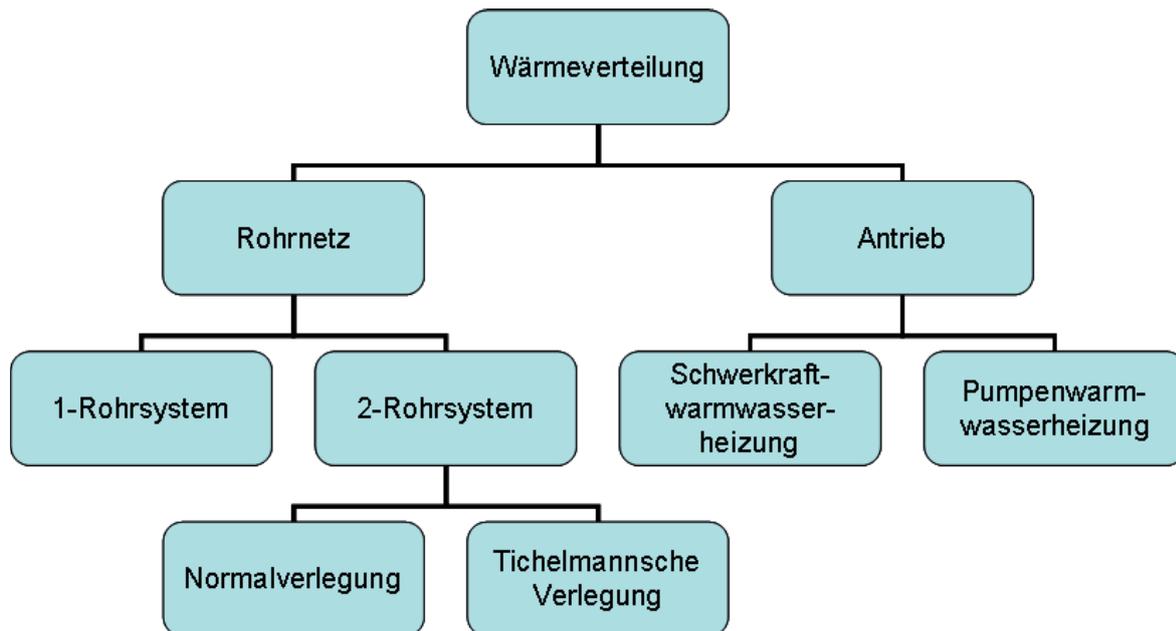


Bild 7-4: Wärmeverteilung [28]

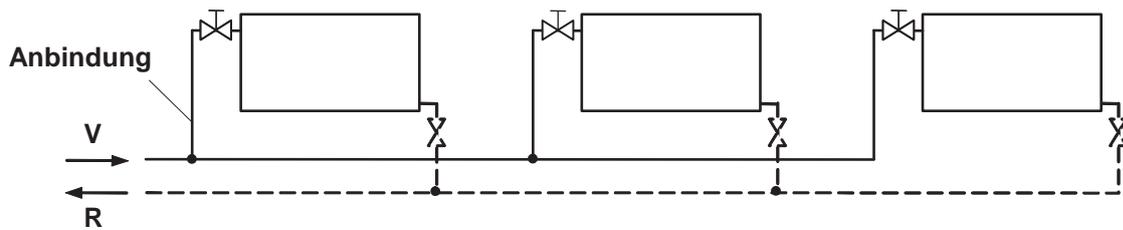
7.3.1 Grundsaltungen der Verteilung

1-Rohranschluss

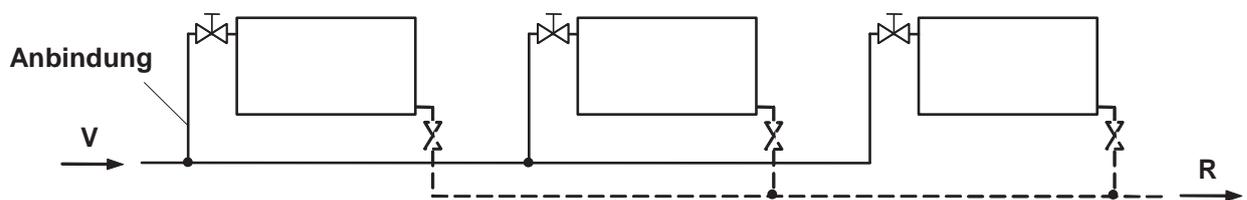
Eine Verteilung nach dem 1-Rohrsystem ist nur noch selten zu finden. Bei diesem System werden der Vor- und der Rücklauf der Heizflächen im gleichen Rohr geführt (siehe Bild 7-5 c). D.h. es ist eine Reihenschaltung der Heizflächen mit der Folge, dass die Vorlauftemperatur an den Heizflächen unterschiedlich ist. Dies ist bei der Auslegung zu beachten.

2-Rohranschluss

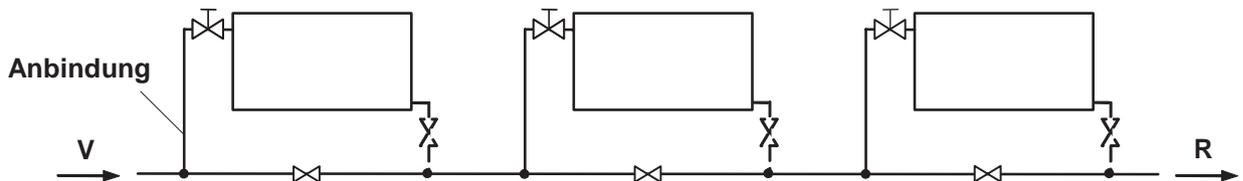
Das 2-Rohrsystem gleicht einer Parallelschaltung der Heizflächen. D.h. dass jeder Heizkörper die gleiche Vorlauftemperatur erhält (wenn man die Verluste im Rohr außer Acht lässt). Ein 2-Rohrsystem kann in Normal- oder in Tichelmannverlegung ausgeführt sein. Beispiele für die Schaltungen sind in Bild 7-5 a) (Normalverlegung) und Bild 7-5 b) (Tichelmann) dargestellt.



a) Zweirohranschluss mit Normalverlegung



b) Zweirohranschluss mit Tichelmann'scher Verlegung



c) Einrohranschluss

Bild 7-5: Grundsaltungen für Anschluss- und Verlegearten [28]

7.3.2 Differenzdruck-Wegdiagramme

In einem Differenzdruck-Wegdiagramm wird der Verlauf des Drucks über der Länge dargestellt. Neben dem längenabhängigen Druckabfall in den Rohren sind auch die Armaturen dargestellt. Für die drei beschriebenen Anschluss- und Verlegearten sind die Diagramme in Bild 7-6 dargestellt.

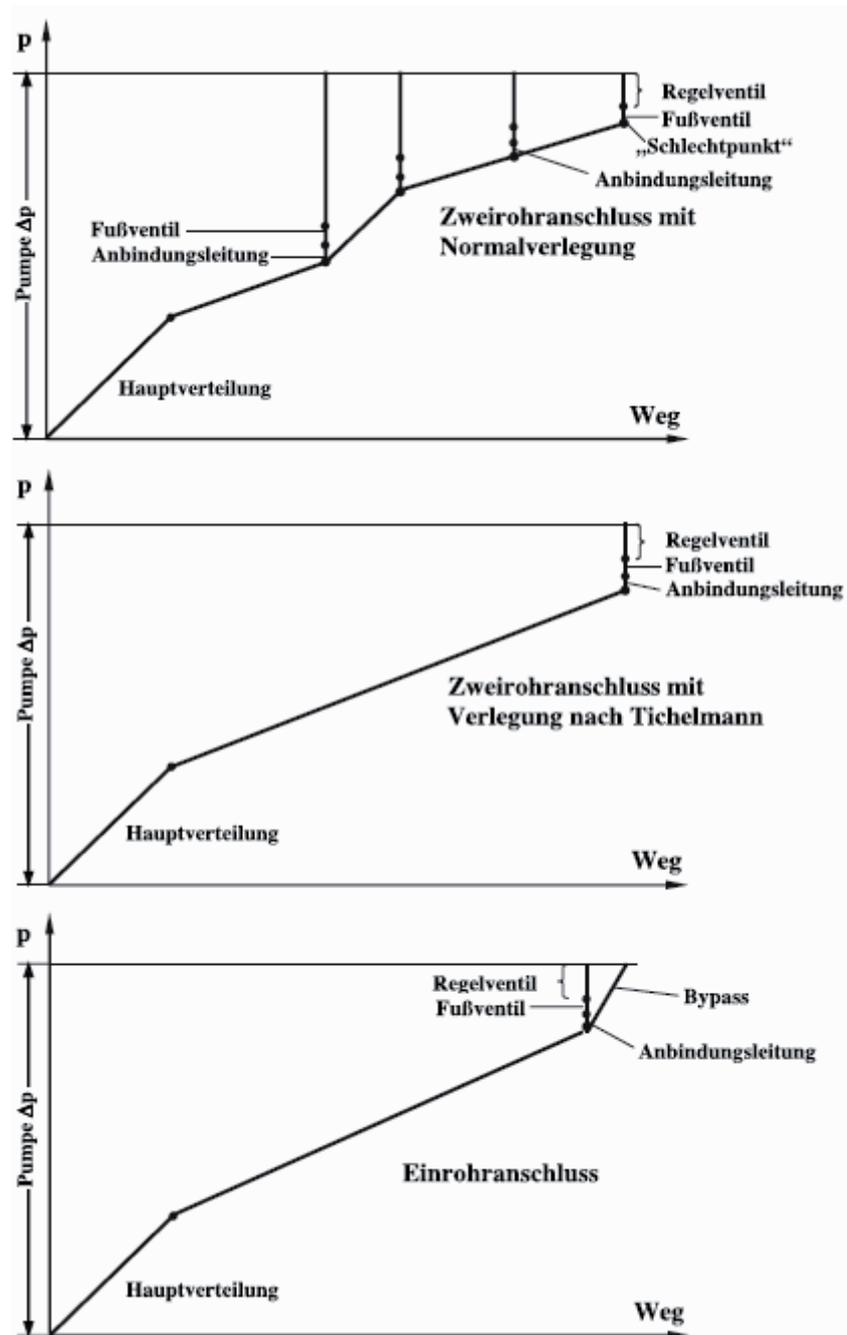


Bild 7-6: Differenzdruck-Wegdiagramm der verschiedenen Schaltungen [28]

7.4 Erzeugung bei der Heizung

Das Subsystem Erzeugung stellt die benötigte Heizleistung zur Verfügung. Die Hauptunterteilung erfolgt dabei in die Anzahl der vorhandenen Einsatz- und Zielenergien. Als Einsatzenergie kann z.B. ein fossiler Energieträger, Strom, Solarstrahlung oder Fernwärme dienen. Mögliche Zielenergien sind Heizwärme und Strom. Die Anzahl von Einsatz- und Zielenergien hat dabei Einfluss auf die Komplexität der Anlage und die Betriebsführung. In Bild 7-7 ist eine Systematik zur prinzipiellen Einteilung der Wärmeerzeuger dargestellt.

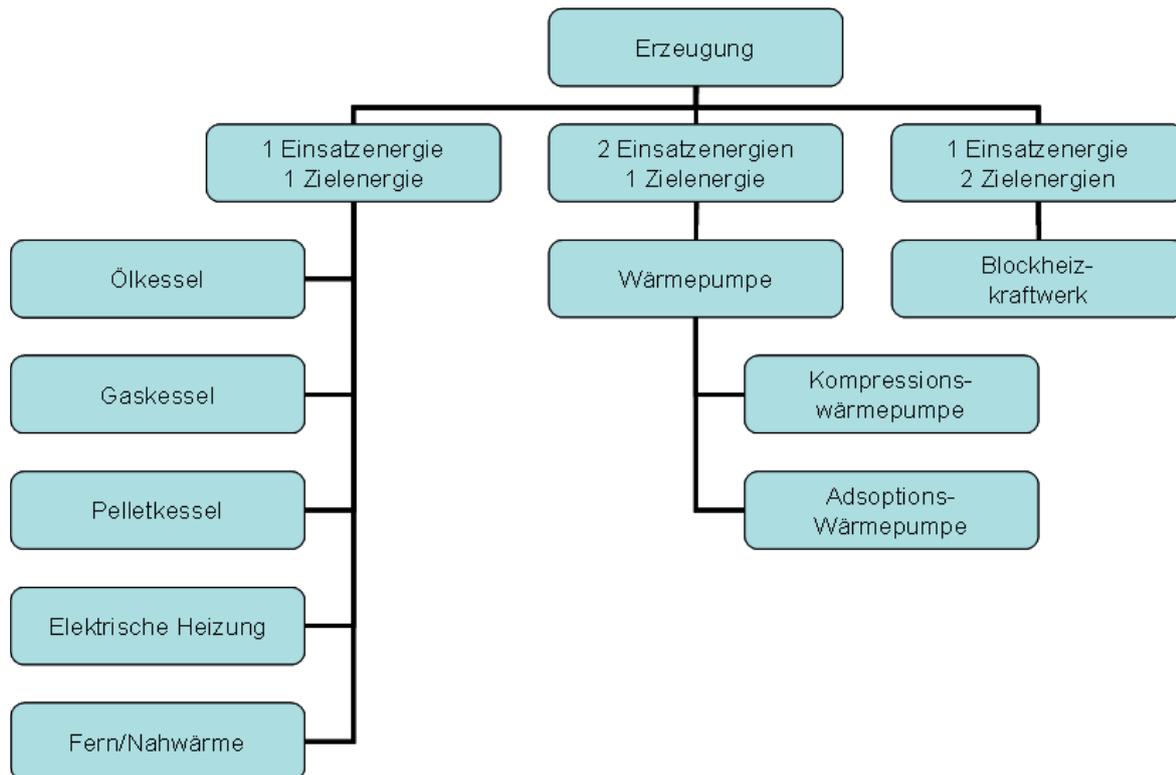


Bild 7-7: Kategorien der Wärmeerzeugung

7.4.1 Erzeuger mit einer Einsatzenergie und eine Zielenergie

Dieser Typ von Wärmeerzeuger ist der am weitesten verbreitete. Heizkessel mit gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoff haben eine sehr einfache Technik und zeichnen sich durch eine einfache, ausgereifte Technik aus. Die elektrische Heizung hat aufgrund des deutschen Strommixes eine sehr schlechte CO₂-Bilanz und sehr hohe Verbrauchskosten. Fern/Nahwärme ist nur in Städten mit einem entsprechenden Wärmenetz verfügbar. Die Technik im Gebäude ist dabei recht einfach. Die Wärmeübergabestation besteht dabei im Wesentlichen aus einem Wärmetauscher und den dazugehörigen MSR-Technik.

7.4.2 Erzeuger mit zwei Einsatzenergien und einer Zielenergie

Zu dieser Kategorie zählt die Wärmepumpe. Neben ihrer eigentlichen Antriebsenergie (Strom oder Gas bei Kompressionswärmepumpen und Wärme bei Ad- oder Absorptionswärmepumpen) noch eine Umweltenergie, z.B. die Außenluft, Erdwärme oder Wasser. Mit Kompressionswärmepumpen können hohe Jahresarbeitszahlen erreicht werden. Die Leistungszahlen von Ad- oder Absorptionswärmepumpen sind deutlich niedriger als bei Kompressionswärmepumpen, der Vorteil ist jedoch, dass als Hauptenergieträger lediglich Wärme nötig ist, egal aus welcher Quelle. Der Vorteil von Wärmepumpen ist, dass sie – je nach Modell – auch zur Wärmeversorgung eingesetzt werden können.

7.4.3 Erzeuger mit einer Einsatzenergie und zwei Zielenergien

Diese Art der Erzeugung erfolgt in sog. Blockheizkraftwerken (BHKW). Meist wird mittels eines Gasmotors und eines Generators Strom und Wärme erzeugt. Da eine solche Anlage nur wirtschaftlich betrieben werden kann, wenn sie auf möglichst viele Betriebsstunden kommt, werden BHKWs meist auf die Wärmegrundlast ausgelegt. Für die Spitzenlast wird deshalb meist ein weiterer Wärmeerzeuger benötigt. In den weiteren Kapiteln wird der Inhalt der Checklisten grob umrissen. Die detaillierten Checklisten befinden sich im Anhang.

7.5 Checkliste Heizung_Nutzenübergabe H_N

7.5.1 H_N 1 Erfassen des Nutzenübergabesystems

Im Folgenden werden die Checklisten für die Nutzenübergabe beschrieben, die eigentlichen Checklisten befinden sich im Anhang. Neben den Fragen zu Nutzungsänderungen etc. wird im ersten Teil der Checkliste die technische Ausstattung des Gebäudes erfasst. Die in der Checkliste möglichen Definitionen für Nutzenübergabesysteme sind

- Heizkörper,
- Unterflurkonvektoren,
- Fußbodenheizung,
- Induktionsgeräte,
- Heizdecke,
- Thermische Bauteilaktivierung und
- Umluftgerät (Fan Coil).

Induktionsgeräte und Umluftgeräte sind zwar Bestandteil der Lufttechnik, werden aber aus praktischen Gründen bereits in dieser Checkliste mit erfasst. Für die Einzelraumregelung sind folgende Auswahlmöglichkeiten möglich:

- THV mit eingebauten Fühler,
- THV mit externen Fühler,
- elektronischer Regler,
- programmierbares THV mit Hilfsenergie,
- Regelung über Lüftungsanlage und
- keine Einzelraumregelung vorhanden.

Zusätzlich ist jeweils ein Feld für sonstige Einträge vorgesehen.

7.5.2 H_N 2 Bewerten der Nutzenübergabe

Nach der Erfassung der Ausstattung erfolgt die Suche nach möglichen Fehlern bzw. Energiesparmaßnahmen. Die Fehler in diesem Bereich entstehen teilweise als Folge von Fehlern in der Verteilung, weshalb in der Nutzenübergabe höchstens Symptome für diese Fehler erkannt werden können. Außerdem wird der Bereich Einzelraumregelung hier mit behandelt, also alles was sich im Raum beim Nutzer abspielt.

Im ersten Teilbereich werden ganz offensichtliche „Mängel“ des Heizkörpers erfasst, wie starke Verschmutzung und eine ungünstige Einbausituation, welche die korrekte Wärmeabgabe des Heizkörpers verhindern würde. Gibt eine Heizfläche ihre Wärme nicht korrekt ab, kann es passieren, dass der Raum nicht richtig warm wird. Hier besteht die Gefahr, dass das Betriebspersonal mit einer Anhebung der Vorlauftemperatur oder des Heizmittelmassenstroms reagiert. Dies führt häufig zu Mehrverbräuchen. Desweiteren wird nach Indikatoren für einen mangelhaften hydraulischen Abgleich gesucht. Mögliche Indikatoren hierbei sind

- Strömungsgeräusche,
- Auffällig hohe oder geringe Temperaturspreizungen,
- Räume, die von der Heizungsanlage weit entfernt sind, werden nicht warm,
- THV voreinstellbar, aber überall auf einheitlicher Stufe (z.B. N oder 8),
- Rücklaufverschraubungen überall ganz offen oder
- werden Thermostatventile „aufgedrückt“.

Ein weiterer, wesentlicher Aspekt der Nutzenübergabe ist die Regelung der Heizflächen und die damit verbundene MSR-Technik. Mögliche Verbesserungspotenziale bzw. Probleme in diesem Bereich ergeben sich aus

- schlecht positionierten Temperaturfühlern,
- schlecht zugänglichen Sollwertverstellern und –anzeigen,
- unpassender, fest eingestellter Sollwerte und
- defekte Stellglieder etc.

Aus den so erkannten Fehlern ergeben sich bestimmte Empfehlungen, wie z.B. das versetzen von Temperaturfühlern.

Die Anschlussstellen und Stellglieder der Heizflächen und Verbraucher stellen die Schnittstellen zum Subsystem Verteilung dar, welches im Folgenden behandelt wird.

7.5.3 Hinweise für die Raumtemperatursollwerte im Heizfall

Der Wesentliche Regelparameter bei der Nutzenübergabe im Heizfall ist der Sollwert der Raumtemperatur. Hierfür gibt es prinzipiell zwei Normen bzw. Richtlinien, Die DIN EN 15251 [25] und die Arbeitsstättenrichtlinie [26]. Für die Erstgenannte zeigt Tabelle 7-1 die Anforderungen und für die Zweitgenannte die Tabelle 7-2.

Tabelle 7-1: Sollwerte für die operative Raumtemperatur nach DIN EN 15251 in Büroräumen im Heizfall [25]

Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	Temperaturbereich für die Heizung, °C Bekleidung ~1 °C clo
Wohngebäude, andere Räume (Küche, Lagerräume usw.) Stehende, gehende Aktivitäten	I	18 °C-25 °C
	II	16 °C-25 °C
	III	14 °C-25 °C

Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	Temperaturbereich für die Heizung, °C
~1,5 met		
Büros und ähnlich genutzte Räume (Einzelbüros, Bürolandschaften, Konferenzräume, Hör- bzw. Zuschauersäle, Cafeterien, Restaurants Klassenräume, Sitzende Aktivitäten ~1,2 met	I	21 °C-23 °C
	II	20 °C-24 °C
	III	19 °C-25 °C

Tabelle 7-2: Sollwerte für die operative Raumtemperatur im Heizfall nach Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6 [26]

Überwiegende Körperhaltung	Arbeitsschwere		
	leicht	mittel	schwer
Sitzen	20 °C	19 °C	-
Stehen, Gehen	19 °C	17 °C	12 °C

Der Sollwert der Raumtemperatur kann bei elektronischen Reglern direkt als Zahl eingestellt werden (je nach technischer Ausstattung im Raum oder - bei größeren Räumen – in der GLT). Die Sollwert-Skala von Thermostatventilen gibt meist keine Temperatur an, sondern eine Stufe zwischen 1 und 5. Wobei für normale Aufenthaltsbereiche die Stufe 3 gewählt werden sollte. In Lagerräumen und anderen Räumen, welche nicht dem ständigen Aufenthalt von Personen dienen genügt die Stufe 1. Zur besseren Übersicht zeigt Tabelle 7-3 eine „Übersetzungsliste“ zwischen der Stufe des Thermostatventils und des Sollwerts der Raumtemperatur. Die Werte gelten annähernd für alle THV-Modelle. Der Raumtemperatursollwert für die kleinste und die größte Stufe ist normativ festgelegt [58]. Abweichungen zwischen Raumtemperatursollwert laut Hersteller und der tatsächlichen Raumtemperatur können z.B. aus Messungenauigkeiten des Fühlers resultieren, der durch Wärmequelle o.ä. beeinflusst wird.

Tabelle 7-3: Zusammenhang zwischen Temperatursollwert und THV-Stufe [58]

THV-Stufe	Raumtemperatur-Sollwert
*	5 - 12 °C
1	12 °C
2	16 °C
3	20 °C
4	24 °C
5	28 (≤32 °C)

7.6 Checkliste Heizung_Verteilung H_V

Die vollständigen Checklisten zur Verteilung befinden sich im Anhang. In diesem Teil wird die Umwälzpumpe mit ihrer Dimensionierung und Einstellung und die Rohrleitungen mit ihrem hydraulischen Abgleich behandelt. Begonnen wird mit der Umwälzpumpe.

7.6.1 H_V 1 Umwälzpumpe

Im ersten Abschnitt erfolgt die Zuordnung der Umwälzpumpe (UP) zu einem bestimmten Wärmeerzeuger, Heizkreis und/oder Nutzungszone. Anschließend wird erfasst um welches Modell, mit welcher Leistung es sich handelt und welche Betriebsstufe eingestellt ist. Dies ist wichtig, da die UP in Rohrnetzen meist stark überdimensioniert sind. Ursachen hierfür sind der bereits beschriebene mangelnde hydraulischen Abgleich und ein hoher Sicherheitsfaktor bei der Auswahl der Pumpe bzw. der Betriebsstufe. Die Aufgabe der Heizungsanlage, also das Sicherstellen einer behaglichen Raumtemperatur im Heizfall, wird auch bei einer überdimensionierte UP erfüllt, weshalb dies nicht als Fehlfunktion wahrgenommen wird. Allerdings besteht ein großes Einsparpotenzial durch die genaue Anpassung der Pumpenleistung an den tatsächlichen Bedarf.

Eine Überdimensionierung hat folgende mögliche Auswirkungen und Indikatoren:

- Anstieg des Druckverlustes im Rohrnetz aufgrund des höheren Massenstroms und der höheren Strömungsgeschwindigkeit
- Als Folge daraus erhöhter Aufwand an elektrischen Strom für die UP
- Schlechtes Regelverhalten der Thermostatventile
- Hohe Leistungsreserven an den Heizflächen
- Geringe Temperaturspreizungen, hohe Rücklauftemperatur
- Strömungsgeräusche

Die EnEV fordert für Zentralheizungen mit mehr als 25 kW Nennleistung, dass bei Ersteinbau oder Austausch Umwälzpumpen eingesetzt werden, die ihre elektrische Leistungsaufnahme selbsttätig dem betriebsbedingten Förderdruck in mindestens drei Stufen anpassen. Solche UP können sich auf verschiedene Betriebspunkte einstellen, weshalb der Massenstrom nicht nur infolge der Drosselung der THV reduziert wird, sondern auch durch die Konstant-Druck-Regelung der Pumpenleistung. Deshalb muss auch überprüft werden, welcher Pumpentyp eingebaut ist und worauf bei einem Austausch zu achten ist.

Maßnahmen zur Optimierung

Bei mehrstufigen UP welche auf die höchste Stufe eingestellt sind kann „auf Verdacht,“ ausprobiert werden, ob der Betrieb auch in einer niedrigeren Betriebsstufe möglich ist. Gleiches gilt für Pumpen mit einstellbarer Förderhöhe. Hierzu sollte eine

kalte Phase in der Heizperiode gewählt werden um Beobachten zu können, wie sich die Änderung der Betriebsstufe im Auslegungsfall auswirkt.

Bei UP mit Automatikmodus (Konstant-Druck Regelung) muss überprüft werden, ob dieser Modus eingeschaltet ist, bzw. weshalb er außer Betrieb ist.

Manche UP bieten die Möglichkeit einen automatisierten Nachtabenmodus zu aktivieren. Auch hier sollte überprüft werden ob dieser aktiv ist.

7.6.2 H_V 2 Betrieb der UP des Heizkreises

Neben der Dimensionierung bzw. der Senkung der Leistungsaufnahme der UP ist die Reduzierung der Betriebszeit eine weitere Möglichkeit zur Energieeinsparung. Ist die UP mit dem Wärmeerzeuger in Reihe geschaltet erfolgt die Optimierung der im Folgenden behandelten Parameter im Kapitel „Wärmeerzeugung“. Im Falle einer Reihenschaltung sollte jedoch geprüft werden, ob die Schaltung tatsächlich funktioniert, also ob die UP außer Betrieb ist, wenn der Wärmeerzeuger außer Betrieb ist. Sind an einem Wärmeerzeuger mehrere Heizkreise angeschlossen, erfolgt die Steuerung und Regelung für jeden Heizkreis separat, über dessen UP, Regel-, Mischventile etc. Die Parameter welche überprüft werden müssen, wenn die Steuerung über den jeweiligen Heizkreis läuft, sind:

- die Betriebszeit,
- die Heizgrenztemperatur,
- die Heizkurve und
- andere Parameter.

Identifikation zu langer Betriebszeiten

Ist ein Betriebsstundenzähler vorhanden, sollte überprüft werden ob dieser auffällig lange jährliche Laufzeiten erkennen lässt. Dazu sollte der Stand des Betriebsstundenzählers erfasst und in einem geeigneten Zeitintervall, z.B. monatlich, dokumentiert werden. So kann beispielsweise aufgrund auffällig hoher Betriebszeiten in den Sommermonaten ein mögliches Potenzial zur Energieeinsparung identifiziert werden. Bei der ersten Begehung der Anlage kann sich ein grober Überblick verschafft werden in dem man die gesamten Betriebsstunden in Verhältnis zu den Betriebsjahren setzt. Unabhängig von dieser Betrachtung sollten jedoch immer auch die eingestellten Betriebsparameter (Grenztemperaturen usw.) überprüft werden.

7.6.3 H_V 3 Hydraulischer Abgleich

Das bei der Verteilung am häufigsten auftretende Problem ist ein schlecht, bzw. nicht durchgeführter hydraulischer Abgleich des Rohrnetzes. Der hydraulische Abgleich ist nötig, damit jedem Heizkörper bzw. jeder Heizfläche der auslegungsgemäße Heizmittelstrom zur Verfügung steht und damit im ganzen Verteilsystem der planungsge-

mäße Druckabfall vorliegt. Hinweise für die Bewertung und Durchführung des hydraulischen Abgleich finden sich in der DIN EN 15378 [11] und dem VDMA Einheitsblatt 24199: 2005-05 [29]. Ein richtiges Gesetz o.ä., das den hydraulischen Abgleich fordert gibt es nicht, deshalb wird in diesem Bereich häufig ungenau gearbeitet und sich auf Erfahrungswerte verlassen, am Schluss wird meist alles durch eine überdimensionierte Pumpe ausgeglichen. Die Folgen eines mangelhaften hydraulischen Abgleichs können sein:

- Unterversorgung eines Heizkörpers/einer Heizfläche, damit zu wenig Heizleistung. Der entsprechende Raum wird evtl. nicht warm.
- Überversorgung eines Heizkörpers/einer Heizfläche, damit zu viel Heizleistung und evtl. überheizen des Raumes.
- Stellglieder der Regelung (z.B. Thermostatventil) arbeiten nicht mehr korrekt.
- Erhöhter Stromaufwand für die Umwälzpumpe.

Mögliche Indikatoren für einen mangelhaften oder nicht vorhandenen hydraulischen Abgleich sind im Folgendem beschrieben. Diese Hinweise befinden sich auch schon im Abschnitt „Heizung_Nutzenübergabe“, was daran liegt, dass die Heizflächen einen großen Einfluss auf die Hydraulik des Verteilsystems haben, weshalb hier eine strenge Trennung der Subsysteme schwierig ist.

- Strömungsgeräusche
- Auffällig hohe oder geringe Temperaturspreizungen
- Räume die von der Heizungsanlage weit entfernt sind werden nicht warm.
- THV voreinstellbar, aber überall auf einheitlicher Stufe (z.B. N oder 8)
- Rücklaufverschraubungen überall ganz offen [22]

Bestandsaufnahme Rohrnetz

In diesem Teil wird versucht die Planung des Rohrnetzes zu erfassen, hierzu wird abgefragt ob

- eine Rohrnetzberechnung durchgeführt wurde und vorhanden ist und ob
- Änderungen an der Heizungsanlage durchgeführt wurden, welche evtl. eine Anpassung des hydraulischen Abgleichs erforderlich machen würde.

Sind solcherlei Informationen vorhanden muss überprüft ob die Anlage planungsgemäß ausgeführt wurde. Ohne einer Dokumentation ist es sehr schwierig einen hydraulischen Abgleich im Bestand durchzuführen. Hinweise hierzu befinden sich z.B. finden sich in den bereits erwähnten Normen DIN EN 15378 [11] und dem VDMA Einheitsblatt 24199: 2005-05 [29].

Indikatoren für einen hydraulischen Abgleich

Die hier behandelten Hinweise für Probleme der Hydraulik, werden teilweise schon bei den Heizflächen behandelt, da schwer einzuschätzen ist, wie der Anwender des Expertensystems vorgeht, werden die Fragen in beiden Abschnitten bleiben.

Informationen und Hinweise für einen hydraulischen Abgleich

Hier werden Hinweise auf wichtige Dokumente gegeben, welche zum Durchführen eines hydraulischen Abgleichs im Bestand nötig bzw. sinnvoll sind. Solche Dokumente sind z.B. Heizlastberechnungen, Strangschemata usw.

7.6.4 H_V 4 Undichtigkeiten und Verschmutzungen

Hier werden Anzeichen für Undichtigkeiten im Rohrnetz gesucht. Diese stellen ein Problem hinsichtlich des Wärmeverlusts und der Strömung in den Rohren dar. Hinweise für undichte Rohrleitungen sind z.B. verschmutzte und durchweichte Rohrdämmungen, Blubbergeräusche etc.

7.6.5 H_V 5 Dämmung der Rohrleitungen

Laut EnEV 2009 § 10 Punkt 2 [3] müssen ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden, nachträglich gedämmt werden, bzw. beim Bau neuer Anlagen auf eine ausreichende Dämmung der Rohrleitung geachtet werden. Die EnEV schreibt zwar nur eine Nachrüstung in unbeheizten Räumen vor, aufgrund der Über- bzw. Untertemperaturen in den Rohrleitungen treten auch in beheizten Räumen Verluste auf, weshalb auch hier eine Rohrdämmung zu empfehlen ist. Diese Maßnahme ist mit geringen Investitionskosten verbunden. Die Dämmung mindestens einzuhalten.

Tabelle 7-4 zeigt die EnEV-Anforderungen an die Mindestdämmschichtdicken von Rohrleitungen, diese sind bei einer Nachrüstung mindestens einzuhalten.

Tabelle 7-4: Anforderungen an die Dämmschichtdicken, EnEV 2009, Anlage 5 [3]

Zeile	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit der Dämmung von 0,035 W/(m·K)
1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
3	Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
5	Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zent-	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4

Zeile	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit der Dämmung von 0,035 W/(m·K)
	ralen Leitungsnetzverteilern	
6	Leitungen von Zentralheizungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm
8	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

Für den Fall, dass die Rohrleitungen an Außenluft angrenzen wird das Zweifache der Mindestdicke nach tung mindestens einzuhalten.

Tabelle 7-4 empfohlen.

Hat der Dämmstoff eine andere Wärmeleitfähigkeit als 0,035 W/mK kann die Dämmstoffdicke mit folgender Gleichung korrigiert werden:

$$d_2 = d_1 \frac{\lambda_2}{0,035} \quad (7-5)$$

Mit

λ_2 = Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes in W/(m*K)

d_1 = Minstdämmdicke nach EnEV 2009 in mm

d_2 = korrigierte Minstdämmdicke in mm

7.7 Checkliste Heizung_Erzeugung H_E

In dieser Checkliste wird der Wärmeerzeuger und sein Betrieb genauer analysiert. Die vollständigen Checklisten befinden sich im Anhang.

7.7.1 H_E 1 Wärmeerzeuger

In diesem Abschnitt werden der Typ und die Größe des Wärmeerzeugers, die Anzahl und Art der Heizkreise und die vorhandene Anlagendokumentation überprüft.

7.7.2 H_E 2 Betriebszeit

Die Betriebszeit ist ein sehr wichtiger Parameter für die Optimierung des Anlagenbetriebs und außerdem sind Potenziale in diesem Bereich relativ leicht zu erkennen. Prinzipiell sollte die Betriebszeit des Wärmeerzeugers bzw. der Heizkreise so weit eingeschränkt werden, dass die Sollraumtemperaturen während der Nutzungszeit gerade noch eingehalten werden. In der Checkliste wird zuerst die eingestellte Betriebszeit dokumentiert und überprüft ob es hier Änderungen im Vergleich zu vorher bzw. zum Planungsstand gab. Außerdem werden praktische Hinweise zur Optimierung der Betriebszeit gegeben und überprüft, ob eine Nacht- bzw. Wochenendabsenkung/-abschaltung bereits umgesetzt oder möglich ist.

7.7.3 H_E 3 Temperaturabhängige Steuerung

In diesem Abschnitt wird in erster Linie die Heizgrenztemperatur betrachtet und nach Verbesserungspotenzialen gesucht. Die Heizgrenztemperatur sollte bei ca. 15 °C liegen, ist jedoch oftmals zu hoch eingestellt. Die Ursachen für zu hohe Werte der Heizgrenztemperatur sind z.B. Schwierigkeiten in der Übergangszeit und der übliche „Sicherheitszuschlag“ um Probleme mit dem Anlagenbetrieb von vorneherein zu vermeiden. Neben dem Hinweis auf den empfohlenen Soll-Wert der Heizgrenztemperatur werden organisatorische Maßnahmen erläutert wie Probleme mit der Heizgrenztemperatur behandelt werden können. Erfolgt die Anforderung der Heizung z.B. über die Temperaturen in Referenzräumen, wird dies ebenfalls in diesem Kapitel bearbeitet. Ergänzende Informationen befinden sich im Expertensystem selbst im Anhang zu Heizung_Erzeugung.

7.7.4 H_E 4 Heizkurve

Die Heizkurve hat die Aufgabe, die Vorlauftemperatur und damit die Heizleistung der Heizflächen, an veränderte Heizlasten anzupassen. Dabei sind folgende technische Lösungen denkbar:

- Raumtemperaturgeführte Regelung
- Witterungsgeführte Steuerung
- Steuerung über die Differenz von Vor- und Rücklauftemperatur
- Manuelle Einstellung

Am weitesten verbreitet ist die witterungsgeführte Steuerung der Vorlauftemperatur, hierbei wird die Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur geändert. Durch das Reduzieren der Vorlauftemperatur wird eine Leistungsanpassung der Heizfläche an die aufgrund der geänderten Außentemperaturen gesunkene Heizlast im Raum erreicht. Diese Steuerung (häufig als Vorregelung bezeichnet) ist als Ergänzung zu der raumweisen Massenstromregelung der Heizflächen zu betrachten und wirkt der Überdimensionierung in den Teillastzuständen entgegen. Bei gleich bleibendem Massenstrom bestimmt die Höhe der Vorlauftemperatur die Wärmeab-

gabe der Heizflächen. Die Unterversorgung von einzelnen Heizkörpern infolge von hydraulischen Problemen im System wird deshalb oft durch überhöhte Vorlauftemperaturen ausgeglichen, weshalb vor der Anpassung der Heizkurve ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden sollte. Eine Änderung der Heizkurve kann ebenfalls nötig werden, wenn die Heizlast eines Gebäudes, z.B. aufgrund Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle, gesunken ist.

Parametrierung der Heizkurve

Die Einstellung für die Heizkurve befindet sich im Schaltschrank des jeweiligen Wärmeerzeugers, in der Gebäudeleittechnik oder am Steuergerät des Wärmeerzeugers. Die möglichen Eingabeparameter für die Heizkurve unterscheiden sich in der Praxis je nach Anlagen- bzw. MSR-Typ etwas. Die wichtigsten Parameter für eine Heizkurve sind:

- maximale Vorlauftemperatur bei Auslegungsaußentemperatur,
- minimale Vorlauftemperatur bei einer bestimmten Außentemperatur,
- Steilheit und
- Parallelverschiebung,

wobei die Bezeichnungen unterschiedlich sein können.

Soweit Revisionsunterlagen vorhanden sind, muss überprüft werden ob die Auslegungstemperaturen der Heizung auch in der Heizkurve eingestellt sind. Also bei einer Auslegung von VL 70 °C/RL 50 °C sollte die maximale Vorlauftemperatur von 70 °C nicht überschritten werden. Wird in manchen Bereichen die geforderte Raumtemperatur trotz der Auslegungstemperatur nicht erreicht, kann dies z.B. einen mangelhaften hydraulischen Abgleich als Ursache haben.

Bei der Einstellung der Heizkurve lassen sich u. A. zwei Parameter anpassen. Zum einen lässt sich die Steilheit der Kurve beeinflussen, andererseits kann eine Parallelverschiebung der Kurve vorgenommen werden. Die Steigung gibt an, um wie viel Kelvin sich die Vorlauftemperatur verändert wenn die Außentemperatur sinkt oder steigt. Mit Hilfe der Parallelverschiebung wird der Fußpunkt der Kurve bestimmt.

Bild 7-8 zeigt Heizkurven mit unterschiedlicher Steilheit, die Parallelverschiebung ist mit dem schwarzen Pfeil angedeutet. Eine Änderung der Parallelverschiebung hätte also zur Folge, dass sich der Koordinatenursprung ändert.

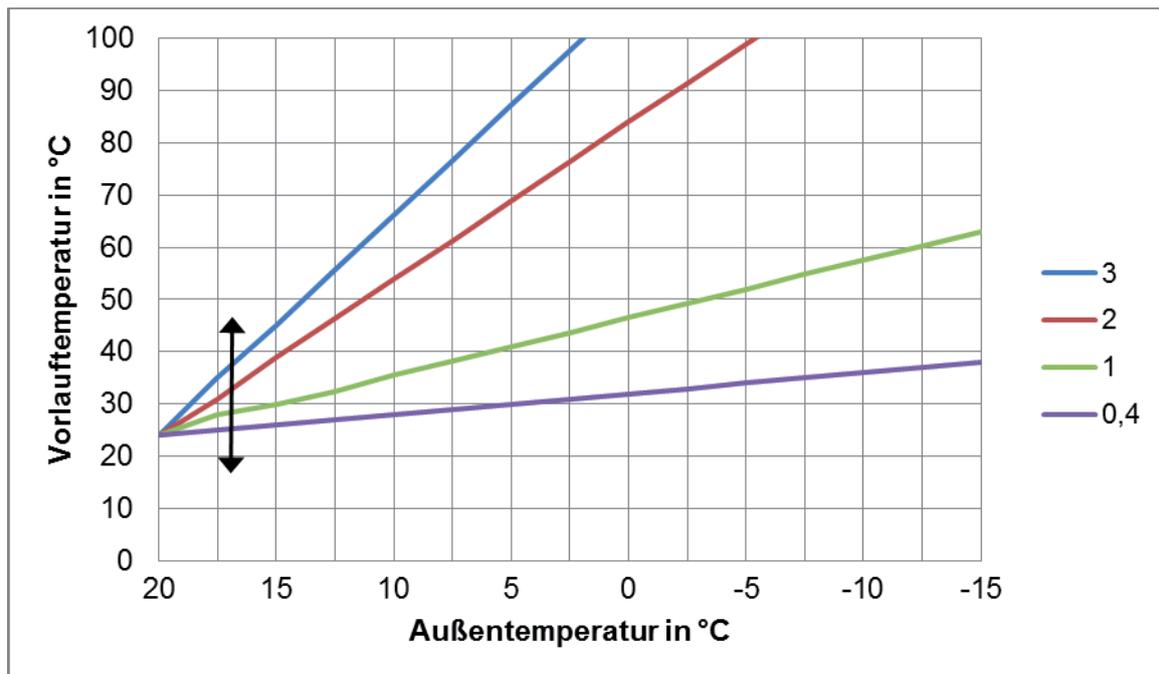


Bild 7-8: Heizkurven mit unterschiedlicher Steilheit [30]

Je flacher die Steilheit Heizkurve ist, desto niedriger ist die Systemvorlauftemperatur. Aus dem Verlauf der Kurven ist ersichtlich, dass sich die Wärmeabgabe, bzw. die Vorlauftemperatur bei steigender Außentemperatur nicht gleichmäßig verändert. So kann es vorkommen, dass die Wärmeabgabe im Winter ausreichend ist, während im Teillastbetrieb, also in der Übergangszeit, die Räume nicht richtig warm. Die richtige Vorgehensweise wäre in diesem Fall, zunächst eine etwas flachere Kurve zu wählen und anschließend eine Parallelverschiebung nach oben vorzunehmen. Die Vorlauftemperaturerhöhung einer parallel nach oben verschobenen Kurve ist im Teillastbereich größer als eine entsprechend steilere Kurve.

Dementsprechend ist vorzugehen, wenn die Vorlauftemperatur in der Übergangszeit ausreichend ist, es im Winter aber zu kalt ist. Weiter Hinweise zum korrekten einstellen von Heizkurven entnehmen sie bitte den Quellen im Anhang.

7.7.5 H_E 5 Mögliche Fehler in der MSR-Technik

In diesem Abschnitt wird auf mögliche Fehler in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik hingewiesen. Hierbei wird sich aber auf die Erzeugung beschränkt, da der Bereich Einzelraumregelung bereits bei der Nutzenübergabe abgehandelt wurde. Ein Aspekt ist hierbei die korrekte Funktion des Außentemperaturfühlers der Heizungsanlage. Dieser hat Einfluss auf den Verlauf der Heizkurve und bei einer Steuerung mittels Heizgrenztemperatur auf die jährliche Betriebszeit der Heizung.

Je nach Wärmeerzeuger sind unter Umständen weitere Besonderheiten beim Betrieb und der Anlagenparametrierung zu beachten welche Einfluss auf den Nutzungsgrad haben. Im Folgenden wird auf verschiedene Wärmeerzeuger näher eingegangen.

7.7.6 H_E 6 Besondere Anforderungen bei Brennwertkesseln

Brennwertkessel haben im Vergleich zu konventionellen Heizkesseln einen höheren Nutzungsgrad, was durch die Nutzung der Verdampfungsenthalpie des Abgases erreicht wird. Um die für die Kondensation erforderlichen niedrigen Abgastemperaturen zu erreichen müssen die Auslegungstemperaturen (Vor- und Rücklauftemperatur) der Heizanlage entsprechend gewählt werden.

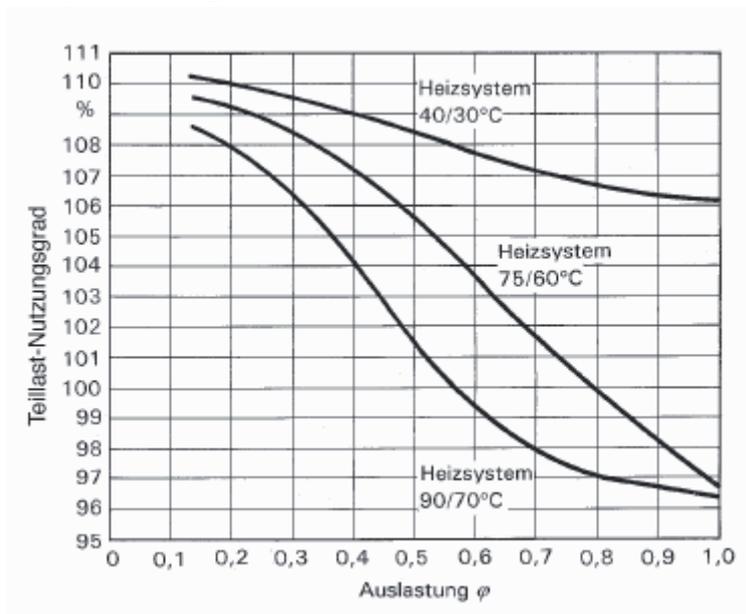


Bild 7-9: Zusammenhang zwischen der Heizsystemtemperatur und dem Teillast-Nutzungsgrad eines Brennwertkessels [31]

Bild 7-9 zeigt die Abhängigkeit zwischen Auslegungstemperaturen und Teillast-Nutzungsgrad. Wird eine zu hohe Rücklauftemperatur beobachtet sollte nach möglichen Maßnahmen gesucht werden diese zu reduzieren, was z.B. durch Reduzieren des Massenstroms erreicht werden kann. Durch den reduzierten Massenstrom wird auch der Stromverbrauch der Umwälzpumpen gesenkt.

7.7.7 H_E 7 Fernwärme

Bei der Nutzung von Fernwärme sind vertragliche Vorgaben des Energieversorgers zu berücksichtigen. Aus diesem Grund ist ein Augenmerk auf die Rücklauftemperatur und die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur zu achten. Hierzu sollte darauf geachtet werden ob die vertraglich vereinbarten Spreizungen eingehalten werden. Da die Spreizung Einfluss auf die Fernwärme-Wassermenge und damit auf Kosten hat, kann durch eine Anpassung der Spreizung zumindest eine Kostensparnis erreicht werden. Ein weiterer Aspekt bei Fernwärmeanschlüssen ist die Anschlussleistung [21][22].

7.7.8 H_E 8 Wärmepumpe

Beim Betrieb von Wärmepumpen hat die Temperatur von Wärmequelle und –senke einen großen Einfluss auf die Jahresarbeitszahl. Um eine möglichst hohe Leistungs-

zahl zu erreichen sollte die Wärmequelle (z.B. Außenluft, Sole etc.) möglichst hoch sein und die Wärmesenke, also die Verbraucherseite eine möglichst niedrige Temperatur haben. Deshalb gilt es hier nochmals gründlich zu prüfen ob sich die Einstellung für die Vorlauftemperatur, bzw. der Heizkurve nach oben verändert hat. Außerdem muss auf der Seite der Wärmequelle darauf geachtet werden, dass der Luftwärmetauscher gut durchströmt wird.

8 Trinkwarmwasser

8.1 Technische Lösungen

Für die Trinkwassererwärmung sind verschiedene technische Lösungen denkbar. Diese unterteilen sich nach der Anzahl an Zapfstellen, in dezentral und zentral und nach der Bauart. TW-Erwärmer nach dem Durchflussprinzip zeichnen sich durch sehr gute hygienische Eigenschaften aus, da das Trinkwasser erst bei Bedarf aus der Leitung entnommen und erwärmt wird. Das Speichern bei hohen Temperaturen entfällt weshalb sich keine Mikroorganismen bilden können. Ein weiterer Vorteil gegenüber Speichersystemen ist, dass keine Wärmeverluste im Speicher auftreten können. Als Nachteile stehen hohe Anschlussleistungen gegenüber, da immer der gesamte benötigte Wasserstrom erwärmt werden muss. Bild 8-1 zeigt die Systeme für mehrere Nutzereinheiten, Bild 8-2 zeigt eine Einteilung möglicher Systeme bei einer Nutzereinheit.

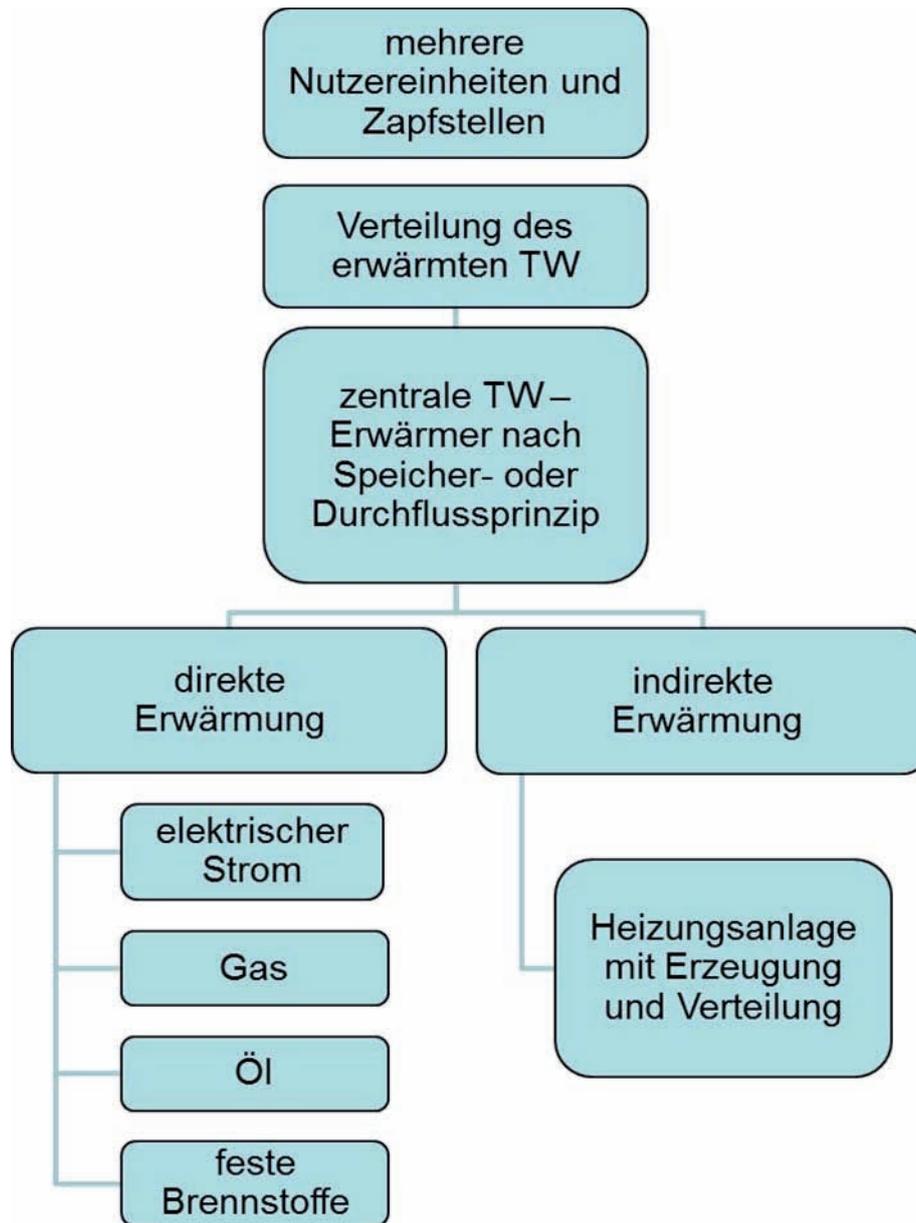


Bild 8-1: Übersicht über Systeme zur Trinkwassererwärmung für mehrere Nutzereinheiten und Zapfstellen [28]

Beim Trinkwarmwasser gilt es bestimmte hygienische Anforderungen speziell hinsichtlich der Temperatur bei welcher das Wasser gespeichert wird oder sind in Stagnation befindet. Hier dürfen, um Probleme mit der Trinkwasserqualität hinsichtlich

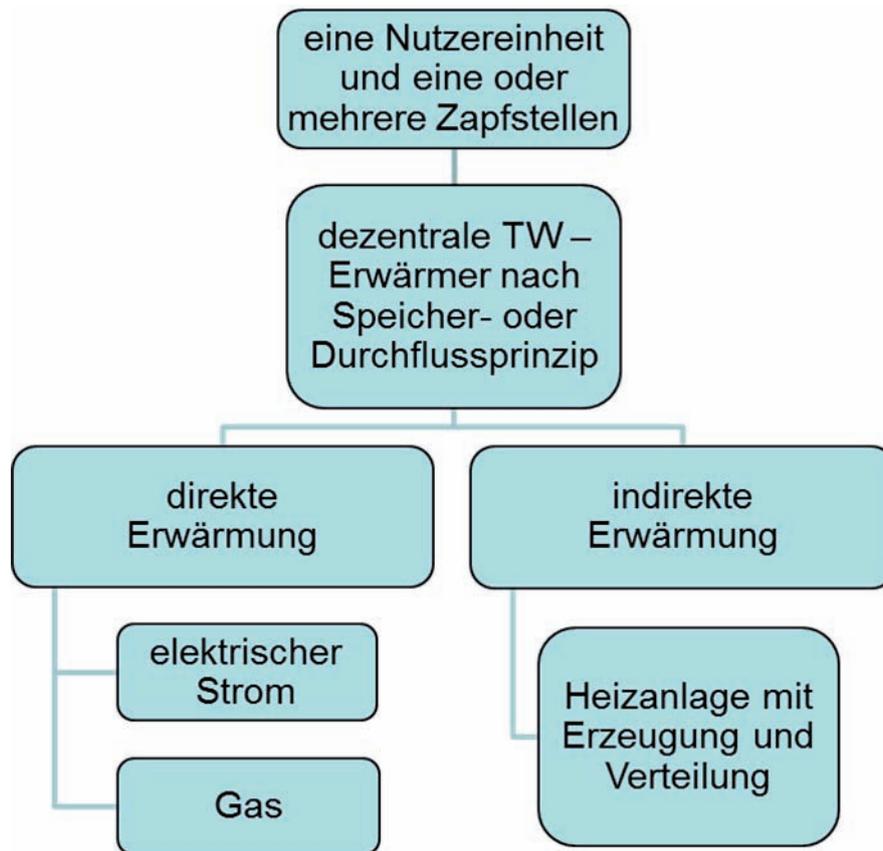


Bild 8-2: Übersicht über Systeme zur Trinkwassererwärmung für eine Nutzereinheit und eine oder mehrere Zapfstellen [28]

8.2 Anwendung in Bürogebäuden

In Verwaltungsgebäuden spielt der Energieaufwand für die Trinkwarmwassererwärmung meist nur eine untergeordnete Rolle. Die wesentlichen Warmwasserverbraucher in Verwaltungsgebäuden sind

- Handwaschbecken in Toiletten,
- Duschen in Sozialräumen u. ä. und
- Küche bzw. Kantinen soweit vorhanden.

Handwaschbecken

An Handwaschbecken erfolgt die Warmwasserbereitung in Verwaltungsgebäuden meist mit elektrischen TW-Erwärmern nach dem Speicherprinzip. Mögliche Einsparungen können hier durch eine zeitliche Beschränkung des Betriebs der Geräte erreicht (Nacht- oder Wochenendabschaltung) werden. Die maximale Wassertemperatur sollte auf 65°C beschränkt werden.

Duschräume und Küchen

Bei diesen Anwendungen werden große Mengen von warmem Wasser zu einem bestimmten, eingeschränkten Zeitraum benötigt. Aus diesem Grund sind meist Speicher vorhanden um Leistungsspitzen zur Trinkwassererwärmung zu reduzieren.

8.3 Checkliste Trinkwarmwasser

8.3.1 H_TWW 1 Übersicht über den TW-Erwärmer

In dieser Checkliste wird der TW-Erwärmer charakterisiert, es wird u.a.

- der Hersteller, Typ und das Baujahr,
- die Leistung und das Volumen sowie
- die Bauart

erfasst.

Außerdem wird bereits nach Abweichungen zwischen der Planung und dem Ist-Zustand gesucht.

8.3.2 H_TWW 2 Zapfstellen

Hier wird die Anzahl verschiedener Zapfstellen abgefragt und ein Vergleich zwischen den noch im Betrieb befindlichen Zapfstellen und den geplanten Zapfstellen. Daraus ergeben sich erste Hinweise auf eine eventuelle Überdimensionierung. Eine Änderung der Verbraucher, bzw. der Zapfstellen könnte dazu führen, dass das bisherige Erzeugungskonzept überprüft und geändert werden muss. Hat sich die Art und Anzahl der Zapfstellen sowie die Verteilung der Zapfstellen im Gebäude verringert, ist es evtl. sinnvoll ein zentrales System durch mehrere dezentrale zu ersetzen, bzw. von einem Konzept mit Speicher auf ein Konzept nach dem Durchflusssystem umzustellen. Dies ist jedoch eine hochinvestive Maßnahme, und deshalb als Handlungsempfehlung im Falle einer Umrüstung zu sehen.

8.3.3 H_TWW 3 Ist-Betriebsparameter laut Begehung und Soll laut Auslegung

In diesem Teil wird nach Änderungen der Betriebsparameter

- Speichertemperatur,
- Vorlauftemperatur und
- Rücklauftemperatur

gesucht. Sind hier evtl. Änderungen aufgetreten, muss nach den Ursachen gesucht werden und überprüft werden, ob eine Anpassung der Parameter sinnvoll ist.

8.3.4 H_TWW 4 Prüfen der Dimensionierung

Anhand der Änderung der Zapfstellen aus H_TWW 2 und weiterer Indikatoren wird hier überprüft ob die Dimensionierung und das Konzept der TW-Erwärmung angepasst werden muss. Sind etwa Versorgungsbereiche weit vom TW-Erwärmer entfernt

und haben wenig Verbrauch, und damit lange Stagnationszeiten, ist z.B. zu empfehlen, diesen Bereich auf ein dezentrales oder ein Durchfluss-System umzurüsten.

8.3.5 H_TWW 5 Wärmedämmung der Rohre

Wie bei der Heizungsverteilung auch, müssen die Rohre zur Verteilung von TWW gedämmt werden um Wärmeverluste zu reduzieren. Auch für Kaltwasserleitungen innerhalb beheizter Räume mit langer Stagnationszeit empfiehlt sich eine dünne Dämmung, da sich das Kaltwasser erwärmen kann und es in einem bestimmten Temperaturbereich zu Legionellenbildung kommen kann.

8.3.6 H_TWW 6 Undichtigkeiten und Verschmutzungen

Auch aufgrund von Undichtigkeiten kann es zu einem erhöhten stofflichen und energetischen Aufwand in der TWW-Verteilung kommen. Die Checkliste hierfür ähnelt sich der Checkliste für die Verteilung der Heizung.

9 Grundlagen der Beleuchtung

9.1 Aufgaben der Beleuchtung

Die richtige Beleuchtung ist ein wichtiges Kriterium, wie sich der Mensch in einem Raum fühlt und ob dieser Raum als angenehm empfunden wird. Licht beeinflusst den Menschen auf verschiedene Weisen. Hohe Beleuchtungsstärken machen den Menschen leistungsfähiger und niedrige Beleuchtungsstärken erwecken einen Zustand von Müdigkeit und Entspannung [39]. Vor allem bei Büroarbeitsplätzen ist die richtige Beleuchtung wichtig, da der Arbeiter viel lesen muss etc. [33].

9.2 Begriffe der Beleuchtung

9.2.1 Grundbegriffe der Lichttechnik

Lichtstrom

Der Lichtstrom ist die Lichtleistung, die von einer Lichtquelle abgestrahlt wird [34]. Die Einheit ist Lumen (lm).

Leuchtdichte

Die Leuchtdichte ist die einzige Kenngröße, die als „sichtbar“ beschrieben werden kann. Sie ist ein Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer beleuchteten Fläche hat. Es geht dabei um die messbare Helligkeit, die von einer beleuchteten Fläche ausgeht und dabei ins Auge trifft. Die Leuchtdichte spielt für die Blendung eine Rolle. Die Leuchtdichte ist abhängig vom Beobachterstand, aufgrund dieser Abhängigkeit wird nicht die Leuchtdichte, sondern die Beleuchtungsstärke als Maß für gute Beleuchtung eines Raumes herangezogen [35].

Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke ist das Maß für die auf eine Fläche auftretende Lichtstromdichte, d. h. das Verhältnis des auf die Fläche fallenden Lichtstroms zur Größe dieser Fläche A [35].

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (9-1)$$

mit:

E Beleuchtungsstärke in lx

Φ Lichtstrom in lm

A Fläche in m²

Grenzwerte für die Beleuchtungsstärke E bei verschiedenen Nutzungen sind in der DIN EN 12464-1 definiert. Um ein Gefühl für die Beleuchtungsstärken zu erhalten, zeigt Tabelle 9-1 Beispiele für Beleuchtungsstärken wie sie in der Natur vorkommen.

Tabelle 9-1: Natürliche Beleuchtungsstärken [34]

	Beleuchtungsstärke in lx.
Heller Sommertag	ca. 100.000
Bedeckter Himmel im Sommer	ca. 18.000
Bedeckter Himmel im Winter	ca. 5.000
Vollmondnacht	ca. 0,25

In der DIN EN 12464-1 wird von der mittleren Beleuchtungsstärke gesprochen, der über einer Fläche gemittelten Beleuchtungsstärke [36]. Die DIN EN 12464-1 gibt Grenzwerte für die Beleuchtungsstärke vor. Es wird unterschieden nach Nutzung, Aufgabe und Tätigkeit. Eine Zusammenstellung für Büro- und Verwaltungsgebäuden typischer Räume erfolgt in Tabelle 9-2.

Tabelle 9-2: Ausgesuchte Räume für Bürogebäude samt mittlerer Beleuchtungsstärke [36]

Art des Raumes	mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_m in lx
Einzelbüro, Gruppenbüro, Großraumbüro, Besprechung, Konferenzraum	500
Kantine, Teeküche	200
WC und Sanitärräume	200
Verkehrsflächen, Flure, Eingangshallen	100
Treppenhäuser	150
Lager, Archiv	200
Werkstatt (mittelfeine Montagearbeiten)	500
Bibliothek	200

Blendung

Bei der Blendung unterscheidet man zwischen Direktblendung und Reflexblendung. Direktblendung wird durch Lampen direkt und Reflexblendung durch die Spiegelung auf glänzenden Oberflächen verursacht. Die Reflexblendung spielt bei Bildschirmarbeitsplätzen eine wichtige Rolle, da man zum Lesen eine hohe Beleuchtungsstärke und am Bildschirm einen hohen Kontrast benötigt, der aber durch die Überlagerung des Raumlichts abnimmt. Die Leuchtdichte ist ein Maß für Blendung. Je höher die Leuchtdichte ist und je kleiner die Fläche ist, von der die Leuchtdichte ausgeht, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer Blendung [34][35].

Lichtfarbe

Die Lichtfarbe ist der Farbeindruck einer Lichtquelle. Gemessen wird dieser über die Farbtemperatur. Niedrige Farbtemperaturen (<3300 K, ww) vermitteln einen warmen

Lichtfarbeindruck und hohe (>5300 K, tw) einen kühlen Lichtfarbeindruck. Dazwischen liegt der Bereich der neutralweißen Lichtfarben (3300-5300 K, nw) [34][35].

Farbwiedergabe

Die Farbwiedergabe beschreibt, wie natürlich Farben unter einer Lichtquelle erscheinen. Sie wird mit dem Buchstaben R_a abgekürzt. Ein hoher R_a (80-100) bedeutet eine hohe, naturgetreue Wiedergabe. Ein niedriger R_a (20-40) bedeutet eine schlechte Farbwiedergabe [34].

9.2.2 Leuchten

Bei der Leuchte, die aus Fassung mit Gehäuse, Abschirmung und Reflektoren besteht unterscheidet man verschiedene Arten wie

- Ausstattungsleuchten,
- Wannen-/Rasterleuchten,
- Downlights,
- Strahler/Spots,
- Uplight Fluter und
- Lichtdecken.

Von Bedeutung für Büro- und Verwaltungsgebäude ist die Rasterleuchte, die sehr weit verbreitet ist. Ein typisches Beispiel zeigt Bild 9-1.

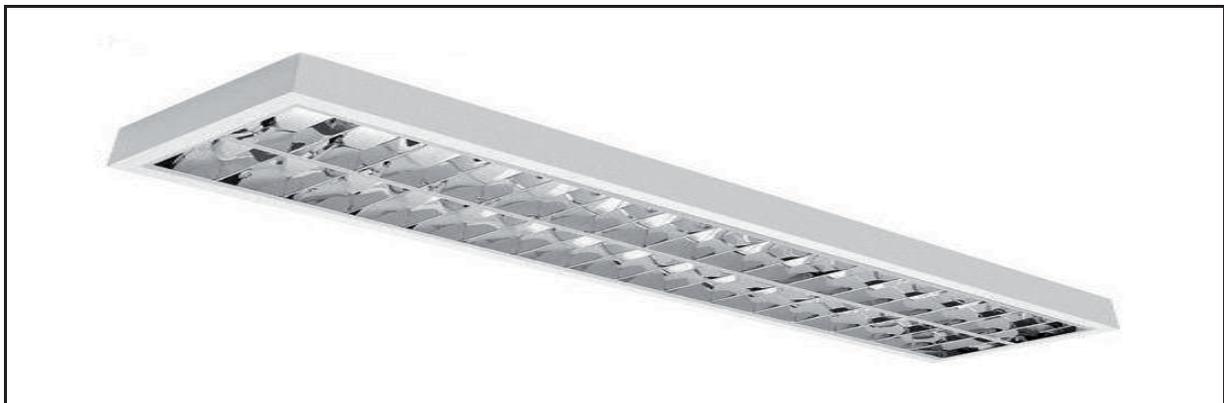


Bild 9-1: Rasterleuchte [37]

5.2.1 Lampen

Die Lampe ist die eigentliche Leuchtquelle und wird auch als Leuchtmittel bezeichnet. Die Lampe sendet einen Lichtstrom aus. Man unterscheidet Temperaturstrahler sowie Niederdruck- und Hochdruckentladungslampen. Einen Überblick der Lampenarten gibt Tabelle 9-3.

Tabelle 9-3: Überblick über Lampenarten [34]

Temperaturstrahler		Niederdruck-entladungslampen	Hochdruck-entladungslampen
Glühlampen	Halogenglühlampen	Leuchtstofflampen	Quecksilberdampf-lampen
Standardlampen Sonderformen	Hochvolt-Halogenlampen	Kompakte Leuchtstofflampen	Halogen Metall-dampflampen
Verspiegelte Reflektorlampen	Niedervolt-Halogenlampen	Natriumdampf-Niederdrucklampen	Natriumdampf-Hochdrucklampen

Entladungslampen leuchten durch Metaldämpfe oder Gase, die elektrisch entladen werden. Temperaturstrahler zeichnen sich dadurch aus, dass sie beim Leuchten hohe Temperaturen entwickeln.

In Büro- und Verwaltungsgebäude sind hauptsächlich stabförmige Leuchtstofflampen eingebaut. Sie besitzen entweder einen Durchmesser von 26 mm oder 38 mm. Die Leuchtstofflampen mit einem Durchmesser von 38 mm können durch neuartige Drei-bandenlampen ausgetauscht werden [34].

9.2.3 Vorschaltgeräte und Schaltungen

Alle Entladungslampen erfordern Vorschaltgeräte. Bei den Vorschaltgeräten unterscheidet man zwischen

- konventionellen,
- verlustarmen und
- elektrischen Vorschaltgeräten.

Vorschaltgeräte bestehen aus Starter, Elektrode, Drosselspule und Kompensationskondensator. Sie dienen zum Anschalten der Lampen sowie zur Stabilisierung während des Betriebs. Ein Vorschaltgerät funktioniert folgendermaßen. Zuerst fließt der Strom durch den Starter, dabei wird eine Bimetallelektrode aufgeheizt. Bimetallektroden sind Metallstreifen, die sich bei Hitze ausdehnen und sich beim Vorschaltgerät aufgrund der Hitze miteinander verbinden. Es entsteht nun ein kurzgeschlossener Vorheizkreis. In dem Vorheizkreis fließt ein Vorheizstrom durch beide Elektroden. Die beiden Elektroden werden nun auf eine Emissionstemperatur von 600 bis 800 °C gebracht. Nach 1 bis 2 Sekunden kühlen sich die Bimetallelektroden ab und reißen auseinander, da sie ja vorher zusammenverschweißt worden sind. Durch das Öffnen der beiden Elektroden entsteht ein Spannungsimpuls, der die vorgeheizte Lampe zündet. Ein Nachteil von konventionellen Vorschaltgeräten ist der wiederholende Start- und Vorheizvorgang, der das bekannte Flackern verursacht. Zu dem kommt

das „Brummen“ der Drosselspule, die den Strom auf die richtige Brennspannung drosselt [38][39].

Schaltungen

Das Licht kann auf verschiedene Art geschaltet werden. Neben der einfachen Variante der manuellen Ein-/Ausschaltung gibt es weitere Schaltungsarten wie z. B. Zeitrelaisschaltungen (automatisches Abschalten, meistens in Treppenhäusern), Zeitschaltungen (automatisches Ein- und Ausschalten) oder Schaltungen mit Sensoren und Melder. Alle diese Schaltungsarten finden in Büro- und Verwaltungsgebäuden oft Anwendung.

Melder und Sensoren

Man unterscheidet zwischen Bewegungs- und Präsenzmeldern. Bewegungsmelder reagieren auf größere Bewegungen und werden vor allem in niedrig-frequentierten Bereichen eingesetzt. Präsenzmelder erfassen die Anwesenheit von Personen und funktionieren schon bei kleinsten Bewegungen, daher eignen sie sich für Büros. Präsenzmelder können auch die Helligkeit messen und somit die Beleuchtung dementsprechend automatisch einstellen. Der Sensor ist Teil eines Melders und dient als Messgerät. Das Funktionsprinzip von Sensoren basiert auf Wärmestrahlung. Jeder Mensch sendet bei Körpertemperatur Wärmestrahlung im Infrarotbereich aus, die von einem Sensor erkannt und vom Melder verarbeitet wird. Deswegen werden diese Sensoren als PIR-Sensoren (PIR = *engl. für* passive infrared) bezeichnet [40].

9.2.4 Tageslichtlenksysteme

Um Tageslicht optimal zu nutzen, sollten Tageslichtlenksysteme benutzt werden falls sie vorhanden sind. Tageslichtlenksysteme haben die Aufgabe, die unterschiedlichen Anforderungen der Nutzer zu erfüllen. Einerseits sollten sie im Sommer als Sonnenschutz dienen und andererseits im Winter dazu, möglichst viel Tageslicht in den Raum zu lenken [34].

9.2.5 Wartung, Reinigung

Eine regelmäßige Wartung von Beleuchtungsanlagen ist Gegenstand der DIN EN 12464-1. Diese DIN verlangt grundsätzlich eine Wartung, wenn die mittlere Beleuchtungsstärke unter den angegebenen Wert in der DIN EN 12464-1 fällt. Die Wartung besteht aus Reinigung der Leuchte samt Gehäuse und einem eventuellen Lampentausch, falls die Lampe defekt oder sichtbar schwächer leuchten sollte. In der Norm wird ein sogenannter Wartungsfaktor verwendet, der einen Auslegungszuschlag darstellt. Mit dem Wartungsfaktor wird die Beleuchtungsstärke zu Beginn der Nutzungszeit, bzw. der Wartungsperiode definiert. Falls der Wartungsfaktor nicht bekannt ist, kann er mit 0,67 angenommen [36]. Aus Bild 9-2 ist erkennbar, dass ca. alle 3 Jahre eine Wartung notwendig ist. Jedes dritte Jahr sollten die Lampen und Leuchten gereinigt und defekte Lampen ausgetauscht werden. Die Häufigkeit der Reinigung der

Lampen hängt von den Umgebungsbedingungen ab. Bei sauberen Umgebungsbedingungen, wie in einem Nichtraucher-Büro reicht die Reinigung der Lampen alle 3 Jahre aus und bei schmutzigen Umgebungsbedingungen (z. B. ein Raucherzimmer) sollte die Reinigung jedes Jahr erfolgen [41].

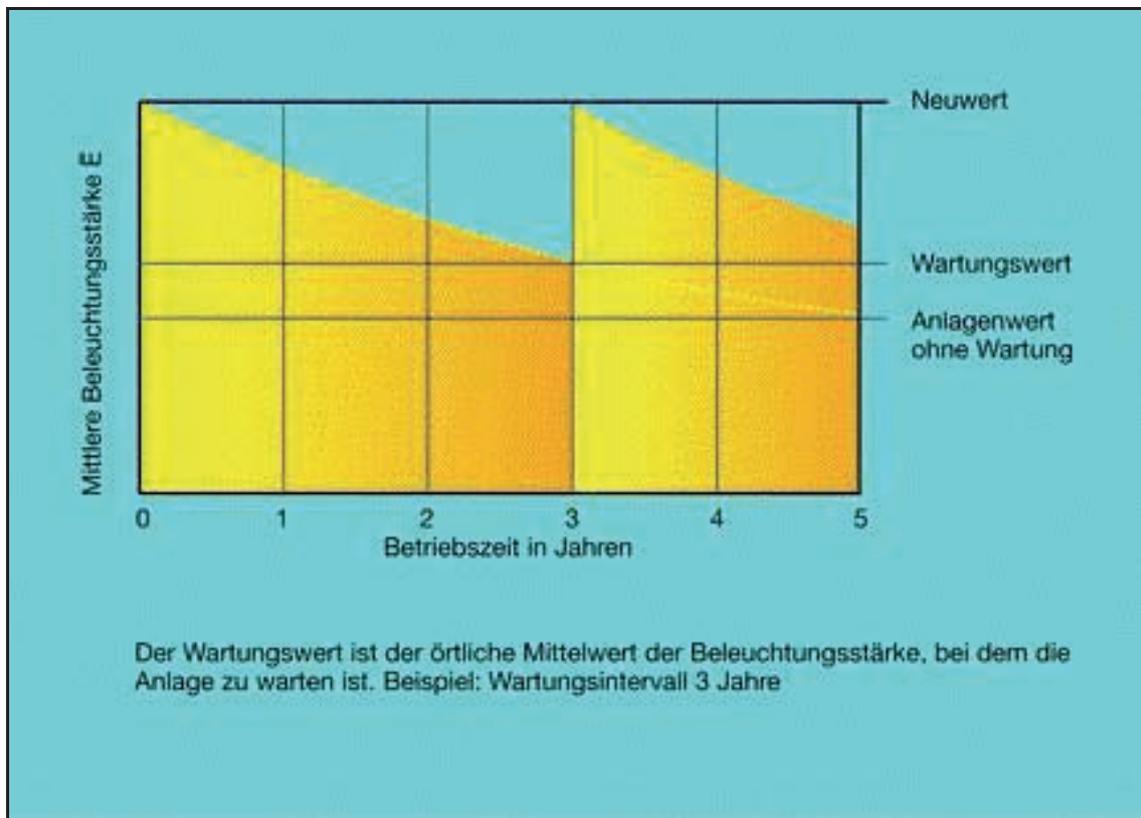


Bild 9-2: Zusammenhang Beleuchtungsstärke und Wartungswert in Abhängigkeit der Betriebszeit [37]

9.3 Checkliste Beleuchtung

In diesem Kapitel werden die Beleuchtungsanlagen eines Gebäudes behandelt. Die Notbeleuchtung wird hierbei nicht näher betrachtet.

9.3.1 L_1 Allgemeine Angaben

Unter den Allgemeinen Angaben werden die Lage der Nutzungszone im Gebäude und die Art der Nutzung erfasst.

9.3.2 L_2 Lampen

Hier wird erfasst welche Art von Lampen und Vorschaltgeräten überwiegend verwendet wird. Dies dient einem ersten Überblick über die Anzahl der Lampen und deren ungefähren Energiebedarf. Außerdem werden Umrüstopfehlungen für einen möglichen Lampenaustausch gegeben.

Ein weiterer Punkt sind die verwendeten Vorschaltgeräte, welche für den Betrieb von Leuchtstofflampen benötigt werden. Jedoch gibt es bei den Vorschaltgeräten auch Unterschiede, die sich energieeinsparend auswirken. Es wird empfohlen konventionelle durch elektronische Vorschaltgeräte zu ersetzen. Es gibt folgende Vorteile von elektronischen Vorschaltgeräten im Gegensatz zu konventionellen Vorschaltgeräten:

- höhere Lichtausbeute,
- ein flackerfreier Start,
- geringere Wärmeentwicklung, leiseren Betrieb,
- längere Lebensdauer und
- fast unbegrenzte Schalzhäufigkeit [42].

9.3.3 L_3 Funktionalität der Lampen

Die Funktionalität prüft der Nutzer durch Testen und eine Sichtprüfung. Dabei muss auf Änderungen und Schäden (z. B. Flimmern) geachtet werden, die der Nutzer erkennen und beseitigen muss.

9.3.4 L_4 Schaltung

Die vorhandenen Schaltungen müssen auf ihre Funktionalität hin untersucht werden, da die Schaltung Auswirkungen auf den Energieverbrauch hat.

Insbesondere bei Zeitschaltungen sollte der Nutzer überprüfen, ob diese tatsächlich funktioniert und ob die Betriebszeit gut an die Nutzungszeit angepasst ist.

Die Beleuchtung sollte aus Gründen der Energieeinsparung automatisch abgeschaltet werden können. Dadurch wird sichergestellt, dass jede Lampe ausgeschaltet wird, falls dies die Gebäudenutzer vergessen haben. Zudem erhält der Nutzer Empfehlungen welche Art der Schaltung sich für welchen Gebäudebereich eignet [42].

9.3.5 L_5 Optimale Nutzung von Tageslicht

Unter der optimalen Nutzung des Tageslichts versteht man, dass so lange wie das Tageslicht dies ermöglicht, auf künstliche Beleuchtung verzichtet werden sollte.

Eine Voraussetzung für die Tageslichtnutzung ist ein funktionierender Sonnenschutz. Wenn sich dieser nicht gut öffnen und schließen lässt, ist anzunehmen, dass der Gebäudenutzer den Sonnenschutz dauerhaft geschossen hält, und immer auf künstliche Beleuchtung angewiesen ist.

Das Tageslichtangebot muss bei der Steuerung der Beleuchtung unbedingt berücksichtigt werden. Z.B. muss in Eingangsbereichen mit hohem Fensteranteil überprüft werden, ob das Licht am Tag ausgeschaltet bzw. minimiert werden kann. Auch in außenliegenden Treppenhäusern sollte darauf geachtet werden, dass die Beleuchtung nicht unnötig in Betrieb ist. Unnötiger Betrieb entsteht z.B. dadurch, dass das Licht morgens im Dunklen eingeschaltet wird und den Rest des Tages eingeschaltet bleibt.

9.3.6 L_6 Blendung

Dieser Punkt der Checkliste behandelt das Problem der Blendung. Diese hat zwar nicht unmittelbar Einfluss auf den Energieverbrauch, jedoch beeinflusst sie das Nutzerverhalten dahingehend, dass der Sonnenschutz häufiger genutzt wird und weniger Tageslicht genutzt werden kann. Der Gebäudenutzer sollte darauf hingewiesen wie Blendung vermieden werden kann. Die Anordnung des Arbeitsplatzes im Raum hat dabei einen großen Einfluss, durch eine rechtwinklige Anordnung des Bildschirms zum Fenster, wie es in Bild 9-3 dargestellt ist, kann Blendung größtenteils vermieden werden. Blendschutz Vorrichtungen, wie z. B. Lamellenstores, Vorhänge sollten auch genutzt werden.

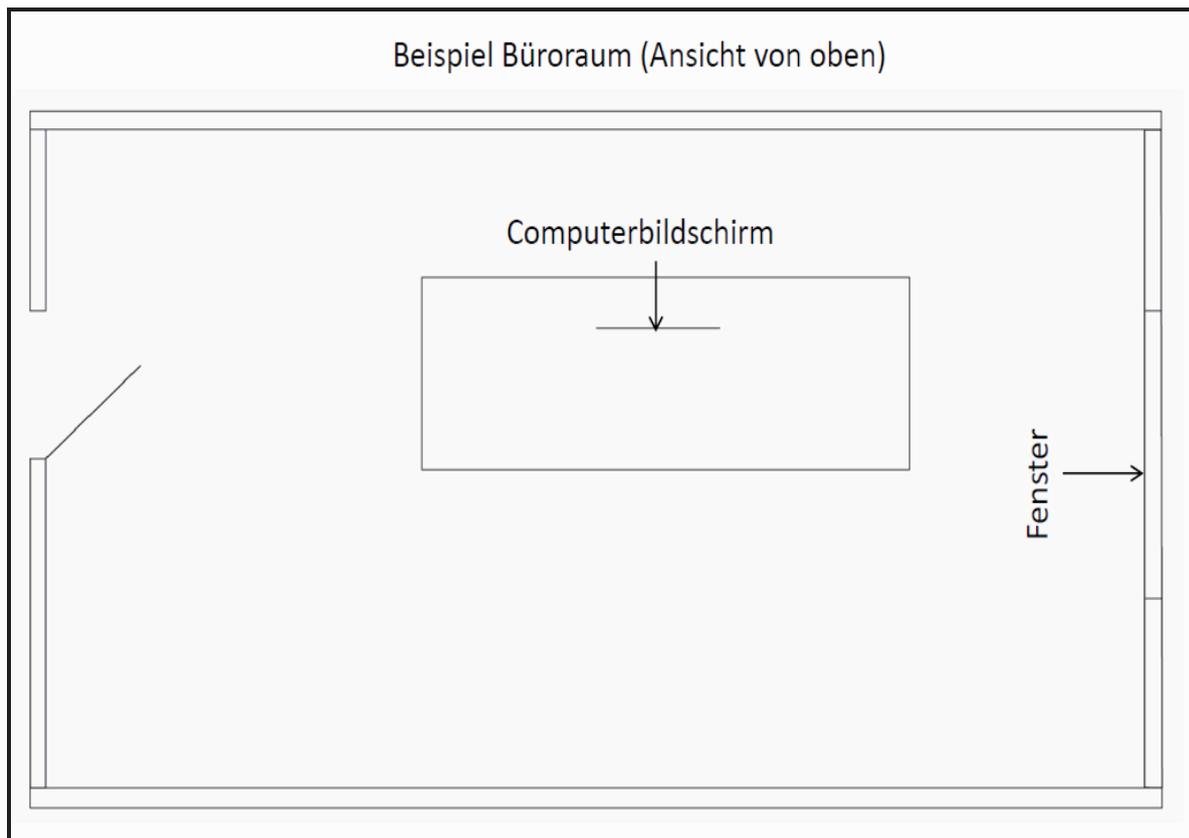


Bild 9-3: Position des Computerbildschirms zur Vermeidung von Blendung [24]

9.3.7 L_7 Lichtschalterreihen

In einem typischen Bürraum existieren meistens mehrere Leuchtenreihen. In einem Zellenbüro sind dies meistens 2 Reihen (Türe und Fenster) und in einem Großraumbüro meistens 3 Reihen (Türe, Mitte, Fenster). Oft wird die Beleuchtung am Fenster nicht gebraucht und muss nicht eingeschaltet werden. Aus Gewohnheit werden oft alle Reihen eingeschaltet. Durch eine einfache Beschriftung der Lichtschalter können Fehlschaltungen vermieden werden, und der Gebäudenutzer evtl. dazu motiviert werden nur die nötigen Leuchtenreihen einzuschalten. Dadurch kann ein unnötiger Energieverbrauch vermieden werden [43]. Ein Beispiel für die Beschriftung von Lichtschaltern ist in Bild 9-4 dargestellt.

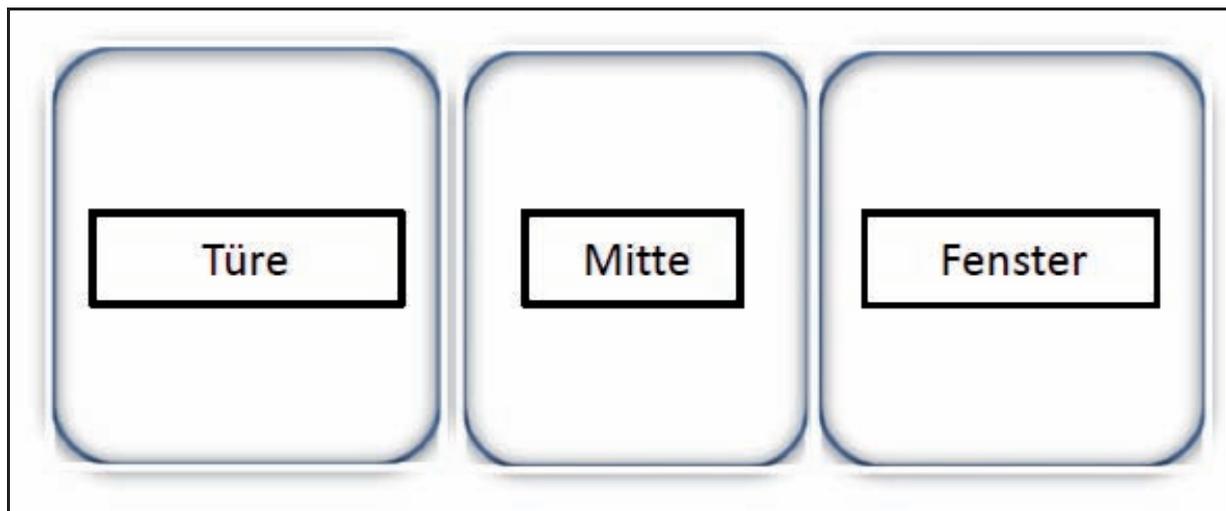


Bild 9-4: Beispiel einer Lichtschalterbeschriftung [24]

9.3.8 L_8 Beleuchtungsstärke

Der Nutzer erhält in diesem Abschnitt Hinweise für die Beleuchtungsstärke, diese hat einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch der Beleuchtung. Bei der Optimierung der Beleuchtungsstärke sind die Anforderungen, welche für die jeweiligen Nutzungszonen und Tätigkeiten definiert sind, unbedingt einzuhalten. Werden die geforderten Beleuchtungsstärken überschritten, sind Maßnahmen zur Reduzierung zu prüfen, welche meist auch den Energieverbrauch senken. Mögliche Maßnahmen sind der Ersatz der Lampen durch schwächere oder die vollständige Demontage einzelner Lampen. Bei Beleuchtungsstärken, die unter dem geforderten Wert liegen, sollte zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke einerseits die Reflektoren gereinigt oder Reflektoren eingebaut werden, oder die Lampen ausgetauscht werden und evtl. durch leistungsfähigere Lampen z. B. Leuchtstofflampen mit einer hohen Farbwiedergabestufe (8-9) ersetzt werden.

9.3.9 L_9 Wartung, Reinigung

Der Nutzer sollte vorhandene Verschmutzungen erkennen oder dafür sensibilisiert werden diese zu erkennen, wie z. B. in Raucherzimmern. Eine regelmäßige Reinigung erhöht die Beleuchtungsstärke und ist für den Raumnutzer von Vorteil.

9.3.10 L_10 Bewegungs- und Präsenzmelder sowie Helligkeitsregelnde Sensoren

Zuerst sollte der Nutzer die Aufmerksamkeit auf die Funktionalität der Melder und Sensoren richten. Nach der Überprüfung der Funktionalität sollte der richtige Montageort des Bewegungsmelders überprüft werden. Bild 9-5 zeigt die optimale Durchschreitung des Erfassungsbereiches, wobei beachtet werden sollte, dass beim Montieren des Melders nicht der Durchschreitende seinen Weg anpassen muss, sondern der Montageort so gewählt werden sollte, dass die Durchschreitung sich durch die Montage nicht ändern sollte.

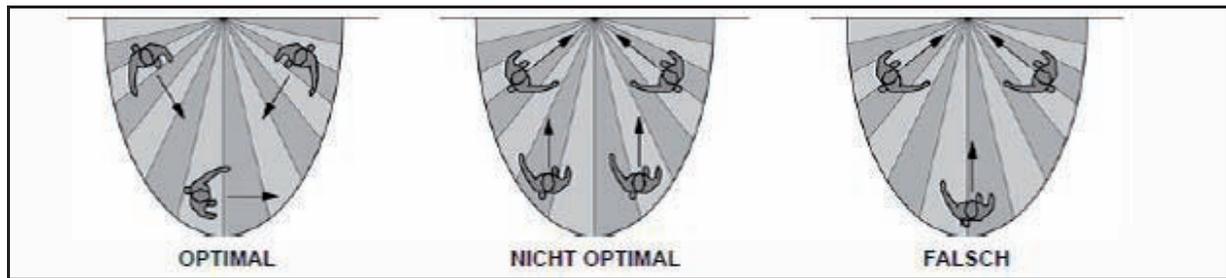


Bild 9-5: Geeignete und ungeeignete Durchschreitung des Erfassungsbereiches von Bewegungsmeldern [40]

Eine Umrüstpfehlung wird gegeben, da es sinnvoll ist, die Melder in niedrigfrequentierten Bereichen zu nutzen, wie z. B. Gänge, Flure, Toiletten, Keller, Tiefgaragen, Dachböden usw. Bei einem helligkeitsregelenden Sensor ist der Montageort sehr wichtig und sollte unbedingt überprüft werden, da die Sichtüberprüfung keine befriedigenden Ergebnisse bringen kann. Die richtige Sensorpositionierung sollte nach unten folgenden Gesichtspunkten überprüft werden.

Der Sensor sollte nicht über Wärmequellen montiert sein. Wärmequellen können Heizkörper oder Abwärme von Bürogeräten sein. Der Sensor sollte nicht vom Sonnenlicht gestreift werden und nicht in Richtung von Lichtquellen, wie z. B. Leuchten gerichtet sein [44] [45].

10 RLT-Anlagen

10.1 Einführung RLT-Anlagen

RLT-Anlagen mit Lüftungsfunktion dienen dazu, die Luftqualität und die thermischen Anforderungen im Raum sicherzustellen. Anlagen ohne Lüftungsfunktion (Umluftanlagen) beeinflussen nur die Parameter Raumtemperatur und -feuchte. Bild 10-1 zeigt die Kategorisierung von RLT-Anlagen. Die Hauptunterteilung erfolgt in Anlagen mit und ohne Lüftungsfunktion. Anlagen mit Lüftungsfunktion sind dazu geeignet im Raum eine bestimmte Luftqualität zu gewährleisten, während Anlagen ohne Lüftungsfunktion nur die Raumtemperatur und -feuchte beeinflussen können.

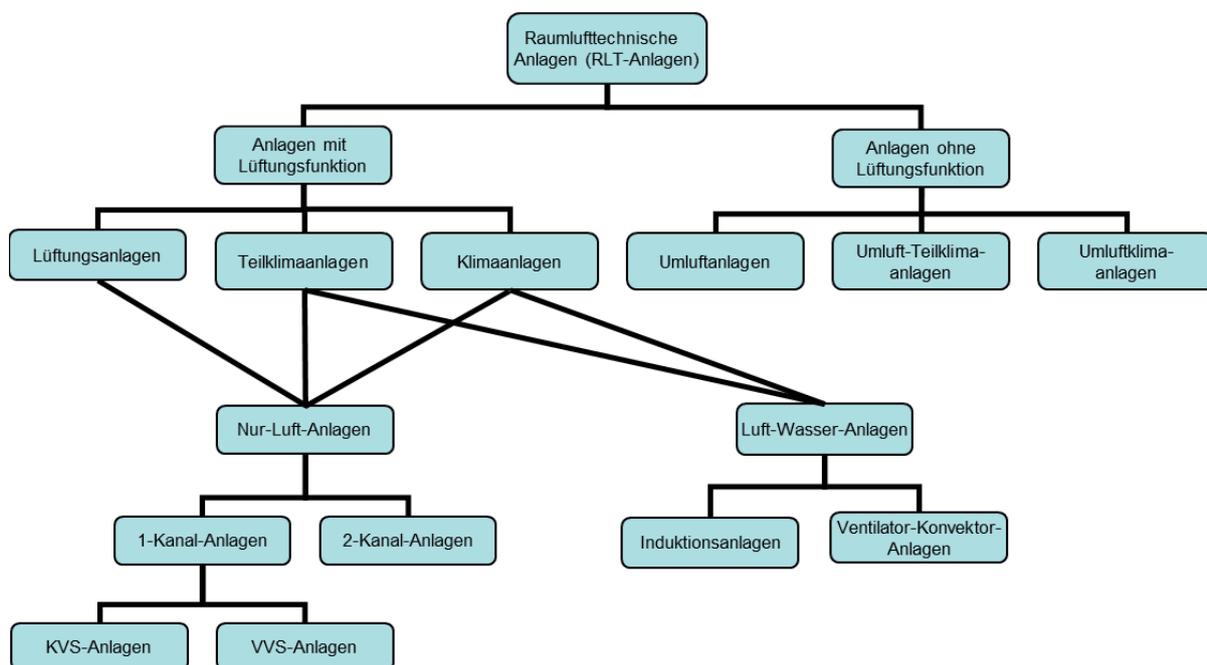


Bild 10-1: Kategorisierung von RLT-Anlagen [46]

Die weitere Unterteilung erfolgt anhand der thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen der Zuluft [46].

Lüftungsanlagen

- Anlagen ohne Luftbehandlungsfunktion
- Anlagen mit einer Luftbehandlungsfunktion

Teilklimaanlagen

- Anlagen mit zwei Luftbehandlungsfunktionen,
- Anlagen mit drei Luftbehandlungsfunktionen

Klimaanlagen

- Anlagen mit vier Luftbehandlungsfunktionen

Als thermodynamische Luftbehandlungsfunktionen für die Zuluft gelten:

- H: Heizen
- K: Kühlen
- B: Befeuchten
- E: Entfeuchten

Der Anlagentyp und die Anzahl thermischer Luftbehandlungsfunktionen haben Einfluss auf Art und Umfang der Inspektion und der Betriebsoptimierung. Aus diesem Grund ist es nötig, sich vor der Durchführung der Inspektion anhand der Dokumentation einen Überblick über die Art und den Aufbau der Anlagen zu machen.

10.1.1 RLT-Anlagen ohne Lüftungsfunktion

Bei diesem Anlagentyp wird dem Raum keine Außenluft durch die RLT-Anlage zugeführt. Die Lüftung des Raumes erfolgt durch Gebäudeundichtigkeiten und Fensterlüftung. Diese RLT-Anlagen befinden sich meist direkt im Raum oder z.B. in der abgehängten Decke. Die Raumluft wird von diesen Geräten angesaugt, konditioniert und wieder in den Raum geblasen. Durch diese Geräte erfolgt die Raumluftkonditionierung rein konvektiv, dies führt häufig dazu, dass hohe Luftgeschwindigkeiten im Raum nötig sind um die Heiz- oder Kühllast abzudecken, dies wirkt sich negativ auf die thermische Behaglichkeit aus. Dieser Anlagentyp findet überwiegend in kleinen Einheiten Verwendung oder wird zur Nachrüstung einer Kühlung eingesetzt.

10.1.2 RLT-Anlagen mit Lüftungsfunktion

Hier wird dem Raum maschinell Außenluft zugeführt, weshalb der Luftwechsel nicht vom Nutzerverhalten abhängig ist (Fenster öffnen) wie bei den Anlagen ohne Lüftungsfunktion. Neben der Unterscheidung anhand der Anzahl der Luftkonditionierungsfunktionen erfolgt die Hauptunterteilung in Nur-Luft-Anlagen und Luft-Wasser-Anlagen. Bei Nur-Luft-Anlagen wird die Luft am Zentralgerät konditioniert, mittels Luftkanälen verteilt und durch Luftdurchlässe in den Raum eingebracht. Bei Luft-Wasser-Anlagen erfolgt am Zentralgerät eine Vorkonditionierung der Luft, mittels im Raum befindlicher Induktionsgeräte oder Gebläse-Konvektoren erfolgt dann die Nachkonditionierung und Einzelraumregelung. Die Wärme- und Kälteverteilung zu den Geräten im Raum erfolgt mittels Wasser, daher auch die Bezeichnung Wasser-Luft. Die Vorteile des Wasser-Luft-Systems sind der geringerer Wärme- und Verteilungsaufwand durch die Wasserverteilung.

10.1.3 Weitere Unterscheidungsmerkmale

Neben der oben beschriebenen Kategorisierung anhand der Lüftungs- und Luftbehandlungsfunktionen können RLT-Anlagen auch anhand ihrer Regelstrategie bzw. ihren Anteil an der Deckung der Heizlast unterschieden werden. Es gibt RLT-Anlagen die:

- **Fall 1:** nur eine Lüftungsfunktion für die Zone haben.
- **Fall 2:** als komplementäres Heizsystem für die Heizflächen dienen (Deckung der Heizlast der Zone durch beide Systeme). Diese Anlagen haben meist nur einen zentralen Luftewärmer.
- **Fall 3:** als komplementäres Heizsystem für die Heizflächen dienen (Deckung der Heizlast der Zone durch beide Systeme). Diese Anlagen haben zusätzlich zu Fall 2 einen Zonnenerwärmer.
- **Fall 4:** das einzige System zur Nutzenübergabe im Heizfall sind (in Deutschland selten).

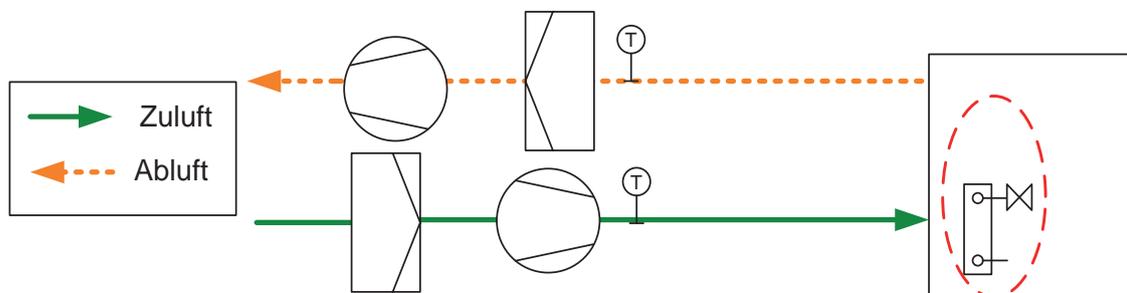


Bild 10-2: RLT-Anlage nur mit Lüftungsfunktion (Fall 1)

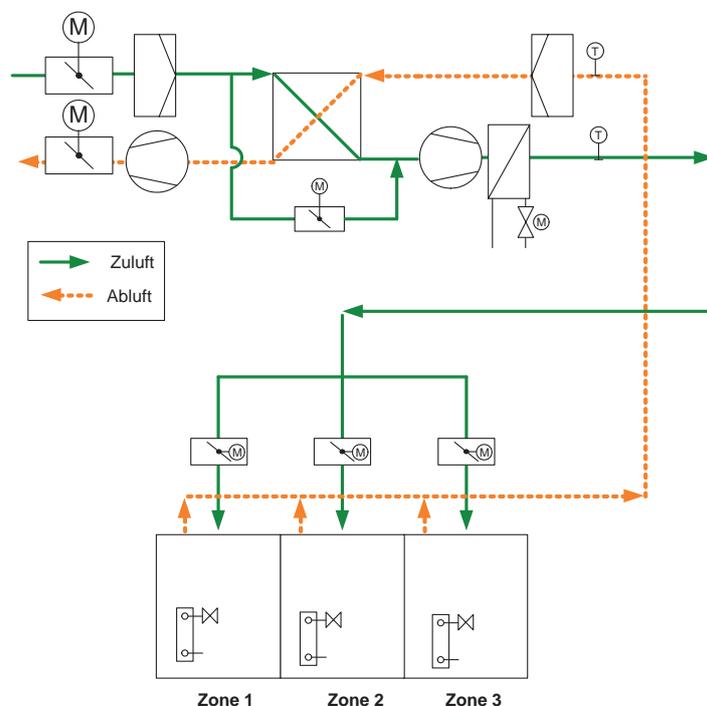


Bild 10-3: RLT-Anlage mit zentralen Luftewärmer, Heizkörper im Raum (Fall 2)

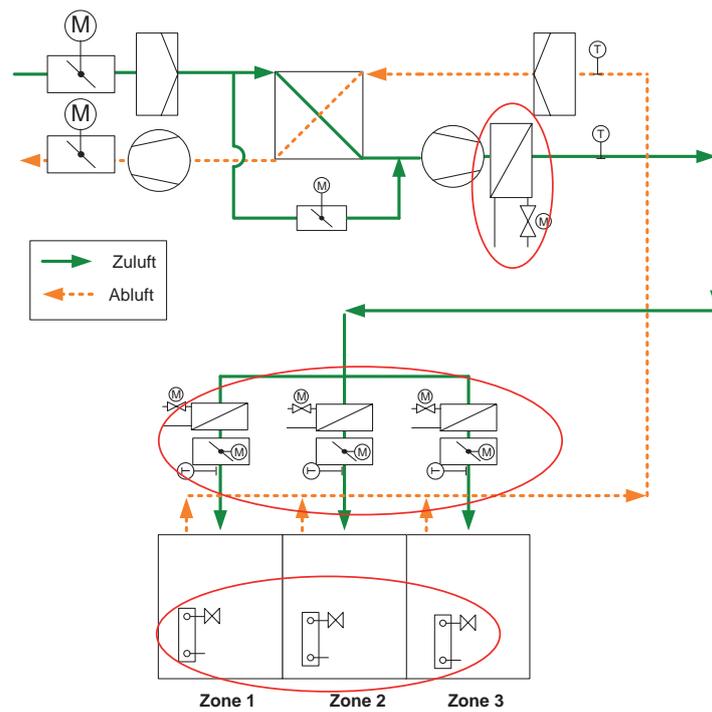


Bild 10-4: RLT-Anlage mit zentralen und dezentralen Lufterwärmer, Heizkörper im Raum (Fall 3)

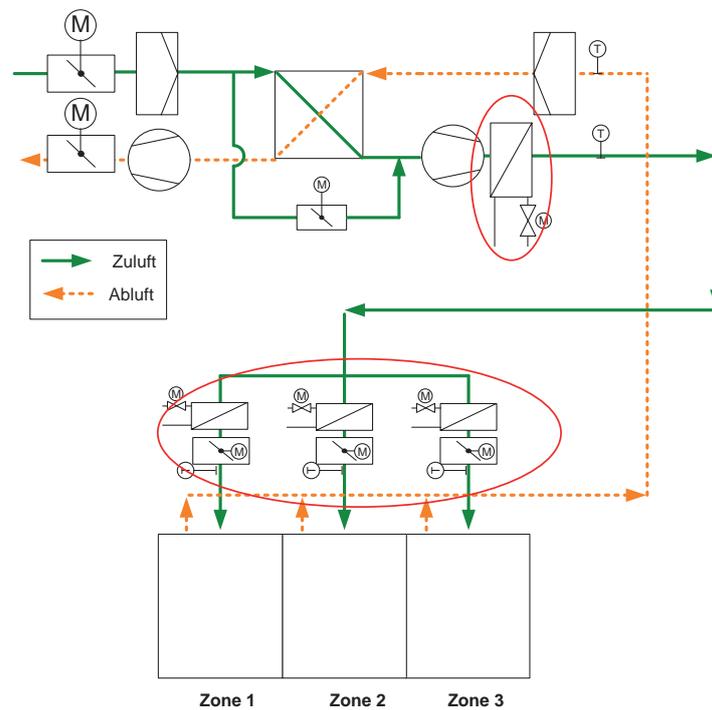


Bild 10-5: RLT-Anlage mit zentralen und dezentralen Lufterwärmer, keine Heizkörper o.ä. (Fall 4)

Welchem der vier beschriebenen Fälle die Anlage zuzuordnen ist, entscheidet darüber, wie die optimale Betriebszeit der Anlage zu wählen ist.

10.2 Wichtige Auslegungsgrößen von RLT-Anlagen

Da RLT-Anlagen nicht nur die Raumtemperatur beeinflussen, sondern auch andere raumklimatische Parameter wie die Luftqualität und die Raumlufffeuchte, wird auf diese Auslegungsgrößen an dieser Stelle etwas näher eingegangen.

10.2.1 Außenluftstrom

Für die Berechnung des Soll-Außenluftstroms sind die Arbeitsstättenverordnung [26] und die DIN EN 15251 [25] maßgeblich, Diese legen den Außenluftvolumenstrom auf unterschiedliche Art und Weise fest. Im Folgenden werden diese beiden Verfahren kurz beschrieben.

Luftvolumenströme nach Arbeitsstättenrichtlinie ASR 5 und ASR 37/1

In der Arbeitsstättenrichtlinie wird, für den Fall, dass eine RLT-Anlage erforderlich ist, der Soll-Luftvolumenstrom gemäß Tabelle 10-1 bemessen. Für Toilettenräume sind im Teil ASR 37/1 die ebenfalls in Tabelle 10-1 dargestellten Werte vorgeschrieben. Der Luftwechsel soll in Toiletten mindestens 5-fach sein.

Tabelle 10-1: Außenluftströme nach ASR 5 für den Fall einer maschinellen Lüftung [26]

Kategorie	Außenluftstrom in m ³ /(h*Person)				Außenluftstrom in m ³ /(h*Person) in Toilettenräumen	
	Nichtraucher		Raucher	Geruchsbelästigung	Pro WC	Pro Urinal
	min	max	min	min	30	15
sitzende Tätigkeit	20	40	30	40		
nicht sitzende Tätigkeit	40	60	50	60		
schwere körperliche Arbeit	> 65		> 75	> 85		

Die Außenluftströme können bei Außentemperaturen über 26 °C bis 32 °C und unter 0 °C bis -12 °C um höchstens 50% linear vermindert werden (z.B. durch Umluft-Betrieb).

Neben der Arbeitsstättenrichtlinie ist die seit 2007 gültige DIN EN 15251 [25] für die Auslegung von RLT-Anlagen bzw. der Auslegungsvolumenströme maßgeblich. Die DIN EN 15251 berechnet den Gesamtaußenluftstrom aus zwei Teilen. Der eine Teil ist personenbezogen, für die Abfuhr der durch die Personen verursachten Stofflasten, und der andere Teil ist flächenbezogen und berücksichtigt die Abfuhr der Stofflasten welche durch Emissionen, z.B. aus den Bodenbelägen, entstehen.

$$\dot{q}_{tot} = n \cdot \dot{q}_P + A \cdot \dot{q}_B \quad (10-1)$$

\dot{q}_{tot}	Gesamtaußenluftvolumenstrom in m ³ /h
n	Anzahl der Personen im Raum (Auslegung)
\dot{q}_P	Außenluftvolumenstrom pro Person in m ³ /h/Person
A	Grundfläche des Raums in m ²
\dot{q}_B	Außenluftvolumenstrom aufgrund der Gebäudeemissionen in m ³ /h/m ²

Anhaltswerte für die flächen- und personenbezogenen Außenluftvolumenströme können Tabelle 10-2 entnommen werden.

Tabelle 10-2: Auslegungsvolumenströme nach DIN EN 15251 [25]

Kategorie	Luftstrom je Person (q_p) in m ³ /(h*Person)	Luftvolumenstrom für Verunreinigungen durch Gebäudeemissionen (q_B) in m ³ /(h*m ²)		
		Sehr schadstoffarme Gebäude	Schadstoff arme Gebäude	Nicht schadstoffarme Gebäude
I	36,0	1,8	3,6	7,2
II	25,2	1,3	2,5	5,0
III	14,4	1,1	1,4	2,9

Falls keine genauen Anforderungen bekannt sind, gilt die Kategorie II für schadstoffarme Gebäude. Zum Ermitteln der Außenluftvolumenströme gibt es das Excel-Arbeitsblatt „Berechnung_Außenluftstrom.xls“. Neben den auf Auslegungs- und Messwerten bezogenen Vergleich der Luftvolumenströme gibt es noch weitere Indizien für erhöhte Luftvolumenströme. Z.B. sind hörbare Strömungsgeräusche in Luftdurchlässen ein Zeichen für zu hohe Luftgeschwindigkeiten und damit auch erhöhten Luftvolumenströmen.

Maßnahmen bei erhöhten Luftvolumenströmen

Wird ein erhöhter Luftvolumenstrom festgestellt, gilt es zu prüfen, welche Maßnahmen bei der vorhandenen Anlage möglich sind, da dies von der technischen Ausstattung abhängig ist. Prinzipiell sind folgende Maßnahmen denkbar:

- Reduzieren der Motordrehzahl mittels Frequenzumrichters.
- Reduzieren der Ventilator-drehzahl durch Änderungen an der Antriebsübersetzung.
- Drosselung mittels Drallklappe
- Absenken des Sollwerts für den Differenzdruck

Bei allen beschriebenen Maßnahmen sind die Grenzen der eingebauten Anlagenteile zu beachten. So kann z.B. die Drehzahl von Motoren nicht beliebig reduziert werden und auch Drosselklappen sind in ihrem Anwendungsbereich eingeschränkt.

10.2.2 Raumlufffeuchte

Verfügt die Anlage über einen Luftbefeuchter, ist dem Sollwert für die Luftbe- und -entfeuchtung besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Hier ist nämlich ein großes Totband möglich, in welchem nicht be- oder entfeuchtet werden muss. Dieser Spielraum bzgl. des Sollwerts wird häufig nicht genutzt, was einen hohen Energiemehrverbrauch zur Folge hat. In Tabelle 10-3 sind die Grenzwerte für die relative Raumlufffeuchte gemäß DIN EN 15251 [25], DIN EN 13779 [47] und Arbeitsstättenrichtlinie ASR 5 [26] angegeben.

Im Bereich zwischen Grenzwert Entfeuchtung und Grenzwert Befeuchtung ist keine Konditionierung der Luft hinsichtlich der Feuchte nötig. Eine Befeuchtung der Luft wird laut DIN EN 15251 erst unterhalb einer relativen Raumlufffeuchte von 30 bzw. 25% nötig um Behaglichkeitsdefizite zu vermeiden. Für die Entfeuchtung (falls technisch möglich) im Sommer ist der Grenzwert der Kategorie III zu empfehlen, Erst oberhalb diesen Wertes sind bauliche Schäden zu befürchten und eine Einschränkung der thermischen Behaglichkeit zu erwarten.

Tabelle 10-3: Grenzwerte für die relative Raumlufffeuchte nach DIN EN 15251 [25] und DIN EN 13779 [47]

DIN EN 15251			DIN EN 13779		Arbeitsstättenrichtlinie 5	
Kategorie	Grenzwert Entfeuchtung	Grenzwert Befeuchtung	Sommerhöchstwert	Wintermindestwert	Lufttemperatur	max. relative Luftfeuchte
I	50%	30%	12g/kg	6 g/kg	20°C	80%
II	60%	25%	60% r.F. bei 26°C	40% r. F. bei 22°C	22°C	70%
III	70%	20%			24°C	62%
IV	> 70%	< 20%	Verweist auf DIN EN 15251		26°C	55%

Identifizieren falscher Sollwerte für die relative Raumlufffeuchte

Der Sollwert kann entweder in der GLT abgelesen werden oder direkt am Schaltschrank der jeweiligen RLT-Anlage. Gegebenenfalls sind auch Messungen während des Betriebs der jeweiligen Anlagenteile, (Befeuchter, Kühler) durchzuführen. Wenn in der GLT eine Trend-Funktion vorhanden ist, ist es ratsam diese auszuwerten, um durch den Verlauf der Raumlufffeuchte Rückschlüsse auf die eingestellten Sollwerte ziehen zu können. Für Räume mit normaler Büronutzung können die Werte der DIN EN 15251 Kategorie 2 angenommen werden. In Räumen, in welchen aufgrund der Nutzung besondere Randbedingungen gelten, z.B. in Serverräumen, Druckereien etc., müssen die Anforderungen der Geräte bzw. der Prozesse berücksichtigt werden. Werden in Bereichen mit besonderer Nutzung Änderungen an der Raumlufffeuchte vorgenommen, muss dies mit den verantwortlichen Personen abgestimmt werden.

10.2.3 Betriebszeit der RLT-Anlage

Die Betriebszeiten von RLT-Anlagen müssen möglichst auf die Nutzungszeit der versorgten Zone beschränkt werden. Um beurteilen zu können wie stark die Betriebszeit reduziert werden kann, müssen die Unterscheidungsmerkmale aus 10.1.3 berücksichtigt werden. In den **Fällen 1-3** sollte das Wiederaufheizen nach einer Absenkephase vom komplementären Heizsystem (Heizkörper o.ä.) ausgeführt werden und die RLT-Anlage erst kurz vor Betriebsbeginn eingeschaltet werden.

Um die am besten geeignete Betriebszeit zu ermitteln, muss zuerst identifiziert werden, welcher Zone im Gebäude die jeweilige RLT-Anlage zuzuordnen ist, und anschließend die Nutzungszeit dieser Zone ermittelt werden. Die Nutzungszeit kann meist bei der Hausverwaltung oder in den jeweiligen Abteilungen erfragt werden. Die Anlagenbetriebszeit kann meist der GLT (wenn vorhanden) entnommen werden oder ist im Schaltschrank der jeweiligen Anlage zu finden.

- Betriebszeiten der Anlage?
- Ist die Betriebszeit nur zentral eingestellt?
- Gibt es ein Bedientableau im Raum?
- Ist eine zeitlich gesteuerte automatische Abschaltung überlagert?

Möglichkeiten der zeitlichen Steuerung

Prinzipiell gibt es mehrere Möglichkeiten den Betrieb von RLT-Anlagen zu steuern. Welche Steuerung am besten geeignet ist, hängt neben der Nutzungsart des Raumes auch von organisatorischen Randbedingungen und den technischen Möglichkeiten ab.

RLT_S 1	zentrale Betriebszeitvorgabe mit Hilfe der Gebäudeleittechnik (GLT)
RLT_S 2	Manuelle Schaltung mittels Bedientableau im Raum, überlagert mit Sperrzeiten der GLT
RLT_S 3	Manuelle Schaltung mittels Bedientableau im Raum, überlagert mit Sperrzeiten der GLT und automatischer Abschaltung gemäß Zeitvorgabe
RLT_S 4	Bedarfsgeführter Betrieb. Mit Hilfe entsprechender Sensoren wird die Anlage so betrieben, dass die Anforderungen, z.B. an die Konzentration eines Schadstoffes, erfüllt werden.
RLT_S 5	ausschließlich manuelles Schalten der Anlage. Diese Art der Schaltung sollte nicht mehr angewandt werden.

Um zu überprüfen, ob die Betriebsart für die jeweilige Nutzung geeignet ist, dient die folgende Übersicht als Anhaltspunkt:

Steuerungsart	Geeignet für folgende Nutzung in Anlehnung an G_3 2.4
RLT_S 1	G_3 2.4 a, b, c, e, f, h, i, j, k, l
RLT_S 2	G_3 2.4 d, l, k, m
RLT_S 3	G_3 2.4 d, l, k, m
RLT_S 4	G_3 2.4 d, l, k, m

RLT-Anlagen von Büroräumen

RLT-Anlagen in Bürobereichen müssen während der Arbeitszeit der Nutzer im Betrieb sein. Die mögliche Arbeitszeit in Bürobereichen umfasst meist einen recht großen Zeitraum am Tag, weshalb die Anlagen recht lange im Betrieb sind. Für diesen Nutzungsbereich empfiehlt sich **RLT_S 1**.

RLT-Anlagen für unregelmäßig genutzte Räume

Sitzungs- und Seminarräume werden meist unregelmäßig genutzt. Außerdem liegt ihre Belegungsdichte meist unter den Auslegungswerten. Versammlungsräume werden entweder nach Zeitprofilen ähnlich wie Bürobereiche betrieben oder können mittels Bedientableaus in den Sitzungszimmern von den Nutzern selbst geschaltet werden.

Bei beiden Möglichkeiten besteht die Gefahr, dass die Anlage länger im Betrieb ist als dies zur Erfüllung ihrer Funktion notwendig ist. Bei der Steuerung per Zeitprofil geht die Anlage zwar am Abend jeweils außer Betrieb, allerdings läuft die Anlage auch, wenn die Sitzungsräume tagsüber nicht genutzt werden. Bei der Variante mit manueller Schaltung durch den Nutzer besteht die Möglichkeit, dass der Nutzer vergisst die Anlage auszuschalten und die Anlage daraufhin unkontrolliert durchläuft. Für unregelmäßig genutzte Räume empfiehlt sich deshalb **RLT_S 3**.

Räume mit hohen Schadstoffemissionen

In Gebäudezonen mit hohen Schadstoffemissionen und/oder Anforderungen an die Schadstoffkonzentration ist eine bedarfsgeführte Lüftung vorzusehen. Zu diesen Zonen gehören z.B. Tiefgaragen, Lagerräume mit Chemikalien und z.B. Lackierereien. Hier ist **RLT_S 1 und 4** empfehlenswert.

Entrauchung im Brandfall

Diese Anlagen werden meist nur zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit eingeschaltet, ansonsten werden sie nur im Brandfall benötigt.

10.2.4 Raumtemperaturen

Erfolgt mit der RLT-Anlage die Raumtemperaturregelung, so sind die Sollwerte der Arbeitsstättenrichtlinie und der DIN EN 15251 zu entnehmen (siehe Kapitel Nutzenübergabe_Heizung).

10.3 Checkliste RLT

Die vollständigen Checklisten zur RLT befinden sich im Anhang. In diesem Abschnitt wird die Checkliste RLT_CL näher erläutert. Die Struktur dieses Kapitels richtet sich nach dem Aufbau der Checkliste RLT_CL.

10.3.1 RLT 1 Übersicht über die RLT-Anlage und die Lüftungszonen

Dieser Abschnitt dient dazu, sich eine Übersicht über die vorliegende RLT-Anlage zu verschaffen. Dabei wird anhand der vorhandenen Unterlagen über die RLT-Anlage, wie z.B. Schaltschemen, Beschreibungen der Regelung, Wartungsprotokollen etc. der Soll-Zustand mit dem Ist-Zustand verglichen. Aus diesen Unterlagen können auch die Informationen entnommen werden, die der Charakterisierung der Anlage dienen. Für die Charakterisierung sind Art und Anzahl der Lüftungszonen, die Luftbehandlungsfunktionen, die installierten Komponenten der RLT-Anlage und die Bauart der Anlage von Interesse. Zu dem erfolgt ein Hinweis für bestimmte Betriebsparameter wie z.B. der Sollwert der Raumluftfeuchte, der dann explizit in RLT_Ü 1 behandelt wird. Anhand der Übersicht sollte der Checklistenutzer auf eingetretene Änderungen aufmerksam werden, auf die beim Betrieb der RLT-Anlage nicht reagiert wurde, wie z. B. Änderungen in den Nutzungszonen oder der Gebäudehülle. Dies sollte den Checklistenutzer darauf aufmerksam machen, dass z. B. eine Änderung der Zulufttemperatur oder des Außenluftstroms nötig ist.

10.3.2 RLT 2 Betriebszeit der Anlage

In diesem Abschnitt wird die zeitliche Steuerung des RLT-Zentralgeräts betrachtet. Zuerst sollte der Checklistenutzer die Steuerungsstrategie erfassen. Dadurch wird deutlich, ob die Strategie zu seiner Nutzung passt oder nicht.

Danach erfolgt der Vergleich zwischen der Betriebs- und Nutzungszeit. Dabei sollte der Checklistenutzer die Ist-Nutzungszeit mit der Soll-Nutzungszeit und Ist-Betriebszeit mit der Soll-Betriebszeit vergleichen. Der Vergleich ist nötig, um die Betriebszeit der RLT-Anlage an die Nutzungszeit der Gebäudezone anzupassen. Durch den Vergleich wird vermieden, dass die RLT-Anlage unnötig in Betrieb ist. Die optimale Betriebszeit hängt dabei von verschiedenen Kriterien ab, welche im Kapitel 10.2.3 bereits beschrieben sind.

10.3.3 RLT 3 Luftvolumenströme

Im Abschnitt RLT_3 der Checkliste wird überprüft, ob es Dokumente gibt, die sich zum Überprüfen der eingestellten Luftvolumenströme eignen. Darüber hinaus werden Auffälligkeiten kontrolliert, die einen Hinweis auf zu hohe Luftvolumenströme oder eine schlechte Einregulierung des Luftkanals geben. Außerdem spielen die Nutzung, bzw. eventuelle Änderungen der Nutzung, eine wichtige Rolle bei der Analyse der Luftvolumenströme. Da die Checklistenform bei Anlagen mit mehreren Lüftungszonen sehr unübersichtlich werden würde, erfolgt die weitere Bearbeitung der Luftvolumenströme im Übersichtsblatt RLT_Ü 1.

10.3.4 RLT 4 Ventilator

Allgemeine Angaben zum Ventilator

An dieser Stelle wird der Typ des Ventilators, die Art der Regelung und des Antriebs abgefragt. Dabei wird der Nutzer auf energieeinsparende Umrüstpfehlungen aufmerksam gemacht. Zur optimalen Regelung des Volumenstroms wird ein frequenzgeregelter Drehstrommotor empfohlen. Beim Antrieb ist ein Flachriemenantrieb zu empfehlen, da dieser in niedrigen Leistungsbereichen den größten Wirkungsgrad hat [33].

Daten und Zustand des Ventilators

Die Abfrage der Daten dient dazu einen Soll-Ist-Vergleich durchzuführen. Die spezifische Ventilatorleistung ist ein Anlagenkennwert. Der Ist-Wert ist der Quotient elektrischer Leistungsaufnahme und transportierten Luftvolumenstrom. Anhaltspunkte für übliche SFP-Werte befinden sich in der DIN EN 13779 [47]. Der Vergleichswert setzt sich zusammen aus den SFP-Werten aller Zu- und Abluftventilatoren sowie Zuschlägen, die aus den gewählten Filtern resultieren, geteilt durch den Anlagenluftvolumenstrom. Die EnEV 2009 verlangt einen Anlagenkennwert von SFP 4 und besser [7].

Die Effizienzklasse von Ventilatoren ist mit dem Wirkungsgrad und der Leistung verknüpft. Empfohlen werden Ventilatoren der Effizienzklasse 1 [7]. Dies sollte bei einem anstehenden Ventilatorwechsel beachtet werden.

Beim Ventilator ist zu dem durch eine Sichtprüfung sicher zu stellen, ob Verschmutzungen oder andere Beschädigungen vorliegen, die den Ventilator behindern. Eine regelmäßige Reinigung der Schaufeln ist notwendig um den Betriebspunkt des Ventilators nicht zu verschlechtern. Leckagen sollten beseitigt werden.

10.3.5 RLT 5 Luftherwärmer

Beim Luftherwärmer wird zuerst die Bauart, Regelung Auslegung usw. abgefragt. Ein wichtiger Betriebsparameter beim Luftherwärmer ist die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf. Eine auffällige Spreizung (zu groß oder zu klein) kann verschiedene Ursachen haben, wie z. B. falsch montierte Fühler, ein fest sitzendes Regelventil oder eine fest sitzende Außenluftklappe. Weiterhin wird die Regelung des Luftherwärmers erfasst. Der Luftherwärmer sollte außer Betrieb gehen, wenn die Außentemperatur die nötige Zulufttemperatur abdecken kann. Besonders wichtig ist es darauf zu achten, dass nicht gleichzeitig geheizt und gekühlt wird. Ein gleichzeitiger Betrieb des Luft(nach)erwärmers und des Luftkühlers ist nur im Entfeuchtungsbetrieb notwendig.

10.3.6 RLT 6 Luftkanal der Anlage

Bei den Luftkanälen sind die wichtigsten Einflussgrößen die Wärmedämmung und die Dichtheit der Kanäle. Außerdem muss kontrolliert werden, ob der Kanal an man-

chen Stellen offensichtliche Schäden hat und evtl. sogar Öffnungen vorhanden sind, an welchen die Luft unkontrolliert ausströmt.

10.3.7 RLT 7 Luftfilter

Die Luftfilter haben die Aufgabe grobe Partikel z.B. aus der Außenluft zu filtern. Dies dient zum einen der Luftqualität der Zuluft, und zum anderen beugt es der Verschmutzung anderer Komponenten vor. Luftfilter werden dann zu einem Problem für den Betrieb der RLT-Anlage, wenn sie nicht rechtzeitig gewechselt werden. Sind Luftfilter stark verschmutzt, nimmt der Strömungswiderstand stark zu und der Druckabfall der gesamten Anlage steigt an, weshalb die Ventilatoren einen höheren Energiebedarf haben.

10.3.8 RLT 8 Volumenstromregler der RLT-Anlage

Volumenstromregler (VSR) haben die Aufgabe einzelnen Lüftungszonen einen bestimmten Luftvolumenstrom zuzuführen. Sie werden quasi für den „hydraulischen Abgleich“ von Luftkanalnetzen benötigt. Funktioniert der hydraulische Abgleich des Luftkanalnetzes nicht, sind die Folgen die Gleichen wie z.B. bei der Heizungsverteilung, nämlich:

- Unter- und/oder Überversorgung mancher Lüftungszonen,
- evtl. ein erhöhter Druckabfall im Kanalnetz,

als Folge daraus entsteht

- ein erhöhter Stromaufwand an den Ventilatoren und
- evtl. ein erhöhter Wärme- und Kältebedarf wenn die Luftvolumenströme ansteigen.

Indikatoren dafür, dass die VSR nicht korrekt funktionieren sind:

- benötigte Einlaufstrecken sind nicht vorhanden,
- die VSR sind ungünstig montiert und
- auffällig viele VSR sind entweder ganz offen und drosseln stark ab.

Vor allem der zweite Punkt ist ein Hinweis darauf, dass die VSR nicht in ihrem Auslegungsbereich betrieben werden und deshalb nicht korrekt regeln können. Außerdem muss überprüft werden, ob es Nutzungszonen gibt, welche nicht mehr genutzt werden und mittels des VSR von der Zuluft abgetrennt werden können.

10.3.9 RLT 9 Klappen und Luftdurchlässe der RLT-Anlage

Bei den Luftdurchlässen sollte auf mögliche Änderungen geachtet werden, die man durch eine Sichtprüfung, bezogen auf Sauberkeit, Funktionalität und Geräusche erkennen sollte. Diese Prüfung ist wichtig, da verrostete, verstellte und schmutzige Luftdurchlässe einen erhöhten Strömungswiderstand zur Folge haben. Neben dem

damit verbundenen erhöhten Stromverbrauch am Ventilator, kann dies auch Probleme mit der Temperaturregelung verursachen, da der Raum nicht mehr planungsgemäß betrieben wird. Wird aufgrund dieser Probleme die Solltemperatur im Raum nicht mehr erreicht, versucht evtl. der Nutzer oder die Anlage dies zu kompensieren, was meist mit einem erhöhten Energieverbrauch verbunden ist. Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass die Zu- und Abluftdurchlässe nicht verstellt oder verschlossen sind, damit sich kein Überdruck aufbauen kann. Ein weiteres Problem mit den Luftdurchlässen kann ein sog. hydraulischer Kurzschluss sein, d.h. dass die Zuluft direkt von den Zuluftdurchlässen zu den naheliegenden Abluftdurchlässen strömt, und so keine Wirkung auf die Luftqualität und -temperatur entfaltet. Allerdings ist eine eventuelle Änderung der Anordnung schwierig, da es sich um eine bauliche Maßnahme handelt, die nicht niedrig-investiv ist [10].

10.3.10 RLT 10 Luftbefeuchter der RLT-Anlage

Das wesentliche Optimierungspotenzial bei Luftbefeuchtern besteht in der Wahl des Sollwerts für die Raumluftfeuchte und der richtigen Regelungsstrategie. Außerdem muss darauf geachtet werden, ob das Gerät dicht ist und die hygienischen Anforderungen erfüllt.

10.3.11 RLT 11 Luftkühler

Zuerst wird die Bauart etc. des Luftkühlers ermittelt und überprüft, welche Unterlagen zu der Anlage vorhanden sind. Es folgt ein Soll-Ist-Vergleich zwischen Bestand und Planung sowie der Vor- und Rücklauftemperaturen des Kaltwassers. Aus den Temperaturangaben ergibt sich eine Spreizung. Falls diese Spreizung abweicht, kann dies unterschiedliche Gründe haben. Eine Ursache für eine zu hohe Spreizung kann sein, wenn das Regelventil über dem Sollwert hängt (zu weit geöffnet) oder die Außenluftklappe festsetzt (über der Sollposition, d. h. zu weit geöffnet) oder der Außen- oder Zulufttemperaturfühler falsch montiert ist. Ursachen einer zu kleinen Spreizung können ein unter dem Sollwert hängendes Regelventil (zu weit geschlossen) sein. Außerdem könnte die Außenluftklappe festsetzen (unter der Sollposition, d. h. zu weit geschlossen) oder die Kühleroberfläche ist verschmutzt (Verkeimung durch Feuchtigkeit). Außerdem werden Hinweise zum Auffinden von Problemen mit Temperaturfühlern und der Regelung gegeben. Wenn mit dem Luftkühler entfeuchtet wird, ist darauf zu achten, dass dieser nicht bereift, da dadurch die Leistung des Luftkühlers abnimmt. Dies ist auf den höheren Strömungs- und Wärmeübergangswiderstand zurückzuführen. Kommt es zu Eisbildung am Luftkühler, ist zu prüfen ob die Vorlauf-temperatur korrekt eingestellt ist und ob die Regelung funktioniert (also alle Fühler und Stellglieder funktionieren etc.) Im normalen Anwendungsbereich in Büro- und Verwaltungsgebäuden sollte es nicht zu Eisbildung kommen.

Bei der Betriebsstrategie des Luftkühlers sollte darauf geachtet werden, dass möglichst häufig die Außenluft zum Kühlen eingesetzt wird. Tabelle 10-4 zeigt eine Empfehlung für die Betriebsstrategie des Luftkühlers. Ob diese Betriebsstrategie funktioniert, sollte wenn möglich anhand von Aufzeichnungen (Betriebsstunden o.ä.) oder mittels regelmäßiger Beobachtung überprüft werden.

Tabelle 10-4: Anteil der Außenluft an der Zuluft in Abhängigkeit von den Temperaturen der Außenluft, Abluft, Mischluft und Zuluft [48]

$\vartheta_{AU} = ?$		
$\vartheta_{AU} < \vartheta_{ZU}$	$\vartheta_{AU} \leq \vartheta_{AB}, \vartheta_{AU} \geq \vartheta_{ZU}$	$\vartheta_{AU} > \vartheta_{AB}$
Kühlfall	Kühlfall	Kühlfall
Kühlung erfolgt nur durch Außenluft. Anteil zwischen 20% und 100%.	Kühlung wird unterstützt durch Außenluft. Anteil bei 100%.	Mindestaußenluftanteil von 20%
Luftkühler und Vorerhitzer sind aus.	Luftkühler läuft.	Luftkühler läuft.

11 Kühlung

11.1 Grundlagen der Kühlung

Die Beschreibung der Bedarfsentwicklungsmethode im Kapitel „7.1 Grundlagen Heizung“ gilt analog auch für die Kühlung. Aus diesem Grund wird hier nicht näher auf die Grundlagen eingegangen.

11.2 Nutzenübergabe der Kühlung

11.2.1 Übersicht über Systeme der Nutzenübergabe im Kühlfall

Für die Kühlung gibt es, wie bei der Heizung, viele Möglichkeiten der Nutzenübergabe im Raum. Diese sind in Bild 11-1 dargestellt.

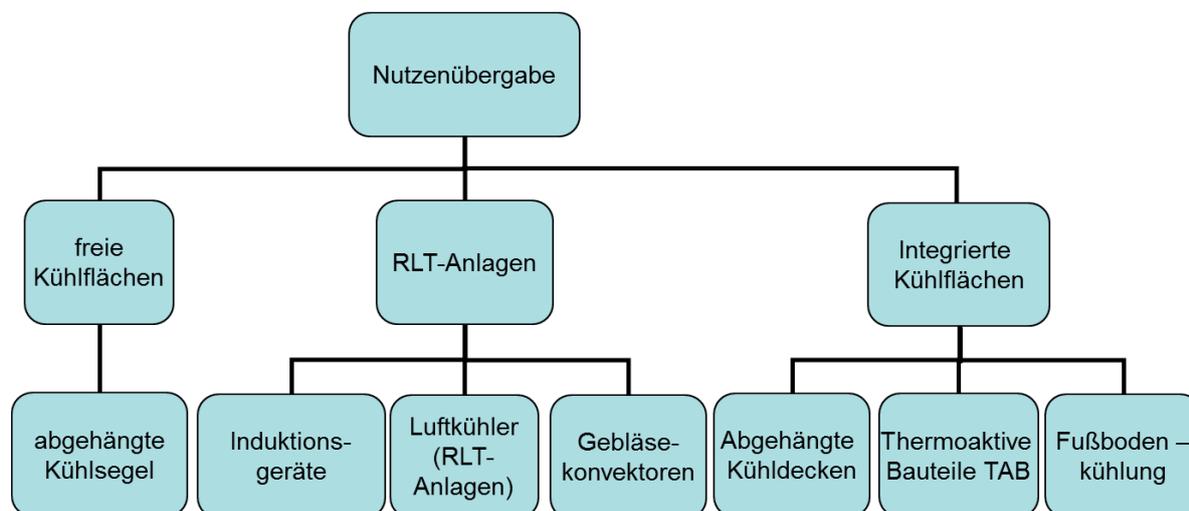


Bild 11-1: Mögliche Systeme zur Nutzenübergabe im Kühlfall

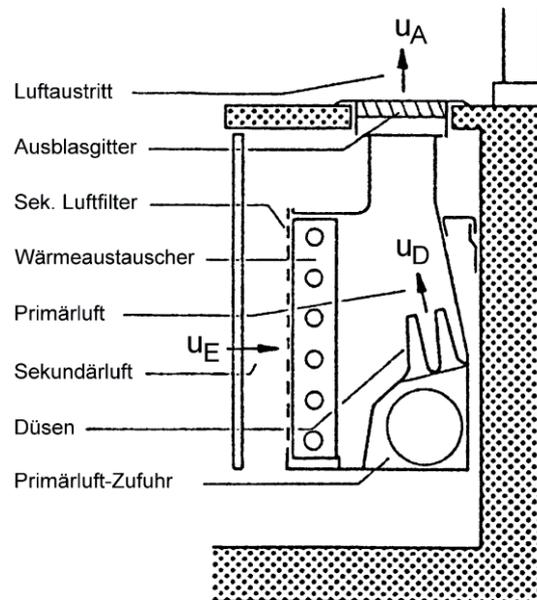
11.2.2 Nutzenübergabe mittels RLT-Anlagen

Die Nutzenübergabe der Kühlung erfolgt häufig mittels Raumluftechnischer Anlagen. Wie in Bild 11-1 ersichtlich gibt es dabei im Wesentlichen drei Möglichkeiten:

- Induktionsgeräte (bei Luft-Wasser-Anlagen)
- Luftkühler in zentralen RLT-Anlagen (Nur-Luft-Anlagen)
- Gebläse-Konvektoren (Umluftgeräte)

Induktionsgeräte

Induktionsgeräte werden in Verbindung mit Luft-Wasser-Anlagen (siehe Kapitel RLT-Anlagen) eingesetzt. Sie sind entweder in der Brüstung oder unter der Decke angebracht. Bei Induktionsgeräten stellt sich eine Tangentialströmung entlang der Außenwand oder der Decke ein. Bild 11-2 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Induktionsgerätes.



$$u_A \approx 1-2 \text{ m/s}$$

$$u_D = 10-20 \text{ m/s}$$

$$u_E < u_A$$

Bild 11-2: Prinzip eines Induktionsgerätes [49]

Luftkühler in einer RLT-Zentrale

Bei Nur-Luft-Anlagen erfolgt die Kältenutzenübergabe mittels eines Luftkühlers, der sich entweder in der RLT-Anlage oder im Luftkanalnetz befindet. Luftkühler sind meist einfache Platten-Wärmeübertrager. Sie können direkt oder indirekt gekühlt werden. Direkt bedeutet, dass das Kältemittel direkt im Luftkühler verdampft. Indirekt bedeutet, dass über ein Kälteübertragemedium, meist Wasser, gekühlt wird, das über ein Rohrleitungssystem transportiert wird. Eine weitere Variante ist, dass der Luftkühler über eine eigene kleine Kältemaschine verfügt. Bild 11-3 zeigt den Zusammenhang zwischen RLT-Anlage und Kältemaschine, für den Fall das der Luftkühler an das Kaltwassernetz des Gebäudes angeschlossen ist. Vollständigkeitshalber wurde auch die Wärmeerzeugung mit eingebunden.

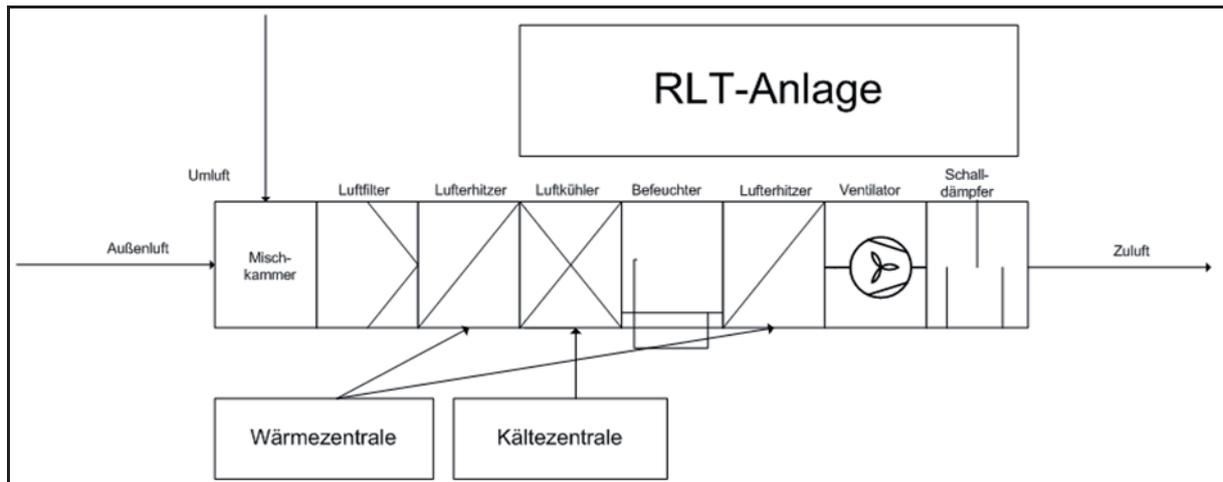


Bild 11-3: RLT-Anlage mit Anbindung an Kälte- und Wärmezentrale (schematisch) [24]

Neben der Kühlfunktion können Luftkühler auch zum Entfeuchten genutzt werden. Die Entfeuchtung geschieht dadurch, dass die Kühloberfläche unter die Taupunkttemperatur der Luft gekühlt wird, wodurch Kondensat ausfällt und sich so die absolute Feuchte der Luft reduziert. Zum Entfeuchten sind niedrige Kaltwasservorlauftemperaturen notwendig. Empfohlen werden Kaltwasservorlauftemperaturen von 4 bis 8 °C bei Taupunkttemperaturen von 8 bis 12 °C [49].

Luftdurchlässe im Raum

Luftdurchlässe können sehr unterschiedlich ausgeführt sein. Sie werden unterschieden nach Art des erzeugten Strömungsbildes, der Anbringung im Raum. Sie können in Boden, Wand oder Decke angebracht oder in Möbelstücke integriert sein [49]. Übliche Bauformen für Luftdurchlässe sind:

- Gitterdurchlässe
- Schlitzdurchlässe
- Düsendurchlässe
- Radial- und Dralldurchlässe

11.2.3 Integrierte Kühlflächen

Kühldecken

Kühldecken zählen zu den integrierten Kühlflächen. Es handelt sich dabei meist um eine abgehängte Decke (aus Metall oder Gipskarton), deren Oberseite mit einem Rohrregister versehen ist, durch welches kaltes Wasser fließt. Kühldecken haben nur eine geringe Speichermasse, sind deshalb gut regelbar und eignen sich zum Abdecken von Spitzenlasten [31].

Thermische Bauteilaktivierung

Die Thermische Bauteilaktivierung (TBA) wurde bereits im Kapitel „Nutzenübergabe der Heizung“ erwähnt. Die dort beschriebenen Eigenschaften gelten auch im Kühlfall.

11.2.4 Freie Kühlflächen

Abgehängte Kühlsegel

Dieser Kühlflächentyp ist ähnlich aufgebaut wie Kühldecken, allerdings umfassen sie nicht die gesamte Deckenfläche, weshalb sie seitlich umströmt werden können und auch an der Oberseite eine hohe konvektive Wärmeabgabe erreichen. Dieser Typ ist recht selten anzutreffen.

11.3 Kälteverteilung

Die Kälteverteilung ist die Verbindung zwischen Kälteerzeugung und der Kältenutzenübergabe. Das Rohrleitungssystem bei der Kälteverteilung ist entweder ein 1-Kreis-System oder ein 2-Kreis-System (siehe Bild 11-4) [49]. Kreisläufe werden mit Pumpen betrieben, damit das Medium in den Rohren zirkulieren kann. Meistens werden Kreiselpumpen eingebaut [31].

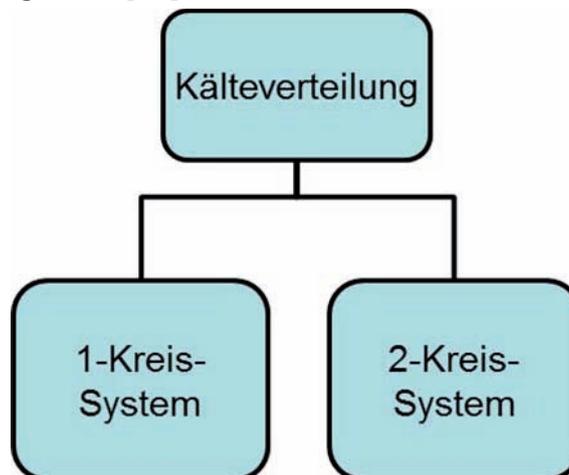


Bild 11-4: Kategorisierung der Kälteverteilung

11.3.1 1-Kreis-System

Beim 1-Kreis-System werden der Kälteerzeuger und der -verbraucher von einer Kaltwasserpumpe bedient. Somit muss die kleinste Kühllast der Verbraucher etwas größer sein, als die kleinste einstellbare Leistung der Kältemaschine [49] um eine gute Regelbarkeit zu gewährleisten. Bild 11-5 zeigt schematisch den Aufbau eines 1-Kreis-Systems.

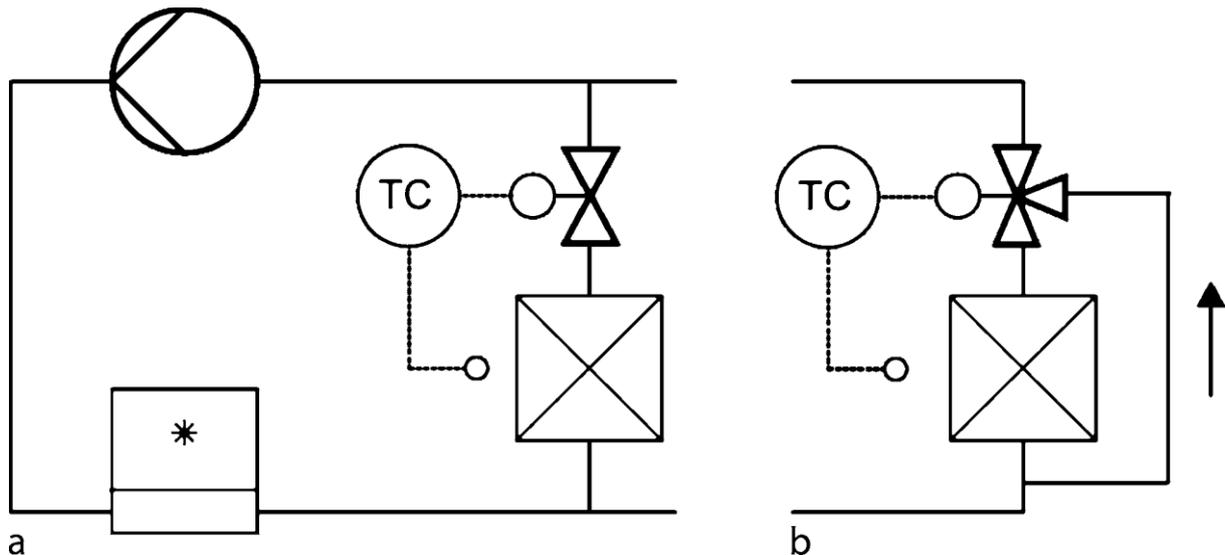


Bild 11-5: Beispiel für ein 1-Kreis-System [49]

11.3.22-Kreis-System

Beim 2-Kreis-System gibt es mehrere Kältemaschinen und –verbraucher, die jeweils zu einem eigenen Kreislauf mit eigener Pumpe zusammengeschlossen sind. So kann die Kälteleistung besser an den Bedarf angepasst werden. Man kann einzelne Verbraucher weg- und zuschalten. Zu dem kann bei einem 2-Kreis-System ein Kältespeicher eingebunden werden [49]. Bild 11-6 zeigt die Prinzip Skizze eines 2-Kreis-Systems.

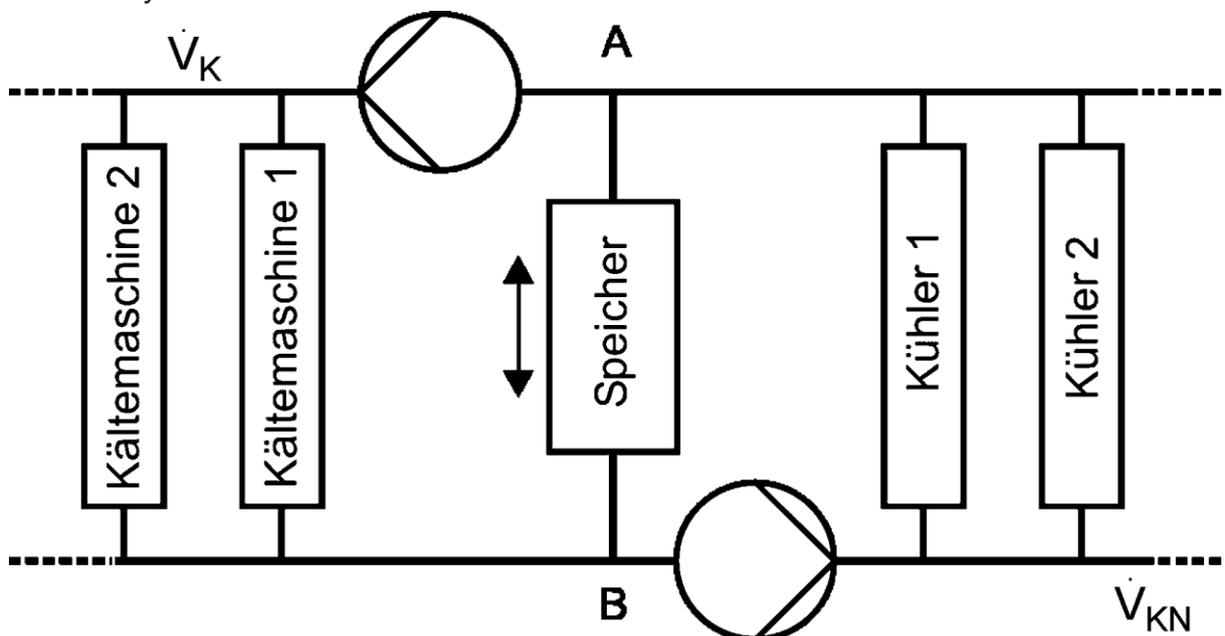


Bild 11-6: Beispiel für ein 2-Kreis-System [49]

11.4 Kältespeicher

Kältespeicher dienen dazu, Leistungsspitzen zu dämpfen, die verfügbare Kälteleistung zu vergrößern, ohne etwas an der Kälteerzeugung zu verändern, die Kälteversorgung bei Stromausfall zu sichern oder die Lastspitze zu senken. Wenn Kältespeicher vorhanden sind, sollten sie eingesetzt, und sinnvoll betrieben werden [49].

11.5 Kälteerzeugung

Die Systeme der Kälteerzeugung können in ähnlicher Weise kategorisiert werden wie die Wärmeerzeugung, und zwar anhand der Anzahl der Einsatz- und der Zielenergien. Bild 11-7 zeigt die wichtigsten Möglichkeiten zur Kälteerzeugung.

11.5.1 Eine Einsatzenergie und eine Zielenergie

Freie Kühlung durch die Außenluft

Liegt die Außenlufttemperatur unter dem Raumtemperatursollwert im Kühlfall, kann die Außenluft zur Kühlung verwendet werden. Dies kann entweder durch freie Lüftung geschehen, wobei die Außenluft durch Öffnungen in der Gebäudehülle (offene Fenster, Luftdurchlässe) einströmt, oder mit Unterstützung des Ventilators einer RLT-Anlage. Der Luftkühler der RLT-Anlage ist bei dieser Variante außer Betrieb. Bei der freien Lüftung besteht das Problem, dass das Öffnen der Fenster nicht immer möglich ist (Lärm aus der Umgebung, Zugscheinungen etc.). Freie Kühlung durch Außenluft funktioniert nur, wenn sich die Außenlufttemperatur in einem bestimmten Bereich befindet, es darf weder zu kalt noch zu warm sein. Aus diesem Grund ist eine zuverlässige Kühlung alleine mit diesem Konzept nicht zu jeder Zeit gewährleistet. Allerdings sollte es in der Übergangszeit genutzt werden um den Energieverbrauch der Kühlung zu reduzieren.

Freie Kühlung durch Geothermie, Wasser o.ä.

Bei dieser Lösung ist ein Bauwerk nötig um die Kälte für das Gebäude nutzbar zu machen. Für die Geothermie sind Erdwärmesonden oder Erdkollektoren nötig. Um eine ausgeglichene Temperatur im Erdreich zu erhalten, bietet es sich an, Erdwärmesonden nicht nur als Wärmesenke im Sommer sondern auch als Wärmequelle (z.B. für eine Wärmepumpe) im Heizfall zu nutzen.

Freie Kühlung durch ein Rückkühlwerk

In diesem Fall wird ein Nass- oder Trockenkühlturm eingesetzt um die benötigte Kälte bereit zu stellen. Aufgrund des Funktionsprinzips dieser Techniken funktioniert diese Art der Kühlung nur unterhalb bestimmter Außentemperaturen. Dieses System ist also auch nicht dazu geeignet als einziges Kühlsystem Spitzenlasten abzudecken.

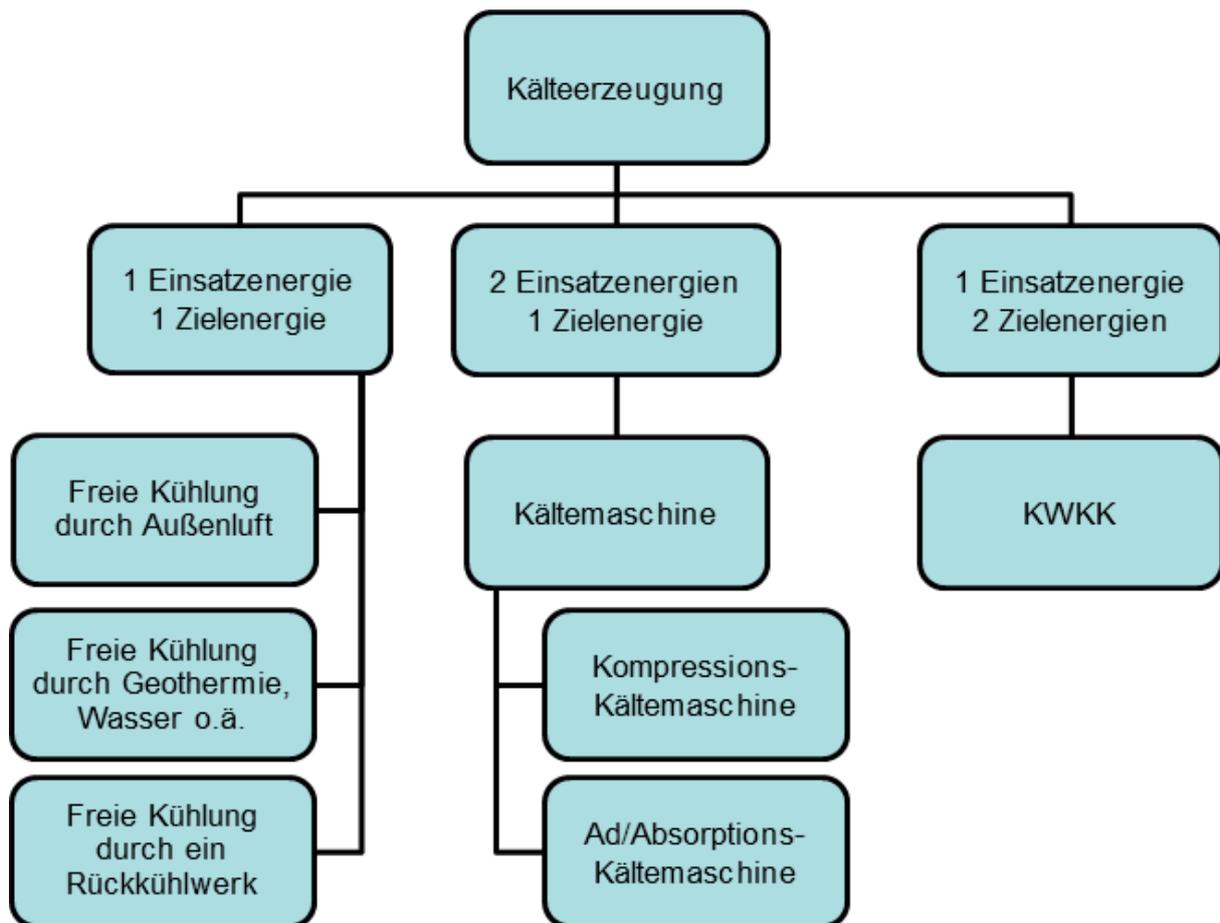


Bild 11-7: Kategorisierung der Kälteerzeugung

11.5.2 Zwei Einsatzenergien und eine Zielenergie

In diese Kategorie fällt die maschinelle Kälteerzeugung mittels einer Kältemaschine. Im Wesentlichen gibt es dabei zwei Typen von Kältemaschinen, Kompressions- und Ad- bzw. Absorptionskältemaschinen. Dies ist die verbreitetste Art zur Kälteerzeugung und wird im Weiteren kurz erläutert [31].

Kreisprozess und Carnot-Prozess

Der thermodynamische Kreisprozess der Wärmepumpen und Kältemaschinen zugrunde liegt, ist der Carnot-Prozess. Bei diesem Kreisprozess zirkuliert ein Medium, das Kältemittel, in einem geschlossenen System.

Bei der Kältemaschine handelt es sich um einen linkslaufenden Prozess unterhalb der Umgebungstemperatur [31]. „Linksprozessen wird Arbeit zugeführt, um Wärme, welche bei einem Teilprozess zugeführt wird, bei einer höheren Temperatur in einem anderen Teilprozess abzugeben“ [38].

Der ideale Carnot-Prozess dient als Vergleichsgröße um reale Kältemaschinenkreisprozesse zu bewerten und ist in Bild 11-8 in einem Temperatur-Entropie-Diagramm

dargestellt [38]. Er ist deshalb idealisiert, da dieser Verlauf in einer realen Maschine aufgrund verschiedener Verluste nicht erreicht werden kann.

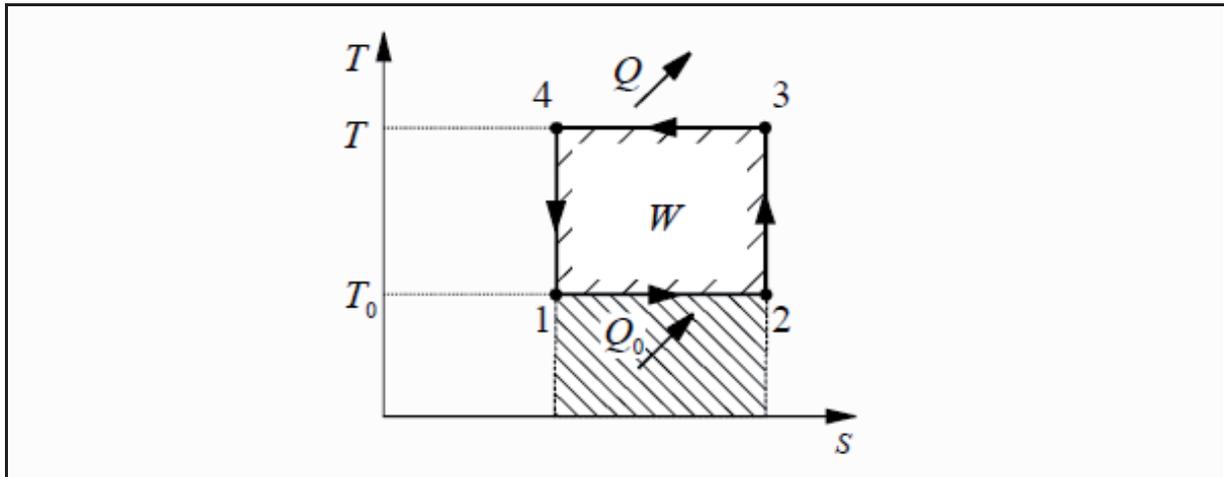


Bild 11-8: Linkslaufender Carnot-Prozess im T, S-Diagramm aus [38]

Der Carnot-Prozess besteht aus 4 Teilprozessen:

1-2 isotherme Wärmeaufnahme: Das zirkulierende Medium entzieht dem zu kühlenden Raum bei der Temperatur T_0 die Wärme Q_0 . Dabei wird der Raum gekühlt.

2-3 isentrope Arbeit: Das zirkulierende Medium wird auf ein Temperaturniveau mittels Arbeit gehoben. Dabei steigt der Druck. Folgende Arbeit muss verrichtet werden:

$$W = Q - Q_0 \quad (11-1)$$

mit

W Arbeit in Wh

Q abgegebene Wärme in Wh

Q_0 aufgenommene Wärme in Wh

3-4 isotherme Wärmeabgabe: Das zirkulierende Medium gibt bei der höheren Temperatur T die Wärme Q ab.

4-1 isentrope Entspannung: Das zirkulierende Medium wird entspannt. Dabei sinken Temperatur und Druck [38].

Isentrop bedeutet, dass die Verdichtung und Entspannung bei gleichbleibender Entropie vor sich geht. Isotherm bedeutet, dass Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe bei gleichbleibender Temperatur stattfinden. Bild 11-9 zeigt einen realen Kältemaschinenprozess im $\log p$ - h -Diagramm. Im realen Prozess das Kältemittel überhitzt (1-1'), um sicher zu gehen dass das Kältemittel vollständig verdampft. Die Unterkühlung (3-3') entsteht, wenn dem Kältemittel mehr Wärme entzogen wird als zur Kondensation notwendig ist. Die Unterkühlung und Überhitzung haben einen großen Einfluss auf den Betrieb einer Kältemaschine [38][31].

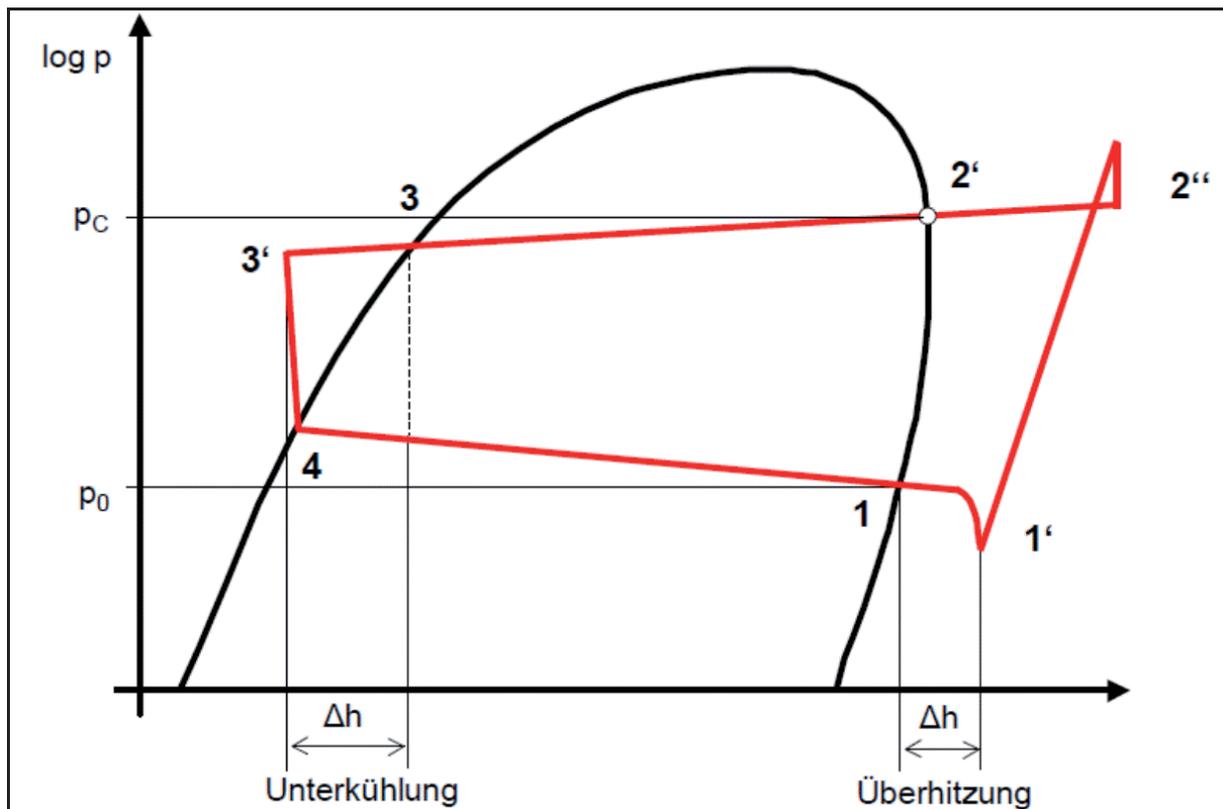


Bild 11-9: Überhitzung und Unterkühlung des Arbeitsmittels im Druck-Enthalpie-Diagramm beim realen Kreisprozess [49]

Kältemittel

An das verwendete Kältemittel werden verschiedene Anforderungen gestellt. Dies sind zum einen technische Anforderungen bzgl. der Verdampfungstemperatur (t_0) und des Verdampfungsdrucks (p_0) etc. Zum anderen gibt es aber auch politisch motivierte Anforderungen bzgl. der Umweltverträglichkeit etc. was dazu führt, dass bei vielen Kältemaschinen das Kältemittel ausgetauscht werden muss. Darauf ist seitens der Betreiber von Anlagen besonders zu achten.

Arten der Kälteerzeugung

Die Arten der Kälteerzeugung bei Kältemaschinen unterscheiden sich nach der Art des verwendeten Prinzips zur Verdichtung. Dabei gibt es

- Kompressionskälteprozesse und
- Sorptionskälteprozesse.

Kompressionskälteprozesse werden unterteilt in Kaltdampfkälteprozesse, Kaltluftkälteprozesse, Dampfstrahlkälteprozess. Alle diese Prozesse funktionieren mittels eines mechanischen Verdichters. Der Unterschied zwischen diesen drei Prozessen besteht in der Art des zirkulierenden Mediums und seinen Aggregatzuständen [38].

Da die meisten Kältemaschinen nach dem Kaltdampfprozess arbeiten, werden hier die Komponenten der Kaltdampf-Kompressionskältemaschine betrachtet.

Kaltdampf-Kompressionskälteprozess

Der Kompressionskälteprozess wird von einem mechanischen Verdichter angetrieben, der meist elektrisch betrieben wird. Das Kältemittel wird mit Hilfe des Verdichters auf ein höheres Druck- und Temperaturniveau gebracht [38]. Bild 11-10 zeigt eine Kompressionskältemaschine samt ihrer Kreisläufe. Die Bauelemente sind geschlossen miteinander verbunden und in diesem Kreislauf zirkuliert das Kältemittel. Im Kaltwasser- und Kühlwasserkreislauf zirkuliert bei großen Kompressionskälteanlagen Wasser.

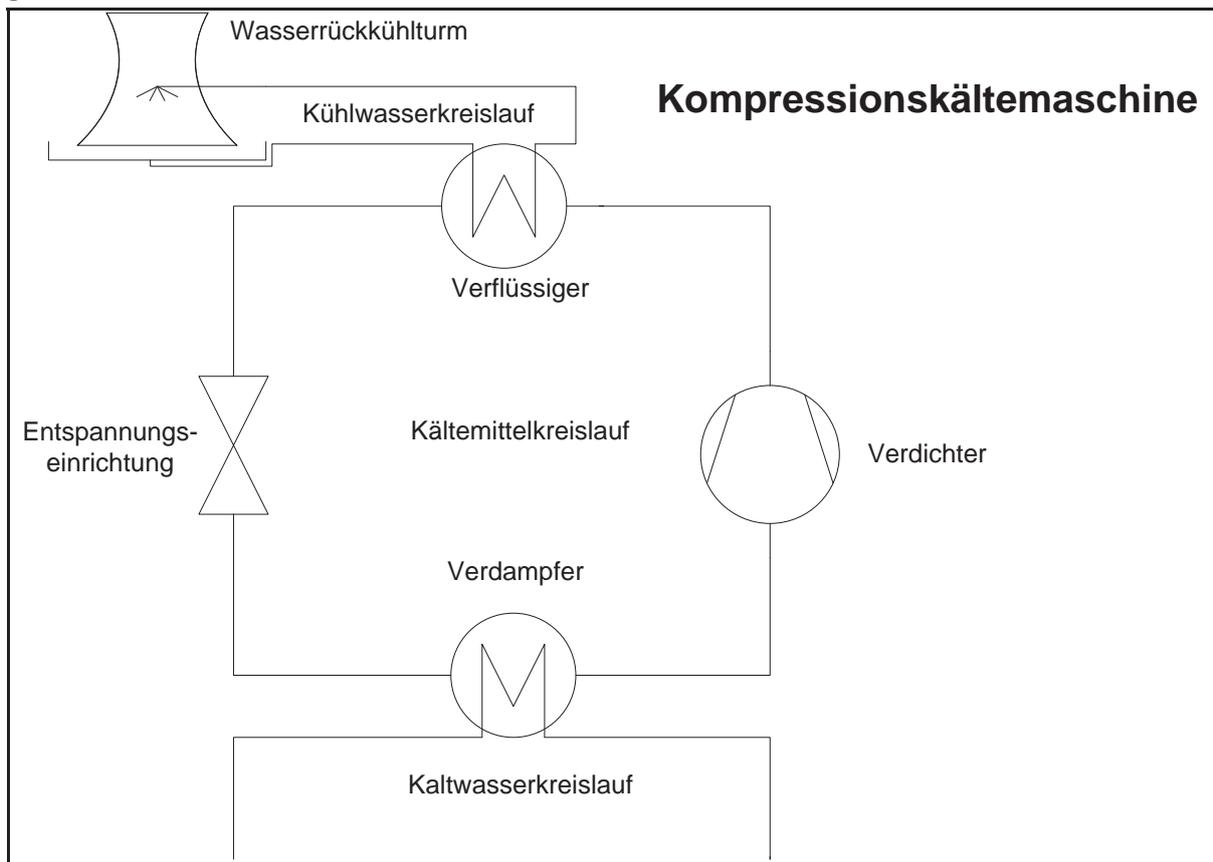


Bild 11-10: Kompressionskältemaschine mit Kühlwasser- und Kaltwasserkreislauf

Aus Bild 11-10 lassen sich folgende Bauteile erkennen, die für die Energieeinsparmaßnahmen von Bedeutung sind:

- Verdampfer zur Wärmeaufnahme
- Verdichter
- Verflüssiger zur Wärmeabgabe
- Entspannungseinrichtung

Verdampfer

Der Verdampfer, ein Wärmeübertrager, entzieht dem zu kühlendem Medium Wärme. Dabei wird die entzogene Wärme an das Kältemittel abgegeben, wodurch das Kältemittel verdampft.

Verdichter

Das verdampfte Kältemittel gelangt danach in den Verdichter. Der Verdichter saugt das verdampfte Kältemittel aus dem Verdampfer und bringt es mit Hilfe von mechanischer Arbeit auf einen höheren Druck und damit auf eine höhere Temperatur. Der Verdichter wird mittels elektrischer Energie angetrieben.

Verflüssiger

Im Verflüssiger muss nun das Kältemittel seine Wärme abgeben. Das Kältemittel hat einen höheren Druck und durch den Wärmeentzug wird es wieder flüssig, es kondensiert. Die Temperatur des Kältemittels sinkt, der Druck bleibt gleich.

Entspannungseinrichtung

Das Kältemittel ist nun wieder flüssig. Jedoch kann es dem Verdampfer nicht gleich zugeführt werden sondern muss erst auf ein niedrigeres Druck- und Temperaturniveau gebracht werden. In der Entspannungseinrichtung wird das Kältemittel entspannt. Es regelt auch die Menge an Kältemittel, das dem Verdampfer wieder zugeführt wird. Der Kreislauf beginnt ab hier wieder von neuem [51].

Regelung von Kompressionskältemaschinen

Die Regelung von Kältemaschinen erfolgt meist nach der Rücklauftemperatur des Wassers. Die Regelung nach der Rücklauftemperatur bietet den stabilsten Betrieb, da dabei der Kaltwasserkreislauf als Puffer dient. Temperaturschwankungen zwischen 1-1,5 K sind unproblematisch. Im Gegensatz zu einer Regelung nach Vorlauf-temperatur, die einen instabilen Betrieb nach sich zieht, da eine schnelle Reaktion von der Kältemaschine gefordert wird [49].

Die Kälteleistung ist abhängig von der Verdampfertemperatur und der Verflüssigungstemperatur [49]. Je größer die Annäherung dieser Temperaturen ist, desto höher ist die Kälteleistung. Dieser Zusammenhang ist in Bild11-11 dargestellt.

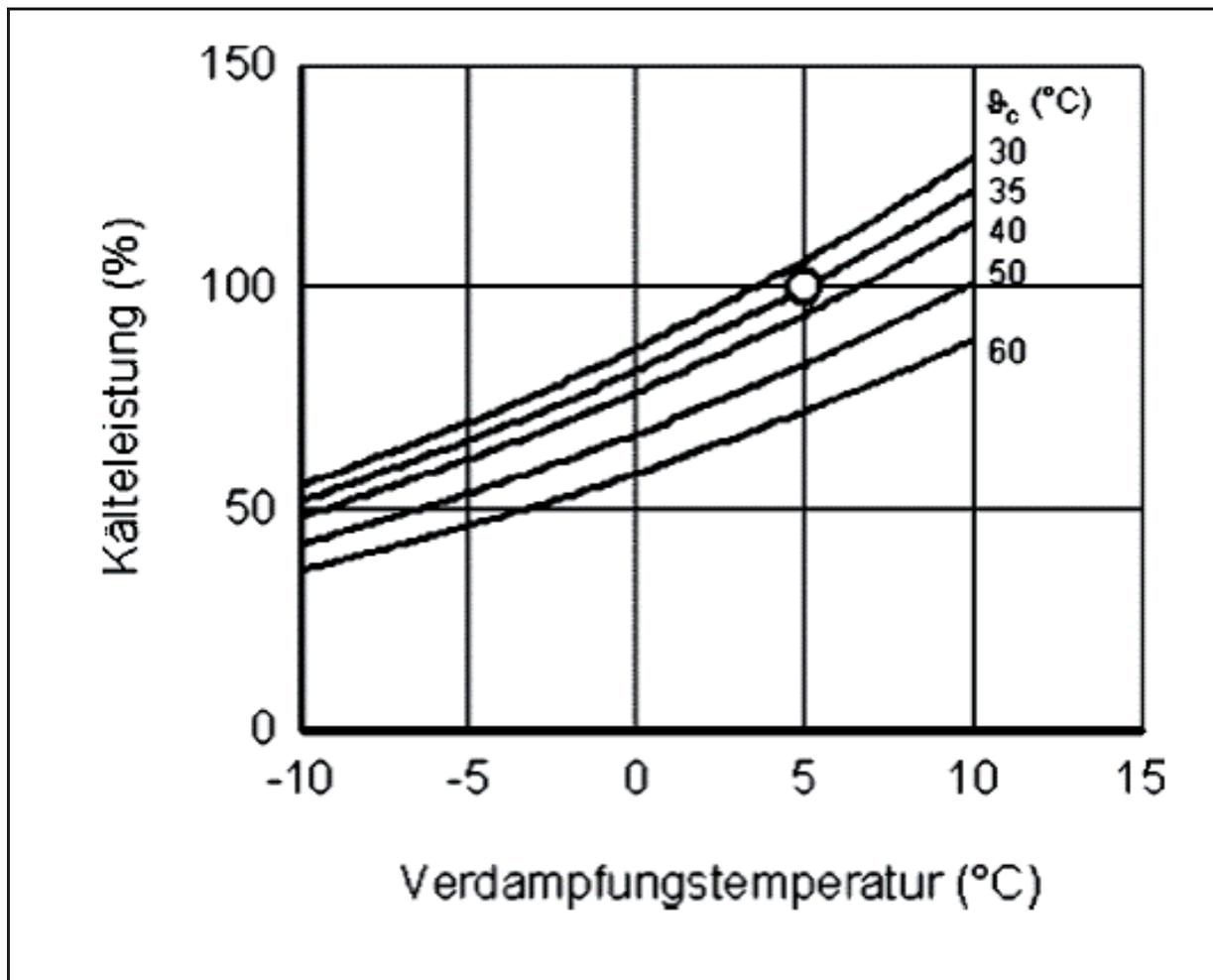


Bild11-11: Leistungs-Kennfeld einer Kältemaschine mit Verdrängungsverdichters [49]

Eine Einflussmöglichkeit die auf den Betrieb der Kältemaschine besteht, ist die Temperaturspreizung des Kaltwassers. Bild11-12 zeigt die Temperaturspreizung in Abhängigkeit des Energieaufwands für Verdichter und Pumpe. Ab einer Spreizung von ca. 4K stellt sich ein Minimum des Energieaufwands ein.

Eine größere Spreizung erfordert eine höhere Verdampfertemperatur, die wiederum durch den Gefrierpunkt des Wassers begrenzt wird. Bei tiefen Verdampfertemperaturen sinkt die Leistung des Verdichters [49]. Dies soll die Abhängigkeiten und die Schwierigkeit der Regelung von Kältemaschinen verdeutlichen.

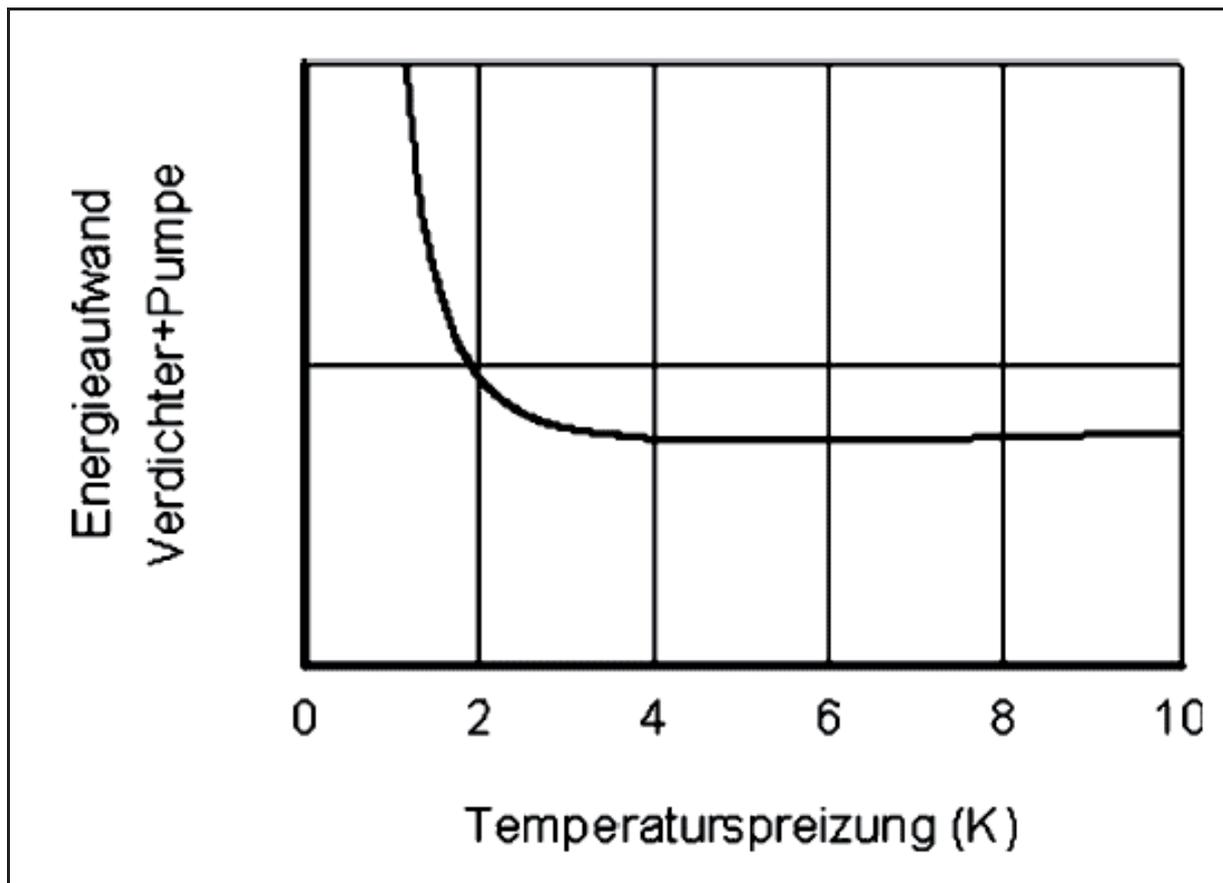


Bild11-12: Antriebsleistung von Verdichter und Pumpe bei variabler Temperaturerhöhung des Kaltwassers [49]

Absorptionskälteprozesse

Bei den Sorptionsprozessen unterscheidet man Absorptionsprozesse und Adsorptionsprozesse. Beim Absorptionsprozess wird „das Kältemittel in einem Lösemittelkreislauf von niedrigem auf hohes Temperaturniveau gehoben und durch Wärmezufuhr wieder für den Kälteprozess freigesetzt wird. Beim Adsorptionsprozess wird Kältemittel an einen festen Stoff angelagert und durch Wärmezufuhr wieder freigesetzt, durch zwei parallel und wechselweise betriebene Anlagen wird ein quasi-stetiger Kühlprozess erreicht“ [51].

Ein Sorptionsprozess charakterisiert sich durch die Aufnahme von Gasen durch flüssige oder feste Stoffe. Es entsteht eine physikalische Bindung. Absorption bedeutet eine „Aufnahme eines Gases od. gelösten Stoffes durch einen anderen festen od. flüssigen Stoff“ [52].

Bei den Bestandteilen besteht der Unterschied, dass der mechanische Verdichter bei Kompressionsanlagen durch den Lösungsmittelkreislauf bei Absorptionsanlagen ersetzt wird. Anstatt des Ansaugens beim Verdichter tritt die Absorption des Kältemitteldampfes im Absorber auf. Der Temperaturwechsler, der ein Gegenstrom-Wärmetauscher ist, führt die reiche aber kalte Lösung und die arme aber warme Lösung zusammen, damit sich die warme Lösung etwas vorwärmen kann [51].

Danach gelangt das Kältemittel in den Austreiber. Im Austreiber wird dem Kältemittel von außen Wärme zugeführt. Dabei steigen die Temperatur und der Druck des Kältemittels an und das Kältemittel verdampft und strömt zum Verflüssiger. Zusammengefasst besteht eine Adsorptionskälteanlage aus den bekannten Bauteilen einer Kompressionskälteanlage

- Verdampfer,
- Verflüssiger und
- Expansionsventil.

Anstatt des mechanischen Verdichters treten bei einer Ad/Absorptionskälteanlage

- Absorber,
- Gegenstrom-Wärmetauscher und
- Austreiber auf [51][31].

Rückkühlung

Um die entstandene Wärme bei der Kälteerzeugung abzuführen, benötigt es einer Rückkühlung. Die Rückkühlung erfolgt bei kleineren Anlagen direkt mittels Außenluft. Bei großen Anlagen, wie sie in Büro- und Verwaltungsgebäuden vorzufinden sind, wird eine Wasserrückkühlung eingesetzt. Der Rückkühlkreislauf ist an den Verflüssiger angeschlossen. Das aufgewärmte Wasser wird durch Verdunsten abgekühlt. Das Wasser verrieselt dabei in einem Kühlturm. Das abgekühlte Wasser kommt nach der Verrieselung wieder zurück in den Kreislauf [53].

11.5.3 Eine Einsatzenergie mehrere Zielenergien

Die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) besteht aus einem Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK) Prozeß, dessen Abwärme auch dazu genutzt wird eine Ad/Absorptionswärmepumpe zu betreiben. Für den Bereich der Kälteerzeugung mittels Ad/Absorptionswärmepumpe gilt das gleiche wie im vorherigen Kapitel.

11.6 Checkliste Kältenutzenübergabe

Die Aufteilung, der Checkliste „Kühlung“ ist analog zur Heizung in Nutzenübergabe, Verteilung und Erzeugung gegliedert. Die Checkliste zur Kältenutzenübergabe behandelt nur die notwendigen und ausgesuchten Komponenten zur Kältenutzenübergabe im Raum. In RLT-Zentralgeräten eingebaute Luftkühler, bzw. die ebenfalls zur Raumlufttechnik zählenden Luftdurchlässe werden im Kapitel RLT-Anlage behandelt.

11.6.1 K_N 1 Induktionsgeräte

Bei den Induktionsgeräten sollte der Nutzer mit einem Soll-Ist-Vergleich feststellen, ob Abweichungen zwischen der Planung und dem Bestand vorliegen. Bei Abwei-

chungen sollte der Grund dafür ermittelt werden und die Dokumentation aktualisiert werden. Die Art der Regelung der Induktionsgeräte hat einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch. Ventilgeregelte Induktionsgeräte sind vorzuziehen, da bei klappengeregelten Induktionsgeräten Verluste durch Leckagen an den Klappen sowie Wärmeverluste an den Wärmetauschern größer sind. Eine Änderung der Regelung, ist allerdings niedrig-investiv nicht möglich, weshalb dies nur als mögliche Umrüstempfehlung zu werten ist. Neben der Art der Regelung muss geprüft werden, ob die Regelung und die -parameter korrekt eingestellt sind und funktionieren. Durch eine Sichtprüfung auf Beschädigungen, Sauberkeit und Funktionalität sollte nach beginnenden Veränderungen, wie z. B. Rostansatz, Undichtigkeiten und starke Verschmutzungen am Gerät gesucht werden und evtl. Gegenmaßnahmen getroffen werden. Bei Brüstungsinduktionsgeräten besteht zu dem die Gefahr, dass die Luftdurchlässe von Gegenständen verstellt werden können. Dieses verhindert die Ausbreitung von Raumluftwalzen und evtl. das Ansaugen von Sekundärluft. Raumluftwalzen sind die für Induktionsgeräte typische Strömungsform der Luft im Raum, die aufgrund des Einblasens der Luft aus dem Induktionsgerät entsteht. Raumluftwalzen haben ungefähr eine Eindringtiefe vom 2,5-fachen der Raumhöhe. Bild 11-13 zeigt eine typisch Raumluftwalze, die während des Betriebs in einem Büroraum entsteht. Eine Behinderung der Ausbreitung, z. B. durch Zwischenwände sollte vermieden werden [52].

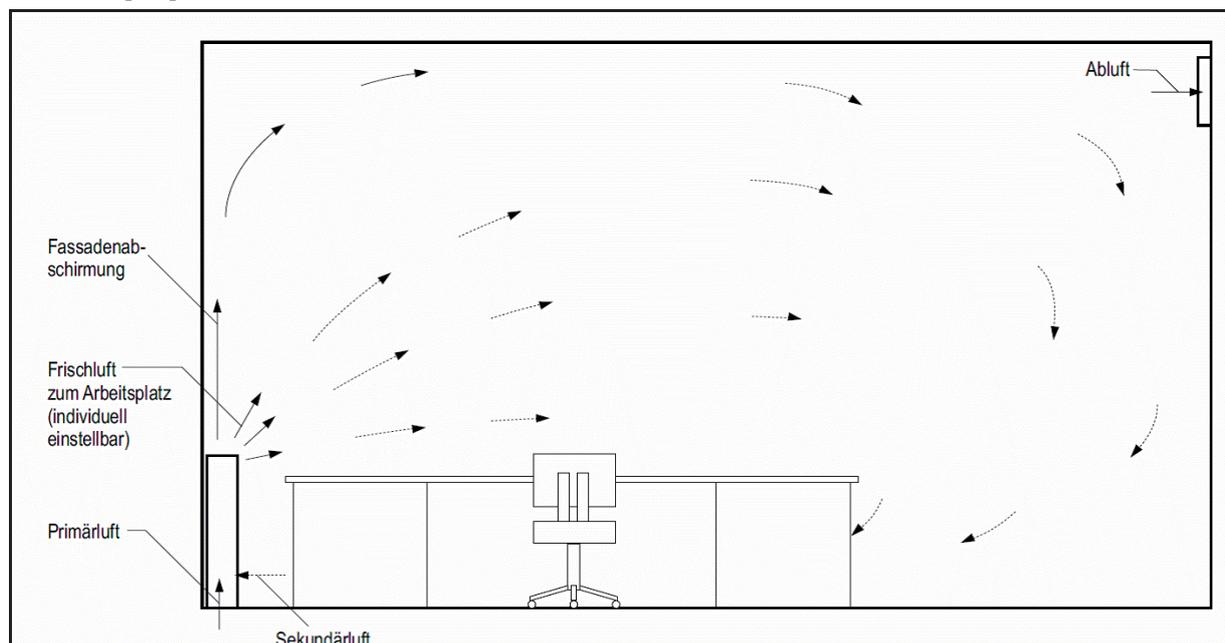


Bild 11-13: Charakteristik der Luftströmung bei Induktionsgeräten [54]

Ein weiterer Indikator für Probleme mit dem Induktionsgerät sind Strömungsgeräusche. Beispielsweise sind ein Blubbern oder Rauschen Hinweise auf Undichtigkeiten, zu hohe Geschwindigkeiten der Luft oder des Wassers, und einen zu hohen Druckabfall im Induktionsgerät. Strömungsgeräusche können zusätzlich ein Hinweis auf ein regelungstechnisches Problem sein. Dies kann alles einen Energiemehrverbrauch zur Folge haben.

11.6.2 K_N 2 Kühldecken und Thermische Bauteilaktivierungen

Beim Betrieb von Kühldecken ist darauf zu achten, dass kein Kondenswasser ausfällt. Kondenswasser ist ein Hinweis darauf, dass die Vorlauftemperatur zu niedrig ist, bzw. dass keine Regelungsstrategie zum Verhindern von Kondensatbildung vorhanden ist bzw. diese nicht funktioniert. Außerdem können zu niedrige Temperaturen zu unbehaglichen Raumtemperaturen führen.

Für abgehängte Kühldecken gilt:

- Die Vorlauftemperatur ϑ_{VL} des Kaltwassers sollte zwischen 16-20 °C liegen (siehe auch Auslegungsdaten der jeweiligen Kühldecke bzw. in den Revisionsunterlagen)
- ϑ_{VL} des Kaltwassers muss mindestens um 2 K höher sein, als die Taupunkttemperatur der Raumluft (dadurch sichere Vermeidung von Kondensatanfall) Prüfen ob es hierfür einen entsprechenden Fühler o.ä. gibt [55].

Für die Betonkernaktivierung gelten höhere Temperaturen:

- ϑ_{VL} des Kaltwassers sollte im Sommer 18 °C betragen
- ϑ_{VL} des Kaltwassers muss mindestens um 2 K höher sein, als die Taupunkttemperatur der Raumluft (dadurch sichere Vermeidung von Kondensatanfall [55].

Auch Kühldecken sollte hinsichtlich auffälliger Geräusche etc. überprüft werden, welche auf eventuelle hydraulische Probleme hinweisen. Der Gebäudenutzer sollte für solche Auffälligkeiten ebenfalls sensibilisiert werden, da er so das Betriebspersonal auf eventuelle Probleme aufmerksam machen kann.

11.7 Checkliste Kälteverteilung

Die Kälteverteilung (der Kaltwasserkreislauf) ist die Verbindung zwischen der Kältemaschine und der Nutzenübergabe. Den Kaltwasserkreislauf gibt es nur bei Systemen mit indirekter Kühlung.

11.7.1 K_V 1 Umwälzpumpe für Kaltwasserkreislauf

Auch bei der Umwälzpumpe werden zuerst der Typ und die technischen Daten der Pumpe abgefragt, ein Vergleich zwischen Planung und Bestand durchgeführt und überprüft welche Unterlagen vorhanden sind.

11.7.2 K_V 2 Betrieb der Kaltwasserpumpe

An dieser Stelle muss überprüft werden, ob die Schaltung wie vorgesehen funktioniert. Z.B. ob die Reihenschaltung funktioniert, d. h., dass die Pumpe nur dann in Betrieb geht, wenn der Kälteerzeuger in Betrieb ist. Dies kann z.B. mittels Betriebsstundenzähler, Beobachtungen oder anderen Aufzeichnungen überprüft werden. Wichtig zu überprüfen sind eventuell hinterlegte Zeitprofile. Zeitprofile sind fest eingetragene Zeiten, in den die Umwälzpumpe in Betrieb gehen darf. Die Zeitprofile sollten gut an die Nutzungszeit der versorgten Zonen bzw. den Betrieb der Kältemaschine angepasst sein.

11.7.3 K_V 3 Hydraulischer Abgleich

In dieser Checkliste soll der Nutzer durch bestimmte Indizien darauf aufmerksam gemacht werden, ob der hydraulische Abgleich der Verteilleitung schlecht durchgeführt ist. Indikatoren sind z. B. zu geringe oder zu hohe Spreizungen, unter- oder überversorgte Gebäudebereiche. Bei Zweirohrsystemen ist ein mögliches Indiz für einen mangelhaften hydraulischen Abgleich, dass Rücklaufverschraubungen nicht gedrosselt sind. Bei Einrohrsystemen ist ein mögliches Indiz, dass die vorhandenen Volumenstromregler nicht funktionsfähig sind, d. h. sie sind entweder ganz offen oder ganz geschlossen. Falls dem Nutzer Indizien aufgefallen sind, werden im nächsten Abschnitt dem Nutzer Hinweise zur Durchführung des hydraulischen Abgleichs gegeben.

11.7.4 K_V 4 Kaltwasserkreislauf

Beim Soll-Ist Vergleich sollten einerseits der Überdruck und andererseits die Vor- und Rücklauftemperaturen miteinander verglichen werden. Beim Überdruckvergleich kann eine zu hohe Druckdifferenz (Ist>Soll) ein Anzeichen für ein defektes Ausdehnungsgefäß sein. Eine zu niedrige Druckdifferenz (Ist<Soll) kann wiederum ein Anzeichen für auslaufendes Medium sein, weshalb das Rohrnetz auf Undichtigkeiten hin geprüft werden sollte. Beim Soll-Ist Vergleich zwischen Vor- und Rücklauftemperaturen muss überprüft werden, ob die Temperaturen unter dem Soll-Wert liegen. Eine Anpassung der Kaltwassertemperatur sollte grundsätzlich mit dem Kälteanlagenbauer abgesprochen werden, da eine Erhöhung der Kaltwassertemperatur Einfluss auf die Kältemaschine hat. Dies hat einen Eingriff in den Kältemittelkreislauf zur Folge, der nur durch den Kälteanlagenbauer selbst erfolgen kann. Es sollte ein $\Delta\vartheta$ 3-7 K zwischen Verdampfertemperatur und Kaltwasservorlaufemperatur eingehalten werden ($\vartheta_0=3\text{ °C}$, Kaltwasservorlaufemperatur max. 10 °C). Zudem muss der Kaltwasserstrom um +/-10% des Nennwasserstroms konstant gehalten werden [1, 15, 28].

11.7.5 K_V 5 Undichtigkeiten und Verschmutzungen

Undichtigkeiten am Kaltwassernetz sollten so schnell wie möglich beseitigt werden, da auslaufendes Kaltwasser den Energie- und Medienverbrauch erhöht. Zum einen muss die Umwälzpumpe die Durchflussmenge und -geschwindigkeit erhöhen, was einen höheren Energieverbrauch nach sich zieht und zum anderen erhöht sich der Stromverbrauch der Kältemaschine. Durch die Undichtigkeiten kommt außerdem Luft ins Rohrnetz. Schimmelbildung, Wasserflecken und Blubbern sind Hinweise auf Undichtigkeiten. Falls ein Schauglas vorhanden ist, kann man auch Verschmutzungen oder Undichtheiten erkennen. Ein Hinweis auf Undichtigkeiten sind Luftbläschen im Schauglas.

11.7.6 K_V 6 Dämmung der Rohrleitungen

Laut EnEV 2009 § 10 Punkt 2 müssen ungedämmte, zugängliche Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen gedämmt werden. Diese Maßnahme ist mit geringen Investitionskosten verbunden, ist allerdings eine Nachrüstverpflichtung und sollte deshalb durchgeführt werden. Tabelle 11-1 zeigt einen Ausschnitt der EnEV-Anforderungen für die Mindestdämmschichtdicken von Rohrleitungen. Diese sind bei einer Nachrüstung mindestens einzuhalten. Ist bereits eine Dämmung vorhanden, ist zu überprüfen ob diese Mindestschichtdicke erfüllt wird.

Tabelle 11-1: Anforderungen an die Dämmschichtdicken, EnEV 2009, Anlage 5 [3]

Zeile	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit der Dämmung von 0,035 W/(m·K)
8	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

11.8 Checkliste Kühlung Erzeugung

Bei der Kälteerzeugung werden die Bestandteile der Kältemaschine, der Kältemittelkreislauf und die Regelung der Kältemaschine behandelt. Zusätzlich wird in diesem Kapitel der Kühlwasserkreislauf samt Rückkühlung überprüft.

11.8.1 K_E 1 Allgemeine Angaben

Aus den allgemeinen Angaben sollte der Nutzer der Checkliste auf eventuelle Änderungen im Betrieb und der Nutzung des Gebäudes aufmerksam gemacht werden, die nicht auf den Betrieb der Kälteerzeugung übertragen worden sind, wie. z. B. eine neue Dämmung, eine dünnere Belegungsichte etc. Der Nutzer muss bei Abweichungen zwischen Soll und Ist den Grund feststellen und Gegenmaßnahmen treffen.

11.8.2 K_E 2 Betriebs- und Nutzungszeit

Hier soll die Betriebszeit optimiert werden. Dazu wird die laut Zeitprofil eingestellte Betriebszeit mit der Nutzungszeit des versorgten Bereichs abgeglichen. Die Betriebszeit sollte weitestgehend an die Nutzungszeit angepasst werden. Eine Verschiebung der Betriebszeit „mit Unterstützung“ der Speichermasse des Gebäudes wie dies im Heizfall möglich ist, ist bei der Kühlung kaum möglich. Ein Betrieb außerhalb der Nutzungszeit ist bei der Kühlung weniger sinnvoll als bei der Heizung, wo z.B. ein auskühlen in der Nacht oder am Wochenende verhindert werden muss. Aus diesem Grund ist es noch wichtiger, dass die Kältemaschine außerhalb der Nutzungszeit (v.a. nachts und am Wochenende) nicht in Betrieb ist. Werden Änderungen der Betriebszeit im Vergleich zur Ausgangssituation (Planung, letzte Überprüfung) festgestellt, muss überprüft werden welchen Grund diese Änderungen haben.

Ungewöhnliche Laufzeiten der Kältemaschine

An dieser Stelle werden Tipps gegeben, wie Auffälligkeiten bei der Betriebszeit gefunden werden können. Auffällig kann z.B. sein, dass die Kältemaschine an ungewöhnlichen Jahreszeiten läuft (z. B. viele Betriebszeiten im Winter und Frühjahr). Fallen in der kalten Jahreszeit viele Betriebsstunden auf, sollte geprüft werden ob diese reduziert werden können, z.B. durch Kühlung mittels Außenluft. Für diese Auswertung sollten die Zählerstände der Betriebsstundenzähler mindestens monatlich dokumentiert werden.

11.8.3 K_E 3 Kältemittelkreislauf

Im Inneren der Kältemaschine durchläuft das Kältemittel den Verdichter, Kondensator, das Expansionsventil und den Verdampfer. Bei der Regelung des Kältemittelkreislaufs sind zwei Temperaturen von Bedeutung. Die Verdampfertemperatur und die Kondensationstemperatur. Beide Temperaturen werden kältemittelseitig gemessen. Ein einfacher Soll-Ist Vergleich reicht aus, um zu klären, ob es Unregelmäßigkeiten bei der Regelung gibt. Änderungen im Kältemittelkreislauf können jedoch nur vom Servicepersonal des Kälteanlagenbauers durchgeführt werden.

11.8.4 K_E 4 Zustand des Kälteerzeugers

Beim Zustand des Kälteerzeugers sollte der Nutzer prüfen, ob Wartungen (z.B. nach VDMA) und die energetischen Inspektionen gemäß der EnEV durchgeführt worden sind, bzw. dafür sorgen dass dies fristgerecht geschieht. Die Energetische Inspektion umfasst teilweise Aspekte, die auch in diesem Expertensystem berücksichtigt werden. Zudem sollte der Kälteerzeuger durch eine visuelle Überprüfung auf eventuelle Schäden oder Rost untersucht werden. Außerdem müssen die Messfühler überprüft werden. Im ersten Schritt werden die Messwerte auf Plausibilität hin überprüft und kontrolliert ob die Fühler an einem sinnvollen Montageort angebracht sind. Die Überprüfung der Fühler ist ein ganz wichtiger Aspekt von niedrig-investiven Energieeinsparpotentialen. Nur richtig montierte Fühler können die richtigen Werte liefern und

somit zur korrekten Regelung der Kältemaschine beitragen. Beim Kältemittel kann man durch das Schauglas erkennen, ob das Kältemittel verfärbt ist bzw. Blasen zeigt. Wenn man im Schauglas Blasen erkennt, kann dies ein Fehler aufgrund zu hoher Umgebungstemperaturen oder Undichtigkeiten sein. Die Blasen entstehen durch eine fehlende Unterkühlung. Die gelbe Verfärbung deutet auf Feuchtigkeit in der Anlage hin, die wiederum ein Hinweis auf Undichtigkeiten ist. Bei brauner oder schwarzer Verfärbung ist das ein Hinweis auf Unreinheiten in Form von kleinen Partikeln in der Anlage. Bei Blasen oder Verfärbungen ist der Kälteanlagenbauer zu Rate zu ziehen. Die Überprüfung der Kältemittelmenge erfolgt an einem Kontrollfenster. „Eine ausreichende Menge an Kältemittel ist vorhanden, wenn das Kontrollfenster ungetrübt ist und die Unterkühlung mehr als $\Delta 5K$ beträgt.“ [41]. Beim Auslaufen des Kältemittels wird die Unterkühlung immer geringer und die Überhitzung steigt dagegen an. Bei einer Überfüllung der Anlage mit Kältemittel nimmt die Überhitzung ab und die Unterkühlung steigt [23, 24].

11.8.5 K_E 5 Verdichter

Falls der Verdichter zugänglich ist, sollte überprüft werden, ob z. B. Kältemittel ausläuft oder die Wellenabdichtung dicht ist. Ganz wichtig beim Verdichter ist der Füllstand des Öls, dieser muss überprüft werden. Ein zu niedriger Ölstand verursacht Probleme beim Kältemittelkreislauf [14]. Die Verunreinigung kann aus vielen Gründen geschehen, wie z. B.

- mangelnde Sorgfalt während der Montage,
- Ölersetzung aufgrund von Feuchtigkeit, zu hoher Drucktemperatur, Partikeln vom Verschleiß beweglicher Teile,
- schlechte Reinigung nach Durchbrennen des Motors.

Auch Klopfgeräusche sind ein Anzeichen für ein Problem beim Verdichter, d. h. das Kältemittel verdampft nicht vollständig und der Verdichter versucht Flüssigkeiten zu komprimieren. Alle oben genannten Auffälligkeiten haben einen erhöhten Stromverbrauch zur Folge [23, 24, 25, 1].

11.8.6 K_E 6 Verflüssiger/Kondensator

Der Verflüssiger, oder auch Kondensator, ist ein Wärmetauscher bei dem es wenig Möglichkeiten zur niedrig-investiv Optimierung gibt. Man kann nur eine Sichtprüfung und bei Bedarf eine Reinigung durchführen Die Gleichung (11-2) zeigt die Wärmeübertragerleistung:

$$\dot{Q} = kA\Delta\theta \quad (11-2)$$

mit:

\dot{Q}	Wärmeübertragerleistung in W
k	Wärmeübergangskoeffizient in W/(m ² K)
A	Wärmeübertragerfläche in m ²
$\Delta\vartheta$	mittlerer Temperaturunterschied in K

Die einzige Größe in dieser Gleichung, an der man im Bestand etwas ändern kann, ist der Wärmeübergangskoeffizient. Dieser verschlechtert sich, wenn der Wärmeübertrager dreckig ist. Die beiden anderen Größen können kaum beeinflusst werden. Die Fläche A ist baulich bedingt, und die Spreizung $\Delta\vartheta$ ist meist durch die Betriebsparameter festgelegt.

11.8.7 K_E 7 Verdampfer

Der Verdampfer ist ein Wärmeübertrager. Wie beim Verflüssiger in 11.8.6 dargestellt wurde, gibt es nur begrenzte Möglichkeiten der Energieeinsparung. Einzig die regelmäßige Reinigung der Austauschflächen bringt Energieeinsparungen, da durch Schmutz zu.ä. der Wärmeübergang behindert wird und somit die Leistung des Wärmeübertragers nachlässt.

11.8.8 K_E 8 Absorberkreislauf

Anstatt des Verdichters bei der Kompressionskältemaschine, hat die Absorptionskältemaschine einen Absorber, der allerdings durch das Einbringen von Wärme, z. B. durch einen Heizkessel, funktioniert. Der Absorber ist wartungsfrei. Grundlegendes, wie Sauberkeit und Dichtheit der Anschlüsse sollten beachtet werden. Falls Wasser als Kältemittel verwendet wird, ist auf das Überschreiten der Kristallisationsgrenze zu achten. Je niedriger die Wassertemperatur wird, desto höher wird die Kristallisation. Die Zähigkeit des Wassers ist abhängig von der Temperatur. Je kälter das Wasser, desto höher die Zähigkeit. Wenn Temperaturen unter +4 °C auftreten, muss dem Kältemittel Wasser Frostschutzmittel (Glykol) hinzugegeben werden [1, 15].

11.8.9 K_E 9 Kältespeicher

Wenn ein Kältespeicher zur Verfügung steht, sollte dieser auch sinnvoll betrieben werden. Um Energiekosten zu sparen, sollten die Aufladung zu Niedrigtarifzeiten und die Entladung zu Spitzenlastzeiten erfolgen. Eine Energieeinsparung kann mit einem Kältespeicher eigentlich nur erreicht werden, wenn durch den Kältespeicher der Anlagenbetrieb in eine andere Tageszeit verschoben werden kann. Allerdings sind die üblichen Kältespeicher nur dafür dimensioniert kurze Zeiträume zu überbrücken, um den Betrieb der Kältemaschine zu verbessern, und können den Kältebedarf nicht über mehrere Stunden decken. Durch einen Pufferspeicher kann vermieden werden,

dass eine Kältemaschine zu häufig taktet, was sich positiv auf die Lebensdauer der Kältemaschine auswirkt [1, 15].

11.8.10 K_E 10 Rückkühlung

Allgemeine Angaben zur Umwälzpumpe

Jeder Kreislauf muss mit einer Pumpe betrieben werden. Bei der Pumpe selbst gibt es niedrig-investive Energieeinsparmöglichkeiten. Einerseits geht es darum ob bei der Pumpe eine Nachtabsenkfunktion vorhanden ist und genutzt wird.

Betrieb der Umwälzpumpe des Kühlwasserkreises

Die Regelung der Umwälzpumpe funktioniert meistens als Reihenschaltung. Wenn der Kälteerzeuger angeht, sollte die Umwälzpumpe auch in Betrieb gehen. Um die Funktionalität der Reihenschaltung zu überprüfen, eignen sich mehrere Verfahren. Sind Verbrauchsmessungen des Erzeugers und der Umwälzpumpe vorhanden, können diese auf Gleichzeitigkeit hin überprüft werden. Außerdem könnten Betriebsstundenzähler ausgewertet werden. Steigen die Betriebsstunden der UP deutlich schneller an als die des Erzeugers, muss nach möglichen Ursachen gesucht werden. Falls ein Zeitprofil hinterlegt ist, muss überprüft werden, ob das Zeitprofil der Umwälzpumpe an das Zeitprofil der Kältemaschine angepasst ist. Falls das Zeitprofil nicht an die Kältemaschine angepasst ist, sollte der Grund dafür festgestellt werden und falls kein Grund vorliegt, die korrekte Regelung eingestellt werden.

Kühlwasserkreislauf

Der Kühlwassermassenstrom muss für den Verdampfer konstant gehalten werden, um einen einwandfreien Kältemaschinenbetrieb zu gewährleisten. Unterschiedliche Druckdifferenzen weisen auf Probleme hin. Die Problematik sollte näher untersucht werden.

Eine zu hohe Druckdifferenz (Ist>Soll) ist ein Anzeichen für ein defektes Ausdehnungsgefäß.

Eine zu niedrige Druckdifferenz (Ist<Soll) ist ein Anzeichen für auslaufendes Medium und das Rohrnetz sollte auf Undichtigkeiten hin überprüft werden [3].

Die Regelung des Kühlwasserkreislaufes ist wie beim Kaltwasserkreislauf problematisch. Veränderungen sollten unbedingt mit dem Kälteanlagenbauer abgesprochen werden. Wenn Kühlwasserleitungen im Winter beheizt werden, damit sie nicht einfrieren, sollte überprüft werden, ob die Rohrheizung bei Außentemperaturen, die in der Nacht und am Tag über dem Gefrierpunkt liegen, ausgeschaltet wird.

Undichtigkeiten und Verschmutzungen

Undichtigkeiten und Verschmutzungen im Rohrnetz haben einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch. Wird Feuchtigkeit an der Dämmung oder dem Rohr festgestellt, muss untersucht werden, ob die Feuchtigkeit aufgrund von Kondensation oder durch eine Undichtigkeit (Leckage) entstanden ist. Ist Kondensation die Ursache,

könnte höchstens eine dickere Dämmung Abhilfe schaffen. Falls eine Undichtigkeit vorliegt, sollte diese beseitigt werden.

Über ein eventuell vorhandenes Schauglas kann man außerdem Schmutzpartikel oder Luftblasen im Medium erkennen. Auch Geräusche wie z. B. Blubbern können ein Hinweis auf Undichtigkeiten oder Regelungsprobleme sein.

Rückkühlwerk

Rückkühlwerke sind aus Sicht der Hygiene sehr problematisch, da hier Legionellengefahr besteht. Das Wasser hat eine Temperatur zwischen 25 und 45°C und diese Temperaturen sind für das Legionellenwachstum optimal. Grundsätzlich gilt, dass das Rückkühlwerk einen ordentlichen, sauberen Eindruck machen sollte. Kalkablagerungen und Biofilme (Fouling) sollten vermieden werden. Da jedes Rückkühlwerk mit einem Ventilator ausgerüstet ist, sollte dieser auch unter Aspekten der Energieeinsparung untersucht werden. Der Ventilator sollte frequenzgeregelt sein und die Lufteintritts- und austrittsöffnungen sollten frei von Schmutz oder anderen Behinderungen (wie z. B. Laubblättern) sein. Eine freie Durchströmung ist sehr wichtig, da jede Behinderung des Luftstroms der Ventilator durch eine höhere Leistung ausgleichen muss. Dies führt zu einem höheren Energieverbrauch [40].

12 MSR- und Gebäudeleittechnik

12.1 Bedeutung der MSR-Technik für den Anlagenbetrieb

Die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik hat über alle Gewerke der Gebäudetechnik hinaus eine große Bedeutung für den Anlagenbetrieb und für dessen Überwachung. So bieten Verbrauchs- und Betriebsstundenzähler die Möglichkeit, Fehler leichter zu erkennen und gezielt nach deren Ursachen zu suchen. Temperaturfühler oder ähnliches, welche falsche Werte erfassen, führen zu einem nicht planungsgemäßen Betrieb, was mit einem erheblichen Energiemehrbedarf verbunden sein kann. Häufig auftretende Fehler sind z.B. fehlerhafte Ist-Wert Rückmeldung aufgrund defekter oder ungünstig angebrachter Fühler.

12.2 Symptome für Fehler in der MSR-Technik

Am Institut für Gebäudeenergetik wurden bereits mehrere Ansätze zum automatisierten Erkennen von Fehlern des Anlagenbetriebs in der HLK-Technik erforscht. Da diese Ansätze einen sehr hohen technischen Aufwand mit sich bringen und parallel laufende Gebäude- und Anlagensimulationen notwendig sind, haben sich diese Verfahren nicht flächendeckend durchgesetzt. Die in diesen Forschungsprojekten ermittelten Vorgehensweisen können allerdings auch auf eine technisch einfachere Herangehensweise übertragen [48]. Die Fehlererkennung der sog. FDD (Fault Detection and Diagnosis, Fehlererkennung und Diagnose) Systeme funktionieren auf Basis bestimmter, messbarer Symptome welche es ermöglichen, auf bestimmte Fehler in der MSR-Technik zu schließen. Die Symptome können, wie in Bild 12-1 dargestellt, unterteilt werden in Symptome die:

- gemessen
- detektiert
- berechnet

werden können. Sowohl die gemessenen als auch die berechneten Symptome setzen voraus, dass die Anlagen mit der entsprechenden Messtechnik ausgestattet sind. Für die **berechneten** Symptome sind fest installierte Messfühler notwendig, da für den Anlagennutzungsgrad, Energieverbrauch und die Schalthäufigkeit bzw. die Betriebszeiten Messungen über lange Zeiträume notwendig sind. Bei den gemessenen Symptomen hingegen fallen Unregelmäßigkeiten schon bei kürzerer Messdauer auf. Ein wichtiges Hilfsmittel zum Erkennen von gemessenen und berechneten Symptomen ist eine Datenbank für die auf der GLT angeschalteten Messpunkte.

Die detektierten Symptome können überwiegend durch augenscheinliche Beobachtungen erkannt werden [48]. Bild 12-2 zeigt den möglichen Ausdruck verschiedener Symptome und Bild 12-3 mögliche Betriebsfehler.

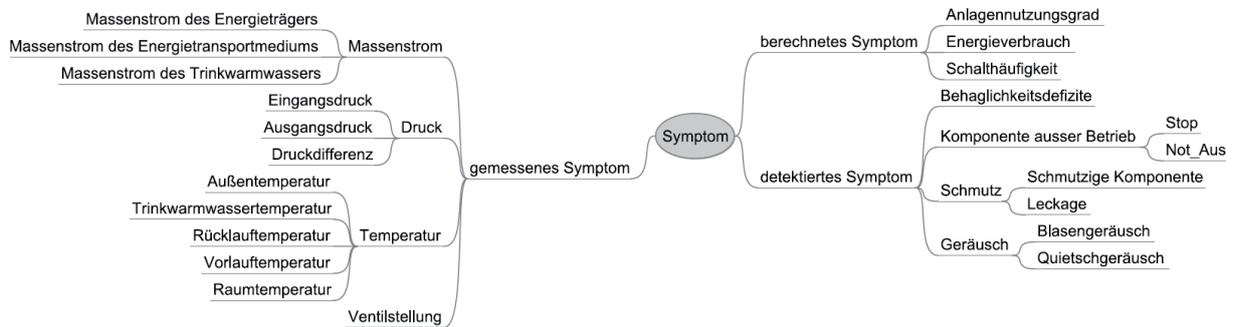


Bild 12-1: Symptome für mögliche Betriebsfehler [48]

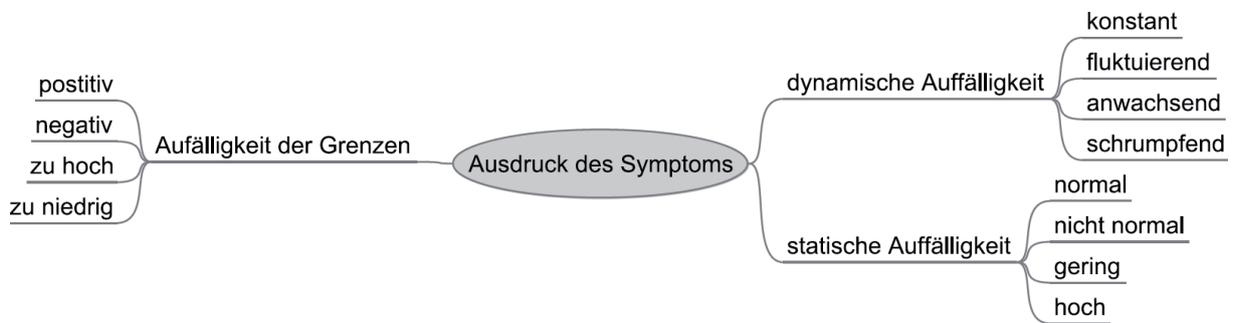


Bild 12-2: Ausdruck der verschiedenen Symptome [48]

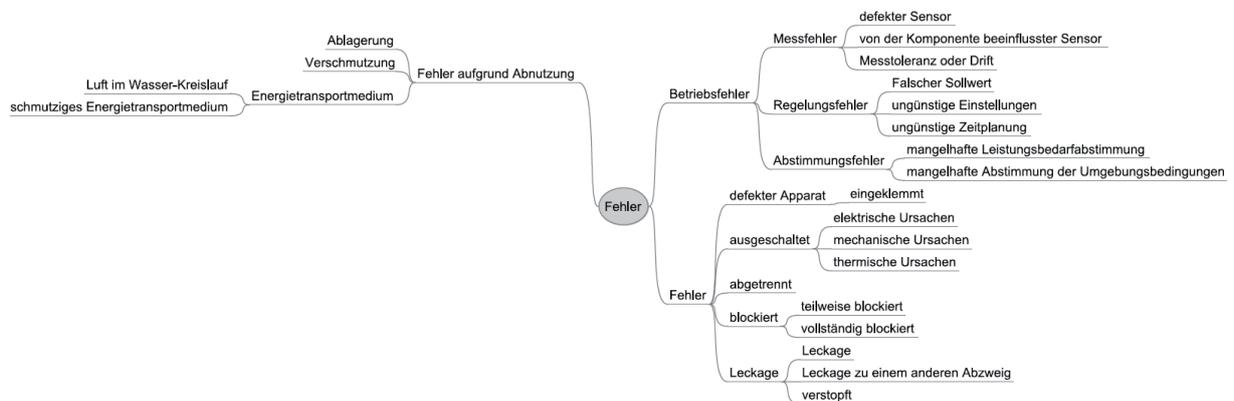


Bild 12-3: Mögliche Fehler im Anlagenbetrieb [48]

12.3 Erkennen von Fehlern in der MSR-Technik und im Anlagenbetrieb

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Fehler in der MSR-Technik zu erkennen, z.B. durch:

- auswerten vorhandener Messwerte aus der GLT
- durchführen von manuellen Vergleichsmessungen
- aufmerksames Beobachten

Ist die GLT eines Gebäudes mit vielen Messstellen ausgestattet und werden diese gespeichert, sind diese Daten ein wertvolles Hilfsmittel zum Identifizieren von Fehlern in der MSR-Technik. Es kann überprüft werden, ob die Anlagen tatsächlich gemäß dem Zeitprofil laufen, ob die Heizkurve richtig funktioniert, ob evtl. Fühler defekt sind etc.

12.3.1 Auswertung gespeicherter GLT-Messwerte

Verfügt die GLT über die Möglichkeit Messwerte zu speichern und anschließend auszuwerten, ist dies ein wichtiges Hilfsmittel beim Auffinden von Betriebsfehlern. Mit diesen Aufzeichnungen ist es z.B. möglich, Fehler von Zeitschaltungen (Anlage in Betrieb obwohl dies laut Zeitprofil nicht sein sollte). Außerdem kann überprüft werden, ob die Heizungsanlage und ihre Umwälzpumpen auch bei hohen Außentemperaturen in Betrieb sind.

12.3.2 Manuelle Vergleichsmessungen

Handmessungen eignen sich für die kurzzeitige Überwachung von Räumen und Anlagen. Beispielsweise können im Fall von Beschwerden von zu hohen bzw. zu niedrigen Raumtemperaturen Vergleichsmessungen mit einem separaten Messfühler und einem Datenlogger durchgeführt werden.

Messungen mit Messfühlern und Datenloggern eignen sich auch, um Vergleichsmessungen zu den Messfühlern der GLT durchzuführen. Auf diesem Wege können falsche Messwerte in der GLT identifiziert werden.

12.3.3 Aufmerksames Beobachten

Durch Beobachten der Komponenten, z.B. durch regelmäßige Kontrollgänge, können viele Fehler auch entdeckt werden. Dies ist natürlich eine relativ ungenaue Methode, da häufig der Zufall eine Rolle spielt. D.h. man muss zufällig an der Anlage vor Ort sein um auf Fehler aufmerksam zu werden.

Weitere Informationen zu diesem Thema befinden sich im Anhang zur MSR-Technik (A_MSR).

12.4 Verbrauchs- und Betriebszeiterfassung

12.4.1 Grundlagen zur Verbrauchserfassung

Für eine bessere Kontrolle des Anlagenbetriebs ist eine geeignete Verbrauchserfassung notwendig. Meist gibt es für jeden Energieträger nur einen Verbrauchszähler für das gesamte Objekt um die Abrechnung mit dem EVU zu ermöglichen. Bei mehreren Verbrauchern und wenn z.B. Strom zur Wärmeerzeugung eingesetzt wird, sind separate Verbrauchszähler zu empfehlen. An größeren Wärmeerzeugern sollte zumindest der Verbrauch der Endenergie (Gas, Fernwärme, Strom o.ä) erfasst werden, im Optimalfall sollte noch ein Wärmemengenzähler für die an das Verteilnetz abgegebene Wärme vorhanden sein. Bei großen Objekten, welche in mehrere Einheiten unterteilt werden können, sollten mehrere Wärmemengenzähler installiert sein. Die Verbrauchszähler müssen auf die Gebäudeleittechnik aufgeschaltet sein um eine regelmäßige Kontrolle und Protokollierung des Verbrauchs zu erleichtern. Ist eine elektronische Auswertung nicht möglich, sollten die Verbrauchszähler mindestens monatlich, besser wöchentlich, manuell abgelesen werden. Das gleiche gilt für Betriebsstundenzähler, auch diese sollten regelmäßig protokolliert werden um Auffälligkeiten im Betrieb erfassen zu können. Die Erfahrung in vergangenen Untersuchungen hat gezeigt, dass die Auswertung von Verbrauchswerten eine gute Möglichkeit ist, mit Hilfe vorhandener Messtechnik Betriebsfehler zu erkennen.

Die Verbrauchserfassung eignet sich jedoch nur dazu den Status quo des Anlagenbetriebs aufrecht zu erhalten, d.h. es wird nur eine Verschlechterung des Anlagenbetriebs erkannt. Hinweise auf mögliche Einsparpotenziale ergeben sich nur bei sehr groben Fehlern.

12.4.2 Auswertung von Verbrauchsdaten

Für eine sinnvolle Auswertung von Wärmeverbräuchen ist es notwendig, eine Außentemperaturbereinigung der Messwerte durchzuführen. Die Außentemperaturbereinigung erfolgt mit der folgenden Gleichung aus VDI 3807 Bl. 1 [57]. In dieser Richtlinie befinden sich weitere Verfahren zur Verbrauchsauswertung.

$$Q_{VH} = Q_{VgH} \frac{G_m}{G} \quad (12-1)$$

Q_{VH} bereinigter Heizenergieverbrauch in kWh/a

Q_{VgH} außentemperaturabhängiger Heizenergieverbrauch in kWh/a

G_m langjähriges Mittel der Jahresgradtage in K*d / a

G Gradtage in K*d

Die hierzu benötigten Gradtage des jeweiligen Abrechnungszeitraums können auf der Webseite des DWD oder z.B. beim Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) abgerufen werden.

12.4.3 Auswertung von Betriebsstundenzähler

Die Betriebsstunden müssen mindestens monatlich erfasst werden, ist eine automatisierte Erfassung über die GLT möglich sollte eine wochenweise Auflösung ermöglicht werden. Dies erleichtert das Erkennen von Fehlern hinsichtlich der zeitlichen Steuerung. Bild 12-4 zeigt exemplarisch die Auswertung der Betriebsstunden einer RLT-Anlage. Das Diagramm gibt einen Hinweis darauf, dass sich scheinbar ab Oktober in der Betriebsweise etwas geändert, oder der Betriebsstundenzähler nicht mehr korrekt funktioniert. Um die Ursache für diese Abweichung zu finden, müssen

- die Einstellung des Zeitprofils,
- die Funktionsfähigkeit des Betriebsstundenzählers und
- mögliche regelungs- und steuerungstechnische Einflüsse anderer Komponenten

überprüft werden.

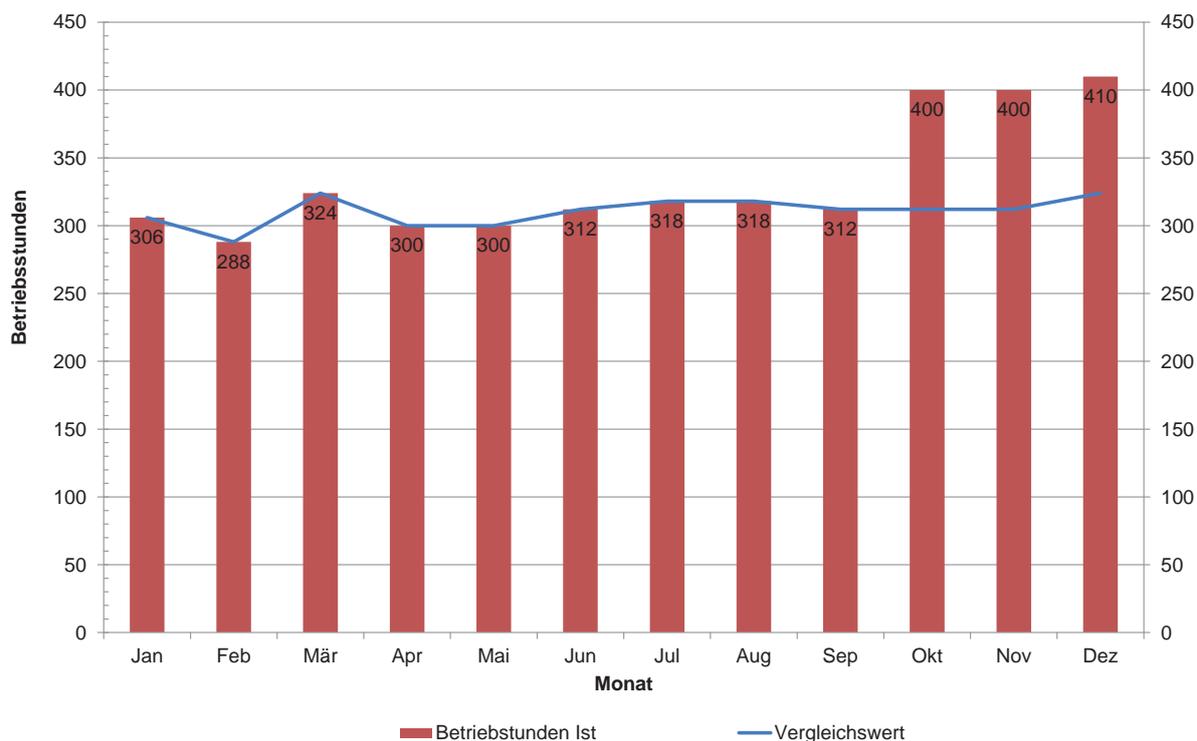


Bild 12-4: Fehlererkennung anhand der Betriebsstundenerfassung

12.5 Anhang MSR-Technik

Zur MSR-Technik gibt es keine separate Checkliste, die Fragen die diesen Bereich berühren sind in die jeweiligen Gewerke mit eingepflegt. Allerdings gibt es einen An-

hang zu dem Thema, in welchem ganz Allgemeine Tipps zum Umgang mit der MSR-Technik gegeben werden. Der Anhang umfasst Informationen zur

- Auswertung von Verbrauchsdaten und Strom- und Wärmelastgängen,
- Auswertung von Betriebsstunden,
- richtigen Positionierung von Messfühlern
- Kontrolle der Funktion von Messfühlern
- Überprüfung von Zeitschaltungen
- Kontrolle der Funktionalität von Regelventilen und Lüftungsklappen.

Der vollständige Text des Anhangs MSR befindet sich im Anhang zum Expertensystem (separates Dokument).

13 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projekts wurde eine gewerkeübergreifende Anleitung, ein sog. Expertensystem, erstellt, welche das Auffinden niedriginvestiver Energiesparpotenziale erleichtern soll. Dabei wurde besonders darauf geachtet, das „Expertensystem“ so zu gestalten, das es von potentiellen Anwendern akzeptiert wird. Das Expertensystem kann seine Wirkung nur entfalten wenn es der Anwender auch benutzt und nicht frustriert aufgibt. Aus diesem Grund wurde die Idee das Expertensystem in der Form eines Folgeplans aufzubauen verworfen und stattdessen die Checkliste als äußere Form des Expertensystems ausgewählt.

Für den Katalog an niedriginvestiven Maßnahmen zur Energieeinsparung wurde sowohl auf eigene Erfahrungen des Instituts als auch auf Erfahrungen an anderen Stellen zurückgegriffen. Außerdem wurden die Anforderungen an die energetische Inspektion der EnEV und der EPBD berücksichtigt.

Ein erster Testlauf mit Betriebspersonal eines realen Gebäudes hat gezeigt, dass durch solche Testläufe neue Impulse aus der Praxis gegeben werden, welche für eine weitere Verbesserung, vor allem hinsichtlich der Anwendungsfreundlichkeit, genutzt werden können. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll das Expertensystem in einer längeren Testphase zu überprüfen und weiter anzupassen.

14 Literaturverzeichnis

- [1] VDI 4700: 2008-12 Begriffe der Technischen Gebäudeausrüstung mit Hinweisen zur Gestaltung von Benennungen und Definitionen
- [2] EPBD Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften, 2003, Nr. L1, S.65ff
- [3] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, Bundesgesetzblatt, 2009, Nr.23, S. 954 ff
- [4] *Erhorn-Kluttig, Heike; Staudt, Anna; Stöbel, Florian; Weber, Hannah; Erhorn, Hans; Wössner, Simon*: Elektronische Gebäude- und Anlagen-Checkliste als Basis für die Berechnung nach DIN V 18599. Schlussbericht, Stuttgart Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Dezember 2007
- [5] DIN V 18599: 2007-02 Energetische Bewertung von Gebäuden–Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung
- [6] *Händel, Claus*: Energetische Inspektion von Lüftungs-und Klimaanlageen: 5 FGK Status-Report 3 Aufl. 2010
- [7] *Händel, Claus; Schädlich, Sylvia*: Energetische Inspektion von Kälteanlagen zur Klimatisierung : 6: FGK Status-Report 3 Aufl. 2010
- [8] Checkliste für die Abnahme von Klima- und Lüftungsanlagen: FGK Status-Report 27 Nr.: 170 10/12
- [9] DIN EN 15239: 2007–08 Lüftung von Gebäuden- Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen
- [10] DIN EN 15240: 2007–08 Lüftung von Gebäuden- Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlageen
- [11] DIN EN 15378: 2008-07 Heizungssysteme in Gebäuden – Inspektion von Kesseln und Heizungssystemen
- [12] VDMA 24186-1: 2002–09 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 1 Lufttechnische Geräte und Anlagen
- [13] VDMA 24186-2: 2007–01 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 2 Heiztechnische Geräte und Anlagen
- [14] VDMA 24186-3: 2002–09 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 3 Kältetechnische Anlagen zu Heiz- und Kühlzwecken
- [15] VDMA 24186-4: 2002–09 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 4 MSR Einrichtungen und Gebäudeautomationssysteme
- [16] *Schmidt, F. Stergiaropoulos, K. et. al.*: REUSE-Rational Use of Energy at the University of Stuttgart Building Environment, Technischer Abschlußbericht BU 343/94 DE, Universität Stuttgart IKE-Bericht 4–151. Stuttgart 1999.

- [17] *Grob, R. Schmidt, M. Harter, J., Bach, H.:* COURAGE – Computergestützte Überprüfung von bestehenden heiz- und raumluftechnischen Anlagen, Schlussbericht, BMWi 0329815A/3, Universität Stuttgart, IKE - Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik, Stuttgart 2002
- [18] *Grob, R. Kopetzky, R. Schmidt, F.:* WIMA - Wissensbasiertes Energiemanagement- eine neue Dienstleistung für mittelständische Unternehmen, Schlussbericht BMBF 01HW0161, Stuttgart 2003
- [19] *Schmidt, M. Stergiaropoulos, K.:* EMSLE Energie Management System für die Stadt Leinfelden-Echterdingen, Schlussbericht, LHR 7-33, Stuttgart 2004
- [20] *Schmidt, M.; Stergiaropoulos, K.; Schmidt, F.:* Abschlussbericht CAMPUS; Energie und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung; Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik; Universität Stuttgart; April 2005
- [21] Tackobst consortium (GBG Mannheim): Pedagogical guide. Tackling obstacles to energy efficiency in social housing. Bericht, Mannheim 2009
- [22] *Fielenbach, Hubert :* Praxisbericht. Optimierung von Heizungsanlagen durch geringinvestive Maßnahmen, Vortrag, 2009
- [23] *Schulte-Zurhausen, Manfred:* Organisation. 3. Aufl. Verlag Franz Vahlen. München 2002; ISBN 3-800-62825-2
- [24] *Wnuk, Michael;* Beitrag zu einem Expertensystem zur Betriebsoptimierung für die Teilbereiche Kühlung, MSR-Technik und Beleuchtung, unveröffentlichte Diplomarbeit, Uni Stuttgart, 2011
- [25] DIN EN 15251: 2007-08 Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- [26] Arbeitsstättenrichtlinie Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV), Bundesgesetzblatt I, Seite 2179, August 2004
- [27] *Dipper Jörg:* Der Energieaufwand der Nutzenübergabe bei Einzelheizgeräten, Dissertation, Universität Stuttgart Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik, 2002
- [28] Rietschel, Hermann; Fitzner, Klaus (Hrsg.): Raumklimatechnik:. Bd.3: Raumheiztechnik; 16.Aufl. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, 2005 – ISBN: 3-540-57180-9
- [29] VDMA 24199: 2005–05 Regelungstechnische Anforderungen an die Hydraulik bei Planung und Ausführung von Heizungs-, Kälte-, Trinkwarmwasser- und Raumluftechnischen Anlagen
- [30] Heizkurve richtig einstellen-Sparen Sie Energie durch eine eigene Optimierung <http://www.energie-effizient-sparen.de/fachbeitraege/heizkurve-richtig-einstellen/>
- [31] Recknagel, Hermann; Sprenger, Eberhard; Schramek, Ernst Rudolf: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 07/08, 73. Aufl. München: Oldenbourg Industrieverlag München 2007, ISBN 10:3-8356-3104-7

- [32] *Joos, Lajos*: Energieeinsparung in Gebäude – Stand der Technik – Entwicklungstendenzen, 2.Aufl. Essen: Vulkan-Verlag GmbH, 2004 – ISBN 3-8027-2376-7
- [33] *Yoldas, Deniz*: Einsparpotentiale durch Betriebsoptimierung, unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Stuttgart, September 2008
- [34] Mega Licht GmbH ,Rasteraufbauleuchte RAL 925, Verfügbar unter: <http://www.megalicht.de/contents/media/5009870.jpg> [04.06.2011]
- [35] *Voss, Karsten; Löhnert, Günther; Herkel, Sebastian; Wagner, Andreas, Wambsganß, Mathias* (Hrsg.): Bürogebäude mit Zukunft Konzepte Analysen Erfahrungen 1.Aufl. Köln: TÜV-Verlag GmbH, 2005 – ISBN: 3-8249-0883-2
- [36] DIN EN 12464-1: 2002–10 Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1 Arbeitsstätten in Innenräumen
- [37] Licht.de, Lichtplanung: Wartungswert und Wartungsfaktor, Verfügbar unter: <http://www.licht.de/de/licht-fuer-profis/lichtplanung/planung-in-der-praxis/wartungswert/> [05.06.2011]
- [38] *Weigand, Bernhard; Köhler, Jürgen; von Wolfersdorf, Jens*: Thermodynamik kompakt, 20. Aufl. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag, 2008 – ISBN: 978-3-540-71865-9
- [39] *Henschel, Hans-Jürgen*: Licht und Beleuchtung Grundlagen und Anwendungen der Lichttechnik, 5. Aufl. Heidelberg: Hüthig Verlag, 2002 – ISBN: 3-7785-2817-3
- [40] *Pech, Anton; Klaus, Jens*: Baukonstruktionen Band 17 Elektro-und Regeltechnik, 1. Auflage, Wien; New York: Verlag Springer, ISBN: 978-3-211-33034-0
- [41] *ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. Fachverband Elektroleuchten, Beleuchtung von Arbeitsstätten*: ZVEI-LEITFADEN ZUR DIN EN 12464-, „Beleuchtung von Arbeitsstätten –Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“. Verfügbar unter: http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/zvei_leitfaden_12464_1.pdf [03.01.2011]
- [42] *Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen*: Hinweise für die Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht in öffentlichen Gebäuden. lfd. Nr. 95 Berlin: Elch Graphics, 2006
- [43] Bayrisches Landesamt für Umweltschutz: Wärmeeffizienz in Bürogebäuden Bürogebäude – Klima schützen – viel sparen mit weniger Strom. Verfügbar unter: http://www.internet-energie-check.de/download/branchenenergiekonzepte/strom_sparen_buerogebaeude.pdf [01.06.2011]
- [44] Swisslux AG, Bedienungs-und Montageanleitung Bewegungsmelder PD3 360. Verfügbar unter: http://www.swisslux.ch/deu/downloads/manuals/pd3_360_up.pdf [01.06.2011]

- [45] So-Rex Brandschutzservice, Montage und Bedienung für Bewegungsmelder F.BM. Verfügbar unter: http://www.brandschutz-passin.de/download/bewegungsmelder_fbm.pdf [01.06.2011]
- [46] DIN 1946-1: 1988-10 Raumluftechnik – Terminologie und graphische Symbole
- [47] DIN EN 13779: 2007–09 Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumklimasysteme
- [48] *Bach, Heinz; Baer, Klaus; Bauer, Michael; Grob, Robert F., Madjid Madjidi:* Entwicklung eines Systems zur Erkennung und Diagnose von Fehlern beim Betrieb von HLK-Anlagen. Schlussbericht, Universität Stuttgart Institut für Kernenergetik und Energiesysteme, Dezember 1997
- [49] *Rietschel, Hermann; Fitzner, Klaus (Hrsg.):* Raumklimattechnik: Bd.2: Raumluft- und Raumkühltechnik; 16.Aufl. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, 2008 – ISBN: 3-540-57011-0
- [50] *Rübel, Silke:* Wirtschaftlichkeitsvergleich der Erdwärmennutzung für reinen Heizbetrieb und kombinierten Heiz- und Kühlbetrieb, unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Stuttgart, Juni 2009
- [51] Siemens Building Technologies GmbH & Co. oHG, Dokumentationen zum Selbststudium, Kältetechnik. Verfügbar unter: http://w1.siemens.ch/web/bt_ch/SiteCollectionDocuments/bt_internet_ch/support/Grundl_Kaelte.pdf [29.05.2011]
- [52] Dudenredaktion (Hrsg.): Dudenband 5 – Fremdwörterbuch. 7. Aufl. Mannheim Leipzig Wien Zürich: Dudenverlag, 2001 - ISBN: 3-411-0457-2
- [53] *Grote, Karl-Heinz; Feldhausen, Jörg:* Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau 22. Aufl. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, ISBN: 978-3-540-49714-1
- [54] Caverion GmbH Geschäftsbereich KRANZ KOMPONENTEN; Kühl- und Heizsysteme, Verfügbar unter: http://test.krantz.de/fileadmin/dekkgt-index/dekkgt-products/dekkgt-prod-coolingheating/dekkgt-prod-coolingheating-inductionunits/dekkgt-prod-inductionunits-10/9.3_bg-k_kombistrahler-bruestungsgeraet_310_kb_.pdf [05.07.2011]
- [55] DIN EN 14240: 2004–04 Lüftung von Gebäuden – Kühldecken - Prüfung und Bewertung
- [56] VDI 2073: 1999-7 Hydraulische Schaltungen in Heiz- und Raumluftechnischen Anlagen
- [57] VDI 3807 Bl. 1: 2007-03 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Grundlagen
- [58] DIN EN 215: 1988-03 Thermostatische Heizkörperventile – Anforderungen und Prüfung

**Expertensystem zur Identifikation
und Definition niedriginvestiver
Maßnahmen zur Senkung des
Energieumsatzes und des Schad-
stoffausstoßes im Gebäudebe-
stand – EXECO2**

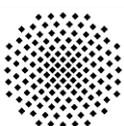
Anhang zum Expertensystem

Forschungsprojekt gefördert durch das Bundes-
institut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
(BBSR)

Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-09.46

Projektleiter:
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. Jörg Arold



Inhaltsverzeichnis

A_G 1 Maßnahmen zur Verringerung des Kühlenergiebedarfs bzw. der Raumtemperatur	1
A_G 1.1 Vermeiden äußerer Wärmelasten.....	1
A_G 1.2 Nutzung der Außenluft zum Kühlen.....	1
A_G 1.3 Verringern der inneren Wärmebelastungen.....	1
A_G 1.4 Nutzerverhalten Kühlbetrieb	1
A_H 1 Anhang Heizung.....	2
A_H 1.1 Sollwerte der Raumtemperatur.....	2
A_H 1.2 Nutzenübergabe – Allgemeine Hinweise	2
A_H 1.3 Dämmung von Rohrleitungen.....	3
A_H 1.4 Betriebszeit	4
A_H 1.5 Heizgrenztemperatur.....	5
A_H 1.6 Heizkurve.....	6
A_H 1.7 Maßnahmen zur Anpassung der Heizleistung nach einer Gebäudesanierung oder zur Korrektur einer Überdimensionierung.....	8
A_L 1 Anhang Beleuchtung	9
A_L 1.1 Überprüfen der Beleuchtungsstärke	9
A_L 1.1.1 Überschlägige Berechnung	9
A_L 1.1.2 Beleuchtungsstärkenmessgerät (Luxmeter)	11
A_L 1.2 Hinweise zur elektrischen Leistung von Lampen	13
A_MSR 1 Anhang Mess-, Steuer- und Regeltechnik	14
A_MSR 1.1 Auswertung von Verbrauchsdaten.....	14
A_MSR 1.2 Auswertung von Strom und Wärmelastgängen.....	14
A_MSR 1.2.1 Lastgänge des Wärmeverbrauchs	14
A_MSR 1.2.2 Lastgänge des Kälteverbrauchs.....	16
A_MSR 1.2.3 Lastgänge des Stromverbrauchs	18
A_MSR 1.3 Auswertung von Betriebsstundenzählern	18
A_MSR 1.4 Hinweise zur richtigen Positionierung von Fühlern	19
A_MSR 1.4.1 Montagehinweise für Raumtemperaturfühler	19
A_MSR 1.4.2 Montagehinweise für Außenlufttemperaturfühler.....	20
A_MSR 1.4.3 Montagehinweise für Zulufttemperaturfühler	20
A_MSR 1.4.4 Montagehinweise für Ablufttemperaturfühler.....	20
A_MSR 1.5 Kontrolle der Funktion von Messfühlern	20
A_MSR 1.6 Überprüfen von Zeitschaltungen	21

A_MSR 1.7	Kontrolle der Funktionalität von Ventilen und Klappen.....	22
A_RLT 1	Anlage zu RLT-Anlagen	23
A_RLT 1.1	Ermitteln erforderlicher Luftvolumenströme	23
A_RLT 1.2	Hinweise zu Filtern von RLT–Anlagen gemäß DIN EN 13779	25
A_RLT 1.2.1	Zusätzliche Hinweise zu den Filtern	25
A_RLT 1.3	Sollwerte für die Raumlufffeuchte	25
A_RLT 1.4	Spezifische Ventilatorleistung	27
A_RLT 1.4.1	Erweiterte spezifische Ventilatorleistung	27
A_RLT 1.4.2	Übliche Werte für SFP-Kategorien gemäß DIN EN 13779 [15].....	28
A_RLT 1.5	Systemwirkungsgrad Ventilator.....	28
A_K 1	Anhang Kühlung	29
A_K 1.1	Dämmung von Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen	29
A_Quellen	30

A_G 1 Maßnahmen zur Verringerung des Kühlenergiebedarfs bzw. der Raumtemperatur

Folgende Hinweise sollten in Gebäuden mit und ohne maschinelle Kühlung eingehalten werden.

A_G 1.1 Vermeiden äußerer Wärmelasten

Zur Vermeidung des Eintritts von äußeren Wärmelasten, ist ein außenliegender Sonnenschutz zu nutzen. Falls kein Sonnenschutz vorhanden ist, muss dieser vor allem für die Süd, Süd-Ost, Süd-West, West und Ost Ausrichtung nachgerüstet werden. Auch sollte bei nicht genutzten, bzw. wenig genutzten Räumen, wie z.B. Bibliotheken, Archiven usw. der außenliegende Sonnenschutz ganztägig heruntergelassen werden um den Wärmeeintrag zu verringern. Zudem sollte in der Kühlperiode vermieden werden, in der Mittags- und Nachmittagszeit die Fenster zu öffnen. Bei der Öffnung weht zwar ein angenehmer „Hauch“, jedoch trägt die Außenluft, wenn sie wärmer als die Raumluft ist, zur Erhöhung der Raumtemperatur und damit der Kühllast bei.

A_G 1.2 Nutzung der Außenluft zum Kühlen

Die Außenluft kann zur Kühlung genutzt werden, wenn die Außenlufttemperatur kleiner ist als die Raumlufttemperatur.

Zu empfehlen ist, vor allem an warmen Sommertagen, die Räume am Morgen gründlich zu Lüften.

A_G 1.3 Verringern der inneren Wärmelasten

Bei der Verringerung der inneren Wärmelasten, gilt es die Abwärme von z.B. IT-Geräten zu reduzieren. Falls möglich sollten Geräte, wie z.B. Drucker, Scanner, Kopierer usw., die gemeinsam genutzt, in einem separaten Raum aufgestellt werden. Dieser Raum kann durch das Öffnen von Fenstern gelüftet werden. Weiterhin ist zu empfehlen, nicht genutzte Geräte ganz abzuschalten und nicht im Standby-Modus zu belassen.

Andere wärmeerzeugende Geräte, wie z.B. Kaffeefullautomaten, Kaffeemaschinen sollten bei Nicht-Benutzung ausgeschaltet und nicht im Arbeitsbereich betrieben werden.

Es ist grundsätzlich bei der Neuanschaffung von Geräten zu beachten, Geräte mit geringer elektrischer Leistung (auch Computer!) zu wählen.

Die Beleuchtung stellt immer eine Wärmequelle dar. Die Beleuchtung sollte geregelt und in wenig genutzten Räumen immer abgeschaltet werden. Glühlampen haben eine besonders hohe Wärmeentwicklung, der Betrieb der Beleuchtung sollte daher v.a. im Sommer auf ein Minimum beschränkt werden. Bei der Auswahl der Leuchten ist auf eine hohe Lichtausbeute bei geringer elektrischer Leistung zu achten.

A_G 1.4 Nutzerverhalten Kühlbetrieb

Es sollten alle Nutzer darauf aufmerksam gemacht werden, die Fenster während des Betriebes der Klimaanlage geschlossen zu halten(v.a. bei hohen Außentemperaturen), um die Kühllast nicht unnötig zu erhöhen.

A_H 1 Anhang Heizung

In diesem Anhang werden ergänzende Informationen zum Gewerk Heizung gegeben.

A_H 1.1 Sollwerte der Raumtemperatur

Eine wesentliche Eingangsgröße für die Optimierung des Betriebs der Heizung ist die Raumtemperatur. Tabelle A 1 zeigt die Vorgaben gemäß DIN EN 15251. In der Spalte „Kategorie“ sind die drei Behaglichkeitskategorien nach DIN EN 15251 dargestellt. Ist nichts anderes angegeben oder bekannt, gilt die Kategorie II. Tabelle A 2 zeigt die Sollwerte der Raumlufttemperatur laut Arbeitsstättenrichtlinie (ASR). In der ASR wird keine Unterscheidung in Behaglichkeitskategorien vorgenommen.

Tabelle A 1: Sollwerte für die operative Raumtemperatur nach DIN EN 15251 in Büroräumen im Heizfall

Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	Temperaturbereich für die Heizung, °C Bekleidung ~1,0 clo
Wohngebäude, andere Räume (Küche, Lagerräume usw.) Stehende, gehende Aktivitäten ~1,5 met	I	18,0-25,0
	II	16,0-25,0
	III	14,0-25,0
Büros und ähnlich genutzte Räume (Einzelbüros, Bürolandschaften, Konferenzräume, Hör- bzw. Zuschauersäle, Cafeterien, Restaurants Klassenräume, Sitzende Aktivitäten ~1,2 met	I	21,0-23,0
	II	20,0-24,0
	III	19,0-25,0

Tabelle A 2: Sollwerte für die Raumlufttemperatur laut ASR 6 in Büroräumen

Überwiegende Arbeitshaltung	Arbeitsschwere			maximale Temperatur
	Leicht	Mittel	Schwer	
Sitzen	20,0°C	19,0°C	-	26,0°C
Stehen und/oder gehen	19,0°C	17,0°C	12,0°C	

A_H 1.2 Nutzenübergabe – Allgemeine Hinweise

Die Nutzenübergabe ist das Subsystem, welches meist direkt in den Räumen bei den Nutzern anzutreffen ist. In den Räumen kann beobachtet werden, ob eine Überdimensionierung der Heizungsanlage vorliegt. Kommt es zu Beschwerden über zu hohe Raumtemperaturen bzw. fällt bei der Begehung auf, dass in der Heizperiode häufig gelüftet wird um ein Überwärmen der Räume zu vermeiden, ist dies ein Hinweis darauf, dass entweder die Einzelraumregelung nicht korrekt funktioniert oder die Heizungsanlage überdimensioniert ist. Für eine Kontrolle der Raumtemperaturen ist es zu empfehlen stichprobenartig Raumtemperaturmessungen durchzuführen, wozu ein geeignetes Messgerät vorhanden sein oder angeschafft werden sollte. Um einen Überblick über die Raumtemperaturen zu bekommen sollte eine Stichprobe von repräsentativen Räumen gemessen werden. Repräsentativ bedeutet in

diesem Fall, dass auch kritische Räume, wie z.B. Eckräume, Räume im obersten Geschöß o.ä., berücksichtigt werden.

$$\vartheta_{\text{Raum,av}} = \frac{\sum_{i=0}^n \vartheta_{\text{Raum,n}}}{n} \quad (\text{A-1})$$

Mit:

$\vartheta_{\text{Raum,av}}$	durchschnittliche Raumtemperatur in °C
$\sum_{i=0}^n \vartheta_{\text{Raum,n}}$	Summe der gemessenen Raumtemperaturen aller n Räume
n	Anzahl der gemessenen Räume

Wichtiger Hinweis: Bei den Messungen muss berücksichtigt werden, ob das Thermostatventil (THV) offen ist, die Heizfläche also warm ist. Hat der Raum z.B. 22 °C und das THV ist geschlossen, ist dies ein Zeichen für eine korrekt funktionierende Heizungsanlage. In diesem Fall ist die hohe Raumtemperatur auf andere Wärmequellen, wie elektrische Geräte, Personen, Solarstrahlung etc. zurückzuführen.

Kommt bei der Messungen ein auffällig hoher Mittelwert (etwa >21,5 °C) heraus oder gibt es viele Räume, welche z.B. an einen Heizstrang angeschlossen sind, mit hoher Raumtemperatur, sollte nach Indikatoren für eine Überdimensionierung der Heizung gesucht werden. Gründe für die erhöhten Raumtemperaturen können z.B. zu hohe Vorlauftemperaturen oder Heizmittelmassentröme. Überhöhte Heizmittelmassentröme können ihre Ursache in einer überdimensionierten Umwälzpumpe oder einen fehlerhaften hydraulischen Abgleich haben. Eine mögliche Folge ist beispielsweise, dass die Regelventile nicht mehr korrekt funktionieren.

A_H 1.3 Dämmung von Rohrleitungen

Laut Energieeinsparverordnung EnEV 2009 §10 Punkt 2 müssen ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden, nachträglich gedämmt werden. Die EnEV schreibt zwar nur eine Nachrüstung in unbeheizten Räumen vor, aufgrund der Über- bzw. Untertemperaturen in den Rohrleitungen treten auch in beheizten Räumen Verluste auf, weshalb auch hier eine Rohrdämmung zu empfehlen ist. Diese Maßnahme ist mit geringen Investitionskosten verbunden. Tabelle A 3 zeigt die EnEV-Anforderungen an die Mindestdämmschichtdicken von Rohrleitungen, diese sind bei einer Nachrüstung mindestens einzuhalten.

Tabelle A 3: Anforderungen an die Dämmschichtdicken gemäß EnEV 2009, Anlage 5

	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bei $\lambda_{\text{Dämm}}=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Pos. 1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
Pos. 2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
Pos. 3	Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
Pos. 4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
Pos. 5	Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1	1/2 der Anforderungen der

	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bei $\lambda_{\text{Dämm}}=0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
	bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	Zeilen 1 bis 4
Pos. 6	Leitungen von Zentralheizungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
Pos. 7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm

Für den Fall, dass die Rohrleitungen an Außenluft angrenzen wird das Zweifache der Mindestdicke nach Tabelle A 3 empfohlen.

Hat der Dämmstoff eine andere Wärmeleitfähigkeit als 0,035 W/mK kann die Dämmstoffdicke mit folgender Gleichung A-2 korrigiert werden:

$$d_2 = d_1 \cdot \frac{\lambda_2}{0,035} \quad (\text{A-2})$$

Mit

λ_2 = Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes in W/(m*K)

d_1 = Mindestdämmdicke nach EnEV 2009 in mm

d_2 = korrigierte Mindestdämmdicke in mm

A_H 1.4 Betriebszeit

Die Betriebszeit der Heizung sollte auf die Nutzungszeit der Zone angepasst werden. Als Grundbedingung gilt hierbei, dass die geforderten Raumtemperaturen während der Nutzungszeit eingehalten werden. Die täglichen Betriebszeiten der Heizung können nach Bedarf und Witterung optimiert werden. Außerhalb der Nutzungszeiten, also in der Nacht, an Wochenend- und Feiertagen sowie in den Betriebsferien reduzieren sich die Anforderungen an das Raumklima und die Luftqualität auf ein Minimum. Zu entscheiden ist, ob diese minimalen Anforderungen eine Totalabschaltung der Anlagen erlauben oder ob ein Stützbetrieb nötig ist, wobei auch der Frostschutz sichergestellt werden muss. Folgende Anforderungen gilt es zu berücksichtigen:

1. Die erforderlichen Soll-Temperaturen müssen rechtzeitig zu Nutzungsbeginn erreicht werden
2. Durch die abgesenkten Temperaturen darf nicht die Gefahr von Schäden an Gebäude-, Anlagenteile oder Gegenständen im Gebäude entstehen.
3. Beim Start der Anlage sind Lastspitzen zu vermeiden

Anzustreben sind geringe Betriebszeiten bei Sicherstellung der thermischen Behaglichkeit während der Nutzungszeit. Eine Abschaltung der Anlagen ist unter Berücksichtigung der

genannten Anforderungen meist erst oberhalb bestimmter Außentemperaturen möglich. Die Außentemperatur bestimmt somit zunächst die Betriebsart außerhalb der Nutzungszeit. In der Regel wird der Absenkbetrieb in Gebäuden auf folgende Weise realisiert:

1. manuell, durch Verstellen des Raumsollwertes
2. automatisch nach festem Modus, durch Absenken der Vorlauftemperatur, beispielsweise zwischen 21 und 6 Uhr
3. automatisch nach festem Zeitprogramm, durch Einschalten eines Stützbetriebes, wenn die Raumlufftemperatur einen vorgegebenen Grenzwert erreicht

Die Betriebszeiten der heiz- und raumlufftechnischen Anlagen dürfen sich nicht nur an den Nutzungszeiten orientieren, sondern müssen in Abhängigkeit der thermischen Speicherfähigkeit des Gebäudes und der Heizungsanlage, der Außentemperatur und der zur Verfügung stehenden Aufheizleistung am Morgen optimiert werden. Die thermische Speicherfähigkeit des Gebäudes und der Heizungsanlage erfordert eine Inbetriebnahme der Anlagen vor Nutzungsbeginn. Die Anlagen sollten gestaffelt in Betrieb genommen werden, um Lastspitzen z.B. beim Strom- und Wärmeverbrauch zu vermeiden.

Die thermische Speicherfähigkeit von Gebäuden ermöglicht es, dass die Heizungsanlage schon vor Ende der Nutzungszeit zurück gefahren, bzw. abgeschaltet werden kann. Der richtige Zeitpunkt kann durch ausprobieren ermittelt werden. Der Abschaltzeitpunkt kann in ½-Stunden Schritten reduziert werden, solange bis es erste Probleme mit Nutzerbeschwerden o.ä. gibt.

Maßnahmen bei einer Änderung der Gebäudehülle

Wurde die Dämmung der Außenhülle eines Gebäudes verbessert, kühlt das Gebäude langsamer aus, es kann versucht werden die Betriebszeit der Heizungsanlage weiter zu reduzieren. Auch hierbei sollte wieder schrittweise, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, vorgegangen werden.

A_H 1.5 Heizgrenztemperatur

Als Heizgrenztemperatur (ϑ_{HG}) wird die Außentemperatur bezeichnet bei deren Überschreitung die Heizungsanlage außer Betrieb geht. Allerdings sollte nicht der Ist-Wert zum jeweiligen Zeitpunkt verwendet werden, sondern ein Mittelwert der Außentemperatur, also z.B. der Mittelwert der vergangenen 6, 12 oder 24 Stunden. Übliche Heizgrenztemperatur sind 15°C bzw. bei besser gedämmten Gebäuden 12°C. Die Heizgrenze ist unter Umständen sehr hoch (20°C und mehr) eingestellt. Dies hat seine Ursache darin, dass es in der Übergangszeit auch bei Außen(mittel)temperaturen über 15°C noch nötig ist zu heizen, weshalb der Wert für die Heizgrenztemperatur erhöht wird und diese erhöhte Einstellung auch für die Sommermonate beibehalten wird. Mögliche Verbesserungsmaßnahmen sind:

1. manuelle Abschaltung der Heizungsanlagen in den Sommermonaten
2. anpassen der HGT in den Sommermonaten

Außerdem muss immer überprüft werden ob für die Außentemperatur der momentane Ist-Wert oder ein Mittelwert der Außentemperatur eingestellt ist. Ggf. muss auf einen Mittelwert umgestellt werden, da dieser wesentlich repräsentativer ist und geringeren Schwankungen

unterliegt, also weniger „zappelt“. Bei einer HGT die ganzjährig über 16°C liegt, sollte überprüft werden ob diese reduziert werden kann.

Maßnahmen bei einer Änderung der Gebäudehülle

Wurden bei einer Gebäudesanierung die thermischen Eigenschaften der Gebäudehülle geändert (neue Fenster, zusätzliche Wärmedämmung), ändert sich die minimal mögliche Heizgrenztemperatur. Diese kann in diesem Fall reduziert werden (z.B. von 15°C auf 12°C). Es ist zu empfehlen die ϑ_{HG} schrittweise zu reduzieren um beobachten zu können wie sich das Gebäude verhält, speziell ob die geforderten Raumtemperaturen erreicht werden.

A_H 1.6 Heizkurve

Die Heizkurve hat die Aufgabe, die Vorlauftemperatur und damit die Heizleistung der Heizflächen, an veränderte Heizlasten anzupassen. Dabei sind folgende technische Lösungen denkbar:

1. Raumtemperaturgeführte Regelung
2. Witterungsgeführte Steuerung
3. Steuerung über die Differenz von Vor- und Rücklauftemperatur

Am weitesten verbreitet ist die witterungsgeführte Steuerung der Vorlauftemperatur, hierbei wird die Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur geändert. Durch das Reduzieren der Vorlauftemperatur wird eine Leistungsanpassung der Heizfläche an die aufgrund der geänderten Außentemperaturen gesunkene Heizlast im Raum erreicht. Diese Steuerung (häufig als Vorregelung bezeichnet) ist als Ergänzung zu der raumweisen Massenstromregelung der Heizflächen zu betrachten und wirkt der Überdimensionierung in den Teillastzuständen entgegen. Bei gleich bleibendem Massenstrom bestimmt die Höhe der Vorlauftemperatur die Wärmeabgabe der Heizflächen. Die Unterversorgung von einzelnen Heizkörpern infolge von hydraulischen Problemen im System wird deshalb oft durch überhöhte Vorlauftemperaturen ausgeglichen, weshalb vor der Anpassung der Heizkurve ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden sollte.

Parametrierung der Heizkurve

Die Einstellung für die Heizkurve befindet sich im Schaltschrank des jeweiligen Wärmeerzeugers, in der Gebäudeleittechnik oder am Steuergerät des Wärmeerzeugers.

Die möglichen Eingabeparameter für die Heizkurve unterscheiden sich in der Praxis je nach Anlagen- bzw. MSR-Typ etwas. Die wichtigsten Parameter für eine Heizkurve sind:

1. maximale Vorlauftemperatur bei Auslegungsaußentemperatur,
2. minimale Vorlauftemperatur bei einer bestimmten Außentemperatur,
3. Steilheit und
4. Parallelverschiebung,

wobei die Bezeichnungen unterschiedlich sein können.

Soweit Revisionsunterlagen vorhanden sind, muss überprüft werden ob die Auslegungstemperaturen der Heizung auch in der Heizkurve eingestellt sind. Also bei einer Auslegung von VL 70 °C/RL 50 °C sollte die maximale Vorlauftemperatur von 70 °C nicht überschritten werden. Wird in manchen Bereichen die geforderte Raumtemperatur trotz der Auslegungstem-

peratur nicht erreicht, kann dies z.B. einen mangelhaften hydraulischen Abgleich als Ursache haben.

Bei der Einstellung der Heizkurve lassen sich u.A. zwei Parameter anpassen. Zum einen lässt sich die Steilheit der Kurve beeinflussen, andererseits kann eine Parallelverschiebung der Kurve vorgenommen werden. Die Steigung gibt an, um wie viel Kelvin sich die Vorlauf-temperatur verändert wenn die Außentemperatur sinkt oder steigt. Mit Hilfe der Parallelverschiebung wird der Fußpunkt der Kurve bestimmt.

Bild A 1 zeigt Heizkurven mit unterschiedlicher Steilheit, die Parallelverschiebung ist mit dem schwarzen Pfeil angedeutet. Eine Änderung der Parallelverschiebung hätte also zur Folge, dass sich der Koordinatenursprung ändert.

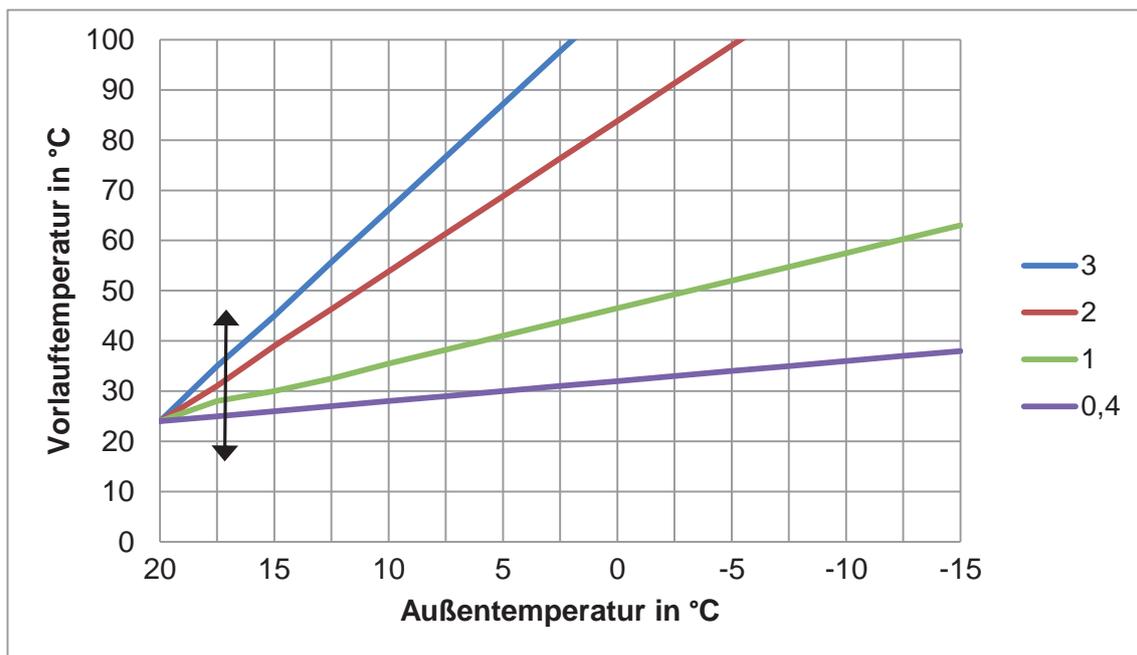


Bild A 1: Heizkurven mit unterschiedlicher Steilheit [5]

Je flacher die Steilheit Heizkurve ist, desto niedriger ist die Systemvorlauftemperatur. Aus dem Verlauf der Kurven ist ersichtlich, dass sich die Wärmeabgabe, bzw. die Vorlauf-temperatur bei steigender Außentemperatur nicht gleichmäßig verändert. So kann es vorkommen, dass die Wärmeabgabe im Winter ausreichend ist, während im Teillastbetrieb, also in der Übergangszeit, die Räume nicht richtig warm werden. Die richtige Vorgehensweise wäre in diesem Fall, zunächst eine etwas flachere Kurve zu wählen und anschließend eine Parallelverschiebung nach oben vorzunehmen. Die Vorlauf-temperaturerhöhung einer parallel nach oben verschobenen Kurve ist im Teillastbereich größer als eine entsprechend steilere Kurve.

Dementsprechend ist vorzugehen, wenn die Vorlauf-temperatur in der Übergangszeit ausreichend ist, es im Winter aber zu kalt ist. Weiter Hinweise zum korrekten einstellen von Heizkurven entnehmen sie bitte den Quellen [5].

Maßnahmen bei einer Änderung der Gebäudehülle

In diesem Fall kann eine Änderung der Heizkurve nötig werden. Die Heizkurve sollte flacher werden, wenn die Heizlast eines Gebäudes aufgrund Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle, gesunken ist.

A_H 1.7 Maßnahmen zur Anpassung der Heizleistung nach einer Gebäudesanierung oder zur Korrektur einer Überdimensionierung

Hat sich die Heizlast eines Gebäudes geändert, muss die Heizleistung der Heizflächen an die neue Situation angepasst werden. Dies kann durch eine Anpassung der Vorlauftemperatur erfolgen. Bei dieser Maßnahme ist die Heizkörperkennlinie zu berücksichtigen (vgl. VDI 6030) [7].

Zu untersuchen ist nun, wie die neue Vorlauftemperatur gewählt werden muss, um einen optimalen Anlagenbetrieb sicherzustellen. Das Temperaturniveau des Systems richtet sich nach der Heizlast. Der Ausgangspunkt stellt also, wie beim hydraulischen Abgleich, die Ermittlung der Heizlast dar. Die erforderliche Vorlauftemperatur richtet sich nach dem ungünstigsten Heizkörper. Für die Bestimmung des neuen Temperaturniveaus wird zunächst die alte logarithmische Übertemperatur $\Delta\vartheta_{In}$ über Gleichung A-3 bestimmt.

$$\Delta\vartheta_{In} = \frac{(\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})}{\left(\ln\left(\frac{\vartheta_{VL} - \vartheta_L}{\vartheta_{RL} - \vartheta_L}\right)\right)} \text{ in K} \quad (\text{A-3})$$

Dann kann mit Hilfe einer der Grundgleichungen für Heizkörper – vorausgesetzt die alte und neue Heizlast ist bekannt – die neue Übertemperatur bestimmt werden. Gleichung A-4 zeigt eine der Grundgleichungen. Die alte und neue Heizkörperleistung verhalten sich proportional zu den logarithmischen Übertemperaturen.

$$\frac{(\Delta\vartheta_{In,neu})}{(\Delta\vartheta_{In,alt})} = \left(\frac{Q_{neu}}{Q_{alt}}\right)^n \quad (\text{A-4})$$

Der Heizkörperexponent kann dabei für den jeweiligen Heizkörpertyp angenommen werden, so dass sich die neue Übertemperatur zu

$$\Delta\vartheta_{(In,neu)} = \Delta\vartheta_{(In,alt)} \cdot \left(\frac{Q_{neu}}{Q_{alt}}\right)^n \text{ in K} \quad (\text{A-5})$$

ergibt. Mit dieser neuen Übertemperatur ergeben sich im Auslegungsdiagramm mehrere mögliche Paarungen für Vor- und Rücklauftemperatur bei unterschiedlichem Massenstrom. Werden so für jeden Heizkörper mögliche Betriebsparameter ermittelt, muss daraus im nächsten Schritt die Systemtemperatur bestimmt werden, und als maximale Vorlauftemperatur in die Heizkurve eingestellt werden.

A_L 1 **Anhang Beleuchtung**

In diesem Anhang werden ergänzende Informationen zur Beleuchtung gegeben.

A_L 1.1 **Überprüfen der Beleuchtungsstärke**

Die Beleuchtungsstärke stellt eine (unter mehreren) Größe für die Qualität der Beleuchtung dar. Mit Hilfe der Beleuchtungsstärke wird geprüft ob die Beleuchtung für die jeweilige Sehaufgabe geeignet ist. Sie dient zu dem als „Marker“ dafür, wann eine Wartung nötig ist. Falls die Beleuchtungsstärke unter den erforderlichen Wert aus Tabelle A 4 fällt, ist eine Wartung der Lampen und Leuchten notwendig. Es gibt zwei Arten die Beleuchtungsstärke zu ermitteln:

- als überschlägige Berechnung (ohne Beleuchtungsmessgerät) (**A_L 1.1.1**)
- wenn vorhanden mit Beleuchtungsstärkemessgerät (Luxmeter) (**A_L 1.1.2**)

Wenn ein Beleuchtungsmessgerät zur Verfügung steht, bitte mit **A_L 1.1.2** weitermachen. Die Beleuchtungsstärke sollte grundsätzlich immer mit einem Beleuchtungsstärkemessgerät gemessen werden und der Grobabschätzung vorgezogen werden.

A_L 1.1.1 **Überschlägige Berechnung**

Bei der überschlägigen Berechnung schätzt man die Beleuchtungsstärke anhand der installierten Leistung ab. Es kann also nicht die tatsächliche Beleuchtungsstärke ermittelt werden, sondern lediglich ob die installierte Anlage in der Lage ist die Anforderungen an die Beleuchtungsstärke zu erfüllen. Die Arbeitsstättenrichtlinie 7/3 [8] wendet ein einfaches Verfahren an, das genutzt werden sollte, falls kein Beleuchtungsstärkemessgerät zur Verfügung steht. In Bürogebäuden sind hauptsächlich Leuchtstofflampen eingebaut. Die Art der Leuchtstofflampe ist dabei ein wichtiger Hinweis auf die Qualität der Beleuchtung. Man erkennt dies u.a. an der Farbwiedergabestufe. Die Farbwiedergabestufe ist auf jeder Leuchtstofflampe aufgedruckt. Jede Leuchtstoffröhre hat einen typischen Aufdruck, der folgende Bedeutung hat:

Beispiel: L 18/ 32-930

L =Leuchtstofflampe

18W=installierte Leistung

32 =Farbbezeichnung (von der produzierenden Firma abhängig)

9 =Farbwiedergabestufe

30 =Farbtemperatur

Farbwiedergabestufen zwischen 4 und 7 stehen für Standardleuchtstofflampen. Farbwiedergabestufen zwischen 8 und 9 stehen für neuartige Leuchtstofflampen wie 3-Banden-Lampen, die eine höhere Farbwiedergabe erreichen und eine höhere Lichtausbeute haben.

Beschreibung des Verfahrens

Nachdem die Farbwiedergabestufe ermittelt wurde, muss die installierte Leistung zusammengerechnet und die beleuchtete Fläche bestimmt werden, auf welcher die erforderliche Beleuchtungsstärke eingehalten werden soll. Die erforderlichen Beleuchtungsstärken sind in Tabelle A 4 dargestellt.

Tabelle A 4: Ausgewählte erforderliche Beleuchtungsstärken gemäß DIN EN 12464-1 [9]

Art des Raumes	mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_m in lx
Einzelbüro, Gruppenbüro, Großraumbüro, Besprechung, Konferenzraum	500
Kantine, Teeküche	200
WC und Sanitärräume	200
Verkehrsflächen, Flure, Eingangshallen	100
Treppenhäuser	150
Lager, Archiv	200
Werkstatt (mittelfeine Montagearbeiten)	500
Bibliothek	200

Die beleuchtete Fläche für ein typisches Büro beinhaltet Arbeitsfläche, Bewegungsfläche und Ablageflächen. Es genügt dazu eine Abschätzung der Fläche aus der Gesamtgrundfläche des Raumes. Danach wird die flächenbezogene installierte Leistung in W/m^2 berechnet. Dieser errechnete Wert muss nun mit den Werten aus Tabelle A 5, Tabelle A 6, Tabelle A 7 und Tabelle A 8 verglichen werden. Die Abhanghöhe ist der Abstand zwischen Boden und der Leuchte.

Dies wird an einem Beispiel verdeutlicht:

Gegeben: Farbwiedergabestufe 6, 6 Leuchtstofflampen zu je 58 W, Abhanghöhe 2 m, beleuchtete Fläche $15 m^2$

$$6 \times 58 W = 348 W$$

$$348 W / 15 m^2 = 23,2 W/m^2$$

Danach geht man in Tabelle A 5 und vergleicht den Wert. Tabelle A 5 fordert $25 W/m^2$, somit sind $23,2 W/m^2$ in Ordnung.

Tabelle A 5: Mittlere Beleuchtungsstärke bei Farbwiedergabestufe 4-7 bei Leuchtstofflampen [10]

Mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_m in lx	Installierte elektrische Leistung in W/m^2 bei Leuchtstofflampen mit der Farbwiedergabestufe 4-7 und einer Abhanghöhe über der zu beleuchtenden Fläche von:		
	ca. 2 m	ca. 3 m	ca. 4 m
1000	50	60	64
750	38	45	48
500	25	30	32
300	15	17	19
200	10	11	13
150	7	8	9
100	5	6	6
50	3	3	4

Tabelle A 6: Mittlere Beleuchtungsstärke bei Farbwiedergabestufe 8-9 bei neuartigen Leuchtstofflampen [10]

Mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_m in lx	Installierte elektrische Leistung in W/m ² bei Leuchtstofflampen mit der Farbwiedergabestufe 8-9 und einer Abhänghöhe über der zu beleuchtenden Fläche von:		
	ca. 2 m	ca. 3 m	ca. 4 m
1000	30	36	38
750	23	27	29
500	15	18	19
300	9	10	11
200	6	7	8
150	4	5	5
100	3	4	4
50	2	2	2

Hinweis bei Abweichungen von den Soll-Beleuchtungsstärken:

Bei Abweichungen, die über der geforderten Beleuchtungsstärke liegen, sollten Lampen demontiert werden. Bei Beleuchtungsstärken, die unter dem geforderten Wert liegen, sollte zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke einerseits die Reflektoren gereinigt oder Reflektoren nachgerüstet werden. Zudem könnten Lampen mit einer höheren Lichtausbeute nachgerüstet werden, wie z.B. Leuchtstofflampen mit einer hohen Farbwiedergabestufe (8-9). Ein Wert, der unterhalb der Beleuchtungsstärke liegt, ist zu dem ein Anzeichen dafür, dass eine Wartung der Lampen und Leuchten notwendig ist.

A_L 1.1.2 Beleuchtungsstärkenmessgerät (Luxmeter)

Die Beleuchtungsstärke sollte mittels Luxmeter überprüft werden. Die Beleuchtungsstärke ist für eine repräsentative Anzahl von Räumen zu überprüfen. Die Beleuchtungsstärke sollte mittels einer Punktmessung ermittelt werden. Um einen möglichst wirklichkeitsnahen Wert der mittleren Beleuchtungsstärke zu erhalten, sollte in folgenden Zonen gemessen werden:

Zonen für die Messung:

In Räumen:

- Messpunkte im Bereich der Sehaufgabe (z.B. auf dem Schreibtisch oder Besprechungstisch)
- ein Messpunkt in dem unmittelbaren Umgebungsbereich
- Messung 0,75 m über dem Boden

Bei Verkehrsflächen:

- Repräsentativer Messpunkt mit niedriger Beleuchtungsstärke zwischen zwei Leuchten
- Messung direkt über dem Fußboden

Danach sollten die gemessenen Werte addiert und durch die Anzahl der Messungen dividiert, also der Mittelwert gebildet werden:

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (\text{A-6})$$

Mit

\bar{E} mittlere Beleuchtungsstärke über alle Messpunkte in lx

E_i Beleuchtungsstärke am Messpunkt i in lx

Hinweis bei Abweichungen der Soll-Beleuchtungsstärken:

Bei Abweichungen, die über der geforderten Beleuchtungsstärke liegen, sollten Lampen demontiert werden. Bei Beleuchtungsstärken, die unter dem geforderten Wert liegen, sollte zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke einerseits die Reflektoren gereinigt oder Reflektoren nachgerüstet werden. Zudem könnten Lampen mit einer höheren Lichtausbeute nachgerüstet werden, wie z.B. Leuchtstofflampen mit einer hohen Farbwiedergabestufe (8-9). Ein Wert, der unterhalb der Beleuchtungsstärke liegt, ist zu dem ein Anzeichen dafür, dass eine Wartung der Lampen und Leuchten notwendig ist.

A_L 1.2 Hinweise zur elektrischen Leistung von Lampen

Tabelle A 7: Installierte elektrische Leistung für Kompaktleuchtstofflampen [10]

Mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_m in lx	Installierte elektrische Leistung in W/m ² bei Leuchtstofflampen mit der Farbwiedergabestufe 4-7 und einer Abhänghöhe über der zu beleuchtenden Fläche von:		
	ca. 2 m	ca. 3 m	ca. 4 m
1000	50	54	58
750	34	41	43
500	25	27	29
300	23	15	17
200	9	10	12
150	6	7	8
100	5	5	5
50	3	3	4

Tabelle A 8: Installierte elektrische Leistung für Glühlampen [10]

Mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_m in lx	Installierte elektrische Leistung in W/m ² bei Leuchtstofflampen mit der Farbwiedergabestufe 4-7 und einer Abhänghöhe über der zu beleuchtenden Fläche von:		
	ca. 2 m	ca. 3 m	ca. 4 m
1000	200	240	256
750	152	180	192
500	100	120	128
300	60	68	76
200	40	44	52
150	28	32	36
100	20	24	24

A_MSR 1 Anhang Mess-, Steuer- und Regeltechnik

A_MSR 1.1 Auswertung von Verbrauchsdaten

Für eine grobe Kontrolle des Gebäudebetriebs ist es sinnvoll, den Energieverbrauch zu überwachen. Allerdings kann dadurch nur festgestellt werden, dass der Verbrauch über einen Vergleichswert steigt, irgendetwas nicht in Ordnung ist und eine Überprüfung des Gebäudes notwendig ist. Für eine sinnvolle Auswertung von Wärmeverbräuchen ist zum einem eine möglichst kleine zeitliche Auflösung der Messwerte (maximal monatlich), und zum anderen eine Außentemperaturbereinigung der Messwerte nötig. Die Außentemperaturbereinigung erfolgt mit der folgenden Gleichung aus VDI 3807 Bl. 1 [11]. In dieser Richtlinie befinden sich weitere Verfahren und Informationen zur Verbrauchsauswertung.

$$Q_{VH} = Q_{VgH} \cdot \frac{G_m}{G} \quad (\text{A-7})$$

- Q_{VH} bereinigter Heizenergieverbrauch in kWh/a
 Q_{VgH} außentemperaturabhängiger Heizenergieverbrauch in kWh/a
 G_m langjähriges Mittel der Jahresgradtage in K*d/a
 G Gradtage in K*d

Die hierzu benötigten Gradtage G und G_m des jeweiligen Abrechnungszeitraums können auf der Webseite des Deutschen Wetterdienstes DWD oder z.B. beim Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) abgerufen werden.

A_MSR 1.2 Auswertung von Strom und Wärmelastgängen

Während monatliche bzw. tägliche Energiemengen nur geeignet sind, um auf mögliche Änderungen im Gebäude- und Anlagenbetrieb aufmerksam zu werden, können aus zeitlich hoch aufgelösten Lastgängen schon genauere Hinweise auf mögliche Fehler entnommen werden. Im Folgenden werden einige Beispiele beschrieben.

A_MSR 1.2.1 Lastgänge des Wärmeverbrauchs

Bei der Auswertung des Lastgangs des Wärmeverbrauchs, ist auf mögliche Auffälligkeiten im zeitlichen Verlauf zu achten. Auffälligkeiten sind hierbei:

- a) geringe Absenkung des Wärmeverbrauchs im Sommer
- b) hoher „Sockelverbrauch“, d.h. Wärmeverbrauch fällt nicht unter einen bestimmten Betrag
- c) geringe Absenkung des Wärmeverbrauchs in der Nacht

In diesem Fall muss zuerst geprüft werden, ob es eine plausible Erklärung für den Wärmeverbrauch im Sommer gibt. Mögliche Ursachen für Wärmeverbrauch im Sommer könnten sein:

- i. Kälteerzeugung mit Ad-/Absorptionskältemaschinen
- ii. Hoher Bedarf an Trinkwarmwasser, z.B. für eine Küche, Sozialräume mit Duschen o.ä.
- iii. Lufterwärmer (LE) in RLT-Anlagen ohne Wärmerückgewinnung

Trifft einer oder mehrere dieser Punkte zu, muss anhand der Herstellerunterlagen, Typenschildern, Messwerten o.ä. geklärt werden welche Anschlussleistung die einzelnen Komponenten haben. Anhand dessen kann vereinfacht abgeschätzt werden, ob die anliegende, sommerliche „Grundlast“ realistisch ist.

Der Betrieb der LE hängt von der geforderten Zu- und Außenlufttemperatur ab. Ist z.B. $\vartheta_{Zu, Soll}=18\text{ °C}$, sollte der Betrieb des LE bei einer Außenlufttemperatur von ca. $\vartheta_{Au, Ist}=17\text{ °C}$ eingestellt werden. Bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung muss diese bei der Regelung der Anlage berücksichtigt werden. Ein Betrieb oberhalb dieser Außenlufttemperaturen muss vermieden werden.

Ist der Wärmeverbrauch, zumindest in dieser Höhe, nicht auf die drei beschriebenen Ursachen zurückzuführen, muss eine gründliche Fehlersuche durchgeführt werden. Sind Aufzeichnungen aus der GLT vorhanden, müssen diese ausgewertet werden. Auffälligkeiten wären in diesem Fall z.B. der Betrieb von Heizkreispumpen, Lüfterwärmern oder Wärmeerzeugern bei hohen Außentemperaturen. Bild A 2 zeigt einen fiktiven Jahreslastgang der Heizleistung. Was bei diesem Lastgang auffällt, ist der hohe Sockelverbrauch in den Sommermonaten. Fällt eine solche Unregelmäßigkeit auf, muss nach möglichen Erklärungen dafür gesucht werden, weshalb im Sommer die Heizleistung noch so hoch ist.

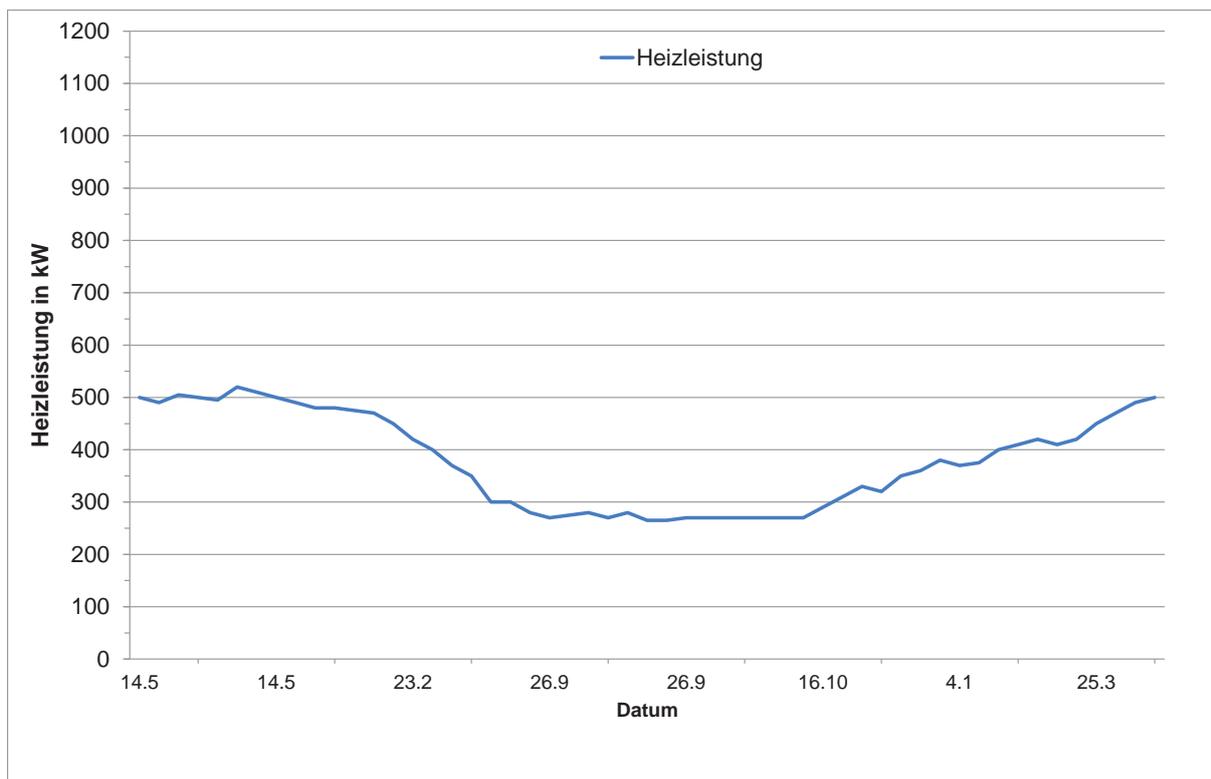


Bild A 2: Auffälliger Jahreslastgang der Heizleistung

Bild A 3 zeigt einen fiktiven Tageslastgang der Heizleistung. Bei diesem Lastgang fällt der hohe Sockelverbrauch in den Nachtstunden auf. Fällt eine solche Unregelmäßigkeit auf, muss nach möglichen Erklärungen dafür gesucht werden, weshalb auch in der Nacht die Heizleistung noch so hoch ist.

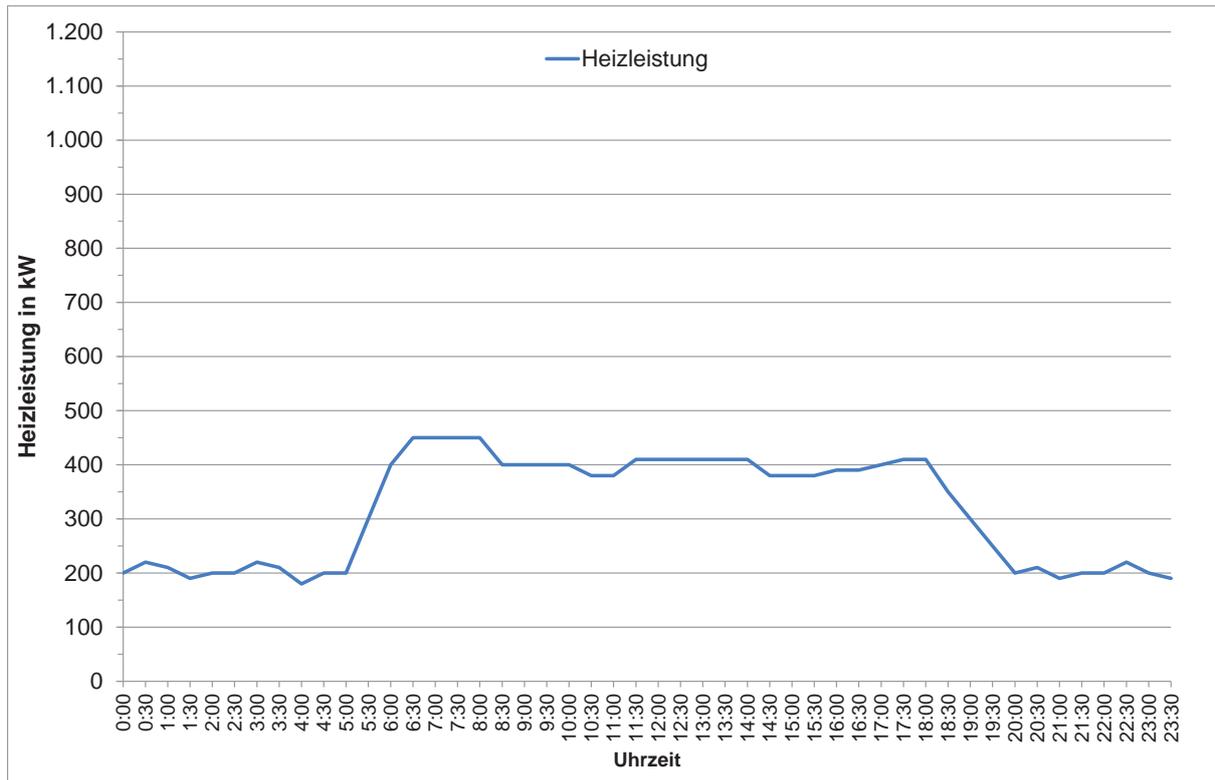


Bild A 3: Auffälliger Tageslastgang der Heizleistung

A_MSR 1.2.2 Lastgänge des Kälteverbrauchs

Wird der Kälteverbrauch erfasst (evtl. wird nur der Stromverbrauch der Kältemaschine ausgewertet), kann der Lastgang des Kälteverbrauchs ähnlich behandelt werden wie der Wärmeverbrauch. Auffälligkeiten beim Kälteverbrauch sind jedoch:

- geringe Absenkung des Kühlleistung im Winter (siehe Bild A 4)
- hoher „Sockelverbrauch“, d.h. Kühlleistung fällt nicht unter einen bestimmten Betrag
- geringe Absenkung der Kühlleistung in der Nacht (Bild A 5)

Mögliche Ursachen hierfür sind:

- Kältebedarf zur Kühlung von Rechenzentren
- Kältebedarf für Kühl- und Lagerräume, wenn eine Kantine mit eigener Küche vorhanden ist

Auch hier muss wieder anhand der Auslegungsdaten überprüft werden, ob die Kältegrundlast realistisch und auf die vorhandenen, planmäßig zu betreibende, Verbraucher zurückzuführen ist. Ist dies nicht der Fall, muss die konkrete Parametrierung und Funktion der Zeitschaltungen und Sollwerte der Kälteerzeugung überprüft werden.

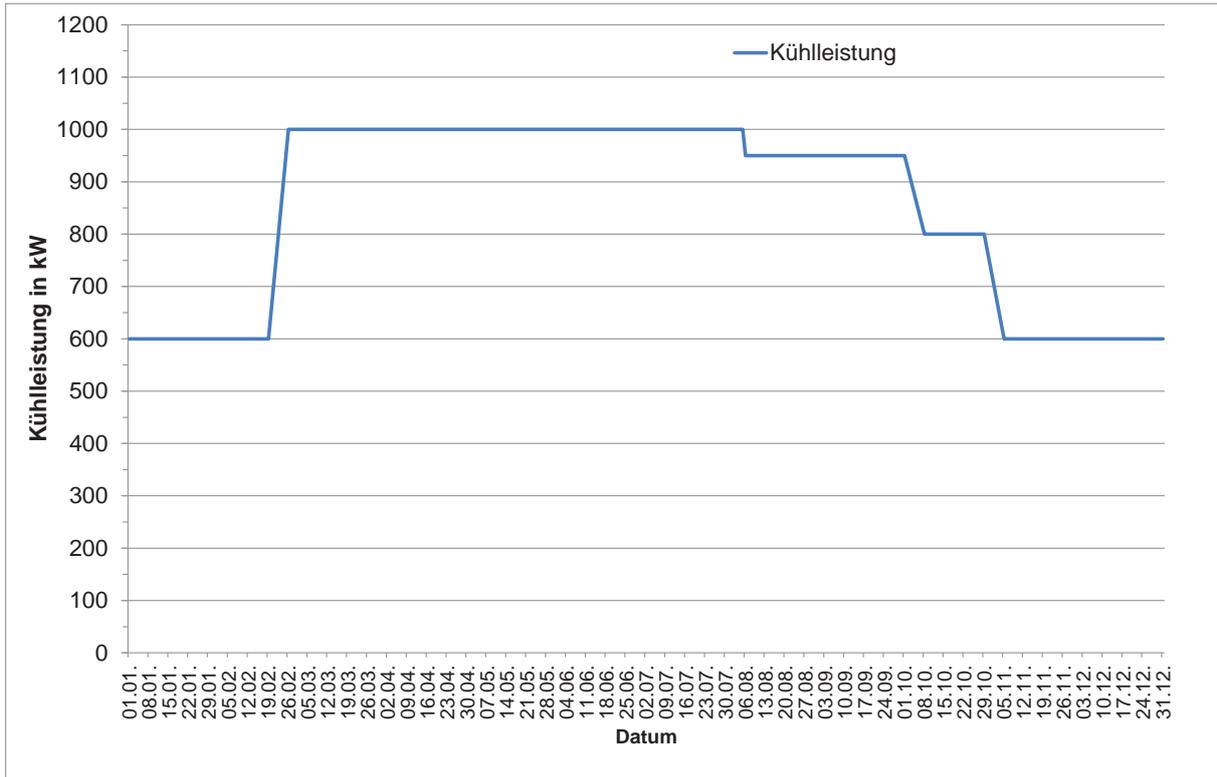


Bild A 4: Auffälliger Jahreslastgang der Kühlleistung

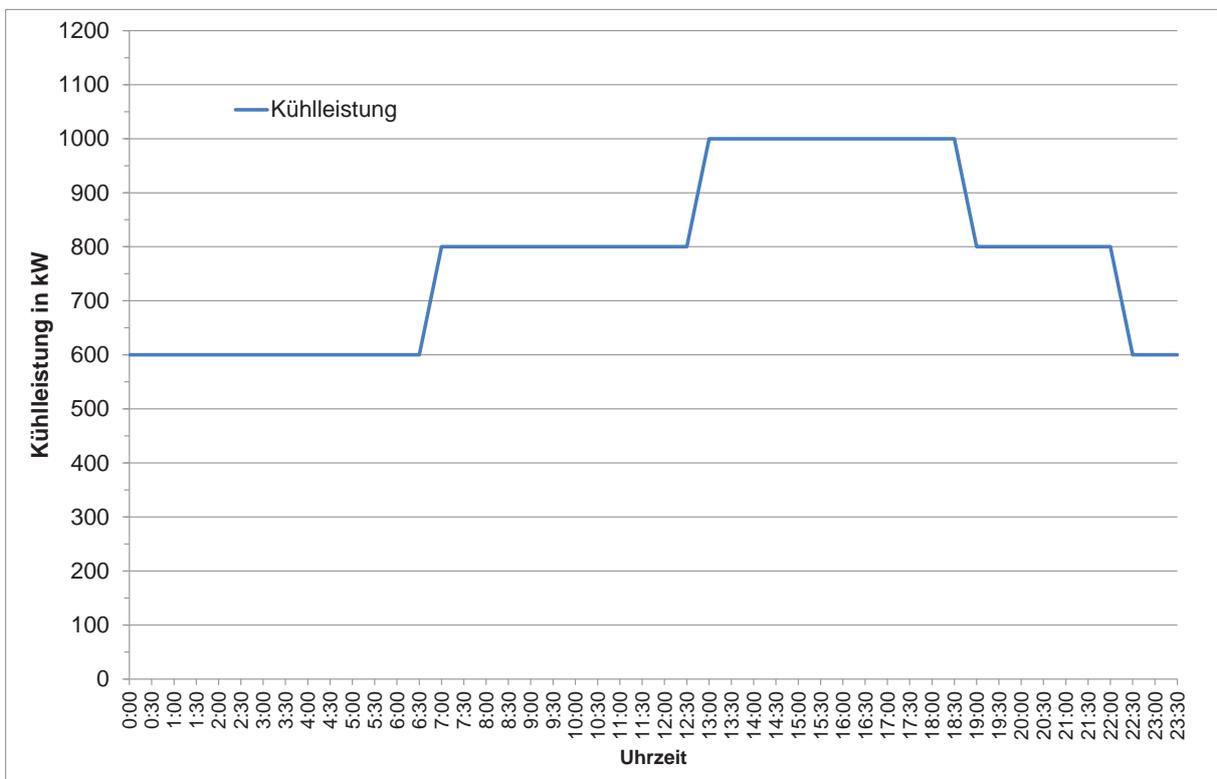


Bild A 5: Auffälliger Tageslastgang der Kühlleistung

A_MSR 1.2.3 Lastgänge des Stromverbrauchs

Wie stark die jahres- und tageszeitliche Änderung des Stromlastgangs eines Gebäudes ist, hängt stark von der technischen Ausstattung ab. Weist das Gebäude eine hohe Grundlast auf, ist nach möglichen Ursachen hierfür zu suchen. Mögliche Verbraucher, welche planmäßig 24/7 in Betrieb sind:

- a) Server in Rechenzentren
- b) Kälteanlagen zum Kühlen von Rechenzentren
- c) Kühlräume etc. für Lebensmittel

Fällt also eine hohe Grundlast auf, muss zuerst überprüft werden, ob dies auf die beschriebenen Verbraucher zurückzuführen ist. Es muss also erfasst werden, welche dieser Grundlast-Verbraucher vorhanden sind, und welche Leistung diese haben. Ist die Grundlast deutlich höher als diese Verbraucher erwarten lassen, kann die Folgende Ursachen haben:

- i. Bürogeräte (PC, Drucker etc.) werden unnötig betrieben.
- ii. RLT-Anlagen sind außerplanmäßig in Betrieb
- iii. Kältemaschinen sind außerplanmäßig in Betrieb

Zu i: Setzen sie sich bitte mit der EDV-Abteilung in Kontakt. Diese können evtl. in Ihren Protokollen etc. erkennen, ob und wie viele PCs etc. Nachts in Betrieb sind. Wird festgestellt, dass viele Nutzer ihre Geräte nachts bzw. bei Abwesenheit nicht abschalten, müssen sie über Aufklärungskampagnen etc. versuchen die Nutzer darauf aufmerksam zu machen.

Zu ii und iii: Überprüfen sie bitte die GLT-Aufzeichnungen, sowie die Parametrierung und Funktion aller Schaltungen.

A_MSR 1.3 Auswertung von Betriebsstundenzählern

Eine weitere Möglichkeit, den Betrieb von Anlagen zu überwachen, sind Betriebsstundenzähler. Die Betriebsstunden sollten mindestens monatlich erfasst werden, ist eine automatisierte Erfassung über die GLT möglich, sollte eine Auswertung in kleineren Zeitschritten erfolgen. Dies ermöglicht das Erkennen von Fehlern hinsichtlich der zeitlichen Steuerung, aber auch falsch eingestellte Grenztemperaturen etc. Bild A 6 zeigt exemplarisch die Auswertung der Betriebsstunden einer RLT-Anlage. Das Diagramm gibt einen Hinweis darauf, dass sich scheinbar ab Oktober in der Betriebsweise etwas geändert, oder der Betriebsstundenzähler nicht mehr korrekt funktioniert. Um die Ursache für diese Abweichung zu finden, müssen

- a) die Einstellung des Zeitprofils,
- b) die Funktionsfähigkeit des Betriebsstundenzählers und
- c) mögliche regelungs- und steuerungstechnische Einflüsse anderer Komponenten oder Parameter überprüft werden.

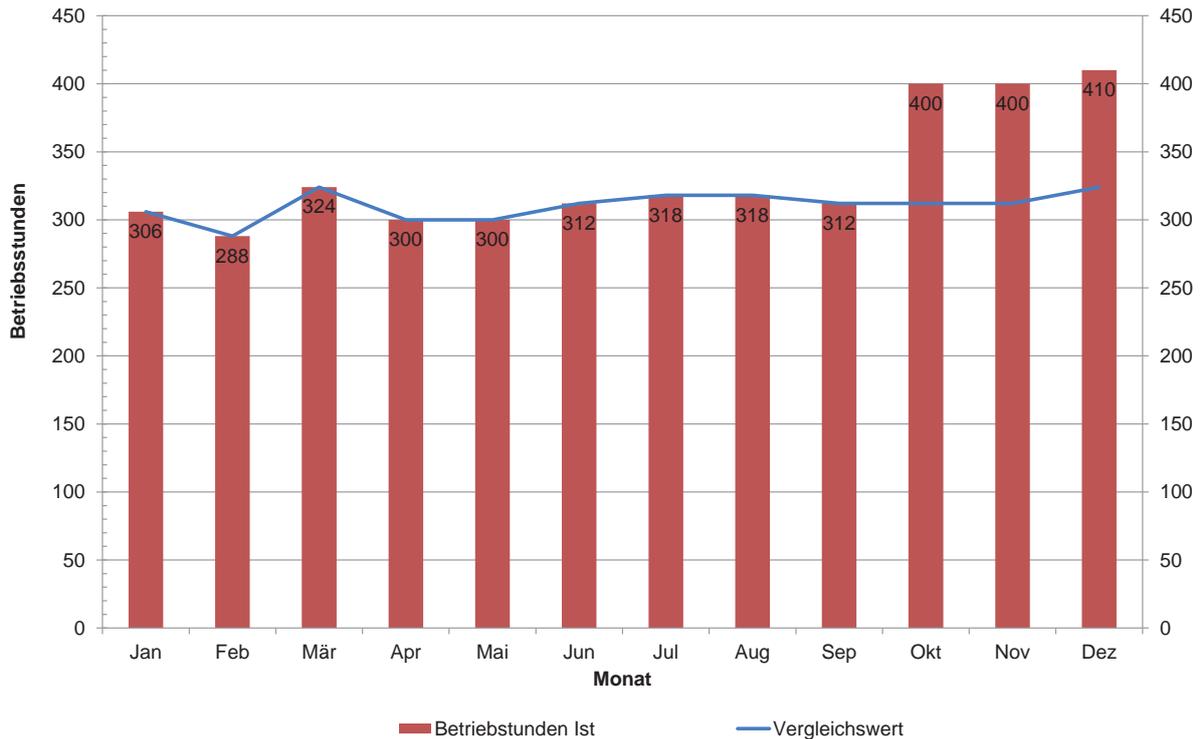


Bild A 6: Fehlererkennung anhand der Betriebsstundenerfassung

A_MSR 1.4 Hinweise zur richtigen Positionierung von Fühlern

A_MSR 1.4.1 Montagehinweise für Raumtemperaturfühler

Raumtemperaturfühler allgemein

- Montage möglichst nah am Aufenthaltsbereich
- Stellen mit Wärmequellen müssen vermieden werden, wie z.B. Heizkörper, elektrische Wärmequellen (Kaffeautomaten, Kopierer, Computer etc.)
- Fühler sollte nicht in einer Nische platziert werden
- Fühler sollte nicht direkter Sonnenbestrahlung ausgesetzt sein
- Nicht an Wand platzieren mit wechselnden Oberflächentemperaturen wie z.B. eine Außenwand
- Nicht in direkter Zugluft montieren
- Temperatureinfluss des Kabelkanals hinter dem elektr. Fühler vermeiden, bei großen Mess- und Regelabweichungen Dämmung auf der Rückseite des Fühlergehäuses nachrüsten.
- Empfohlen wird eine Montagehöhe zwischen 0,5 m und 1,5 m über dem Boden, da dies in etwa dem Aufenthaltsbereich einer sitzenden Person entspricht.

Thermostatventile mit eingebautem Temperaturfühler

- Das Thermostatventil sollte möglichst nicht der Temperaturstrahlung des Heizkörpers ausgesetzt sein. Sollte es offensichtlich Schwierigkeiten mit der Regelung geben, muss geprüft werden, ob es möglich ist, die THV anders zu platzieren.

A_MSR 1.4.2 Montagehinweise für Außenlufttemperaturfühler

1. empfohlene Ausrichtung der Wand: Ost bzw. Nord-Ost sein
2. direkte Sonneneinstrahlung sollte vermieden werden
3. Außentemperaturfühler sollte auf einem Material montiert sein, das keine hohe Wärmeleitfähigkeit (z.B. Aluminium) hat
4. Außenlufttemperaturfühler sollte nicht in der Nähe aller Arten von Außenluftdurchlässen montiert sein
5. Temperaturfühler auf der richtigen Höhe montieren (empfohlen wird bei Gebäuden mit mehr als 3 Stockwerken: 0,3 m vom Fenster entfernt, Montage zwischen 2. und 3. Stock; bei Gebäuden mit weniger als 3 Stockwerken: Montage etwa bei 2/3 der Gebäudehöhe, auch 0,3 m vom Fenster entfernt)

A_MSR 1.4.3 Montagehinweise für Zulufttemperaturfühler

1. Falls das letzte Luftbehandlungsgerät der Ventilator ist: Der Zulufttemperaturfühler sollte nach dem Ventilator eingebaut sein. Sollte dies nicht der Fall sein und es zu Schwierigkeiten mit der Regelung kommen bitte versuchen den Montagort zu ändern.
2. Falls das letzte Luftbehandlungsgerät nicht der Ventilator ist: Ein Abstand zum letzten Luftbehandlungsgerät von 0,5 m wird empfohlen; bei Befeuchtern und Tropfenabscheidern wird mindestens 1 m empfohlen.
3. Möglichst nahe beim Zuluftdurchlass montieren.
4. Fühlerrute sollte diagonal durch den Kanal verlaufen und nicht die Kanalwand berühren.

A_MSR 1.4.4 Montagehinweise für Ablufttemperaturfühler

1. Fühler sollte vor Abluftventilator montiert werden.
2. Fühlerrute sollte diagonal durch den Kanal verlaufen und nicht die Kanalwand berühren.

A_MSR 1.5 Kontrolle der Funktion von Messfühlern

Die korrekte Funktion von Messfühlern hat einen großen Einfluss auf die Regelgenauigkeit von Anlagen, weshalb den Messfühlern einige Aufmerksamkeit gewidmet werden muss. Mögliche Hinweise auf Fehlfunktionen sind:

1. Ein Messfühler zeigt bei verschiedenen Betriebszuständen und Randbedingungen (z.B. Außentemperatur) immer nahezu konstante Temperaturen an.
2. Ein Messfühler, z.B. Außentemperaturfühler zeigt offensichtlich falsche Werte an (Temperaturen um den Gefrierpunkt bei schönem Sommerwetter).
3. Temperaturfühler zeigt sehr hohe/niedrige Werte an (z.B. +120 °C oder -50 °C).
4. Wert wird in einer falschen Einheit angezeigt.

Eine weitere Möglichkeit einen verdächtigen, bzw. defekten Messfühler auffindig zu machen ist das Besprühen mit Prüfspray. Hierbei wird eine Art Eisspray auf den Fühler gesprüht und seine Reaktion beobachtet. Zeigen Messfühler auffällige, nicht plausible Werte an, muss die Ursache gesucht werden. Mögliche Ursachen hierbei sind:

5. Messfühler defekt
6. Messfühler falsch angeschlossen
7. Messfühler falschem Datenpunkt zugeordnet

A_MSR 1.6 Überprüfen von Zeitschaltungen

Zeitschaltungen dienen zum automatischen, zeitabhängigen Ein-/Ausschalten aller Arten von Anlagen (Wärme- und Kälteerzeuger, Beleuchtungsanlagen, Pumpen etc.). Jedoch sollte die Funktionalität der Zeitschaltungen überprüft werden, da Zeitschaltungen oft ohne dass es bemerkt wird verstellt werden und die Anzeigen z.B. in der GLT häufig nicht mit dem tatsächlichen Anlagenzustand übereinstimmen. Bei der Überprüfung muss geschaut werden, ob zu der angegebenen Zeit die Anlage tatsächlich ein- und ausschaltet. Falls aus zeitlichen oder organisatorischen Gründen das Ein- und Ausschalten nicht abgewartet werden kann, sollte eine Test-Zeitschaltung durchgeführt werden. Hierzu ist das Zeitprofil so zu verändern, dass während der Inspektion ein Schaltvorgang beobachtet werden kann. Sollte die Anlage laut Zeitprofil „aus“ sein, muss vor Ort an der Anlage überprüft werden, ob die Anlage tatsächlich „aus“ ist. Danach muss das Zeitprofil auf die Ausgangswerte (Soll-Zeitprofil) zurückgestellt werden. Fehler der Schaltungen sind zu notieren und so weit wie möglich zu beheben.

Sollten sie die Möglichkeit haben selbst neue GLT-Bilder anzulegen oder eine Service – Firma dies machen kann, ist zu empfehlen ein zusätzliches GLT-Bild anzulegen. Dieses sollte den Schaltzustand laut Zeitprofil mit dem Ist-Schaltzustand verglichen werden, dadurch ist eine schnelle visuelle Kontrolle der Zeitschaltungen möglich. Voraussetzung dafür, dass diese Gegenüberstellung wirklich hilfreich ist, ist die korrekte Darstellung des Ist - Zustandes. Ob diese Anzeige funktioniert sollte anfänglich manuell, also durch Beobachtungen vor Ort, untersucht werden. Tabelle A 9 zeigt mehrere für Schaltzustände. Vor allem bei der Konstellation der Anlage XY 2 ist eine Überprüfung der Zeitschaltung angebracht.

Tabelle A 9:Vorschlag für ein GLT-Bild-Layout zur Kontrolle der Funktion von Zeitschaltungen

Anlagenbezeichnung	Schaltzustand laut Zeitprofil	Ist-Schaltzustand
XY 1	aus	aus
XY 2	aus	ein
XY 3	ein	ein
XY 4	ein	aus
XY 5	ein	ein
XY 6	ein	ein

Wichtiger Hinweis für Zeitschaltungen:

Bei Zeitschaltungen muss darauf geachtet werden, dass die relevante Systemuhr die Zeitumstellung (Winter-/Sommerzeit) berücksichtigt. Wird dies nicht beachtet, entsteht zwar nicht unbedingt ein Energiemehrverbrauch, allerdings kann es passieren, dass Räume nicht rechtzeitig warm werden, oder RLT-Anlagen nicht früh genug in Betrieb gehen um eine ausreichende Luftqualität zur Verfügung zu stellen.

A_MSR 1.7 Kontrolle der Funktionalität von Ventilen und Klappen

Gibt es Hinweise darauf, dass ein Regelventil oder eine Lüftungsklappe nicht korrekt funktioniert, sollte versucht werden, die Funktionalität zu überprüfen. Diese Überprüfung kann auf mehrere Arten erfolgen.

Gibt es Aufzeichnungen aus der GLT, sollten diese ausgewertet werden. Es muss darauf geachtet werden, ob bei Änderungen von Sollwerten oder Regelsignalen eine Reaktion des Ventils erfolgt. Sieht die GLT-Aufzeichnung z.B. wie im Bild A 7 aus, kann dies ein Hinweis auf ein defektes Ventil sein. In diesem Bild sieht man, dass um 6:00, zum Ende des Absenkbetriebs, der Sollwert für die Vorlauftemperatur von 40 °C auf 60 °C (blaue Linie) springt. Das Ventil öffnet sich zwar etwas, von 45% auf 65% (rote Linie), allerdings genügt dies nicht, dass der Ist-Wert der Vorlauftemperatur (grüne Linie) den Soll-Wert erreicht.

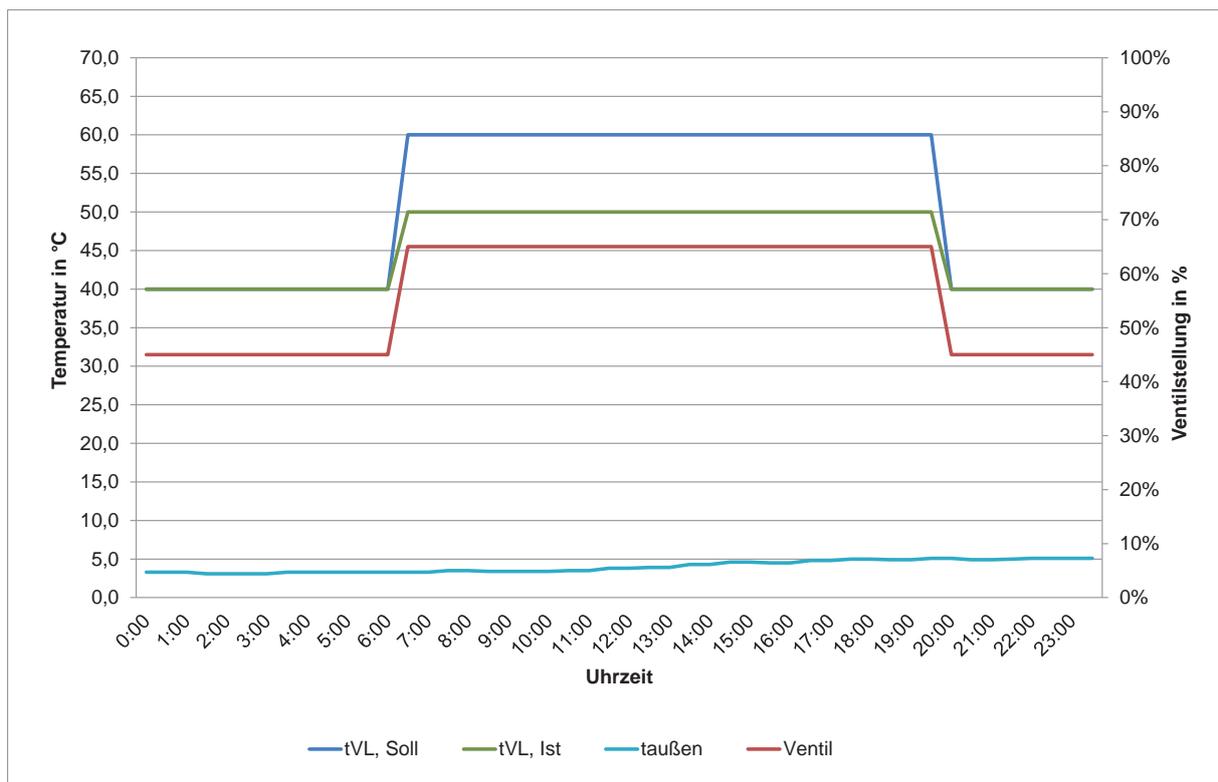


Bild A 7: (fiktive) GLT-Aufzeichnung mit möglichen Indikatoren für ein defektes Ventil

Gibt es keine Aufzeichnungen aus der GLT, sollten sie selbst eine Funktionsprüfung durchführen. Hierzu muss gezielt ein Sollwert verstellt werden, worauf ein Ventil reagieren müsste. Beobachten sie bitte direkt am Ventil (nicht an der GLT), ob es sich bewegt. Im Falle des Ventils eines Lufterwärmers, könnten sie z.B. den Zuluftsollwert so verändern, dass das Ventil öffnen müsste (oder schließen), je nachdem in welchen Betriebszustand es sich befindet. Für die Klappen einer RLT-Anlage kann z.B. versucht werden die komplette Anlage ein- und auszuschalten. Die beschriebenen Tests sollten durchgeführt werden, wenn das Gebäude nur gering belegt ist (sehr früh, sehr spät oder in der Mittagspause).

Ändert sich an der Ventil- oder Klappenstellung nichts, muss geprüft werden, ob diese(s) festsetzt und evtl. eine Wartung nötig ist.

A_RLT 1 Anlage zu RLT-Anlagen

A_RLT 1.1 Ermitteln erforderlicher Luftvolumenströme

Um kontrollieren zu können, ob an den Lüftungsgeräten zu hohe Volumenströme eingestellt sind, muss ein Vergleich zwischen den planungsgemäßen, bzw. den eingestellten und den erforderlichen Soll-Volumenströmen durchgeführt werden. In diesem Kapitel wird beschrieben wie der Soll-Außenluftstrom ermittelt werden kann. Dieser ergibt sich aus der tatsächlichen Nutzung und der Belegungsdichte der versorgten Gebäudebereiche, und kann gemäß DIN EN 15251 und / oder der Arbeitsstättenrichtlinie ermittelt werden. Hierfür ist die Excel-Liste „Berechnung_Außenluftstrom“ beigefügt. Im Folgenden werden die beiden Verfahren etwas näher erläutert.

Luftvolumenströme nach Arbeitsstättenrichtlinie ASR 5 und ASR 37/1

In der Arbeitsstättenrichtlinie wird, für den Fall, dass eine RLT-Anlage erforderlich ist, der SOLL-Luftvolumenstrom gemäß Tabelle A 10 bemessen. Für Toilettenräume sind im Teil ASR 37/1 die ebenfalls in Tabelle A 10 dargestellten Werte vorgeschrieben. Der Luftwechsel soll in Toiletten mindestens 5-fach sein.

Tabelle A 10: Außenluftströme nach ASR 5 für den Fall einer maschinellen Lüftung

	Außenluftstrom in m ³ /(h*Person)			Außenluftstrom in m ³ /(h*Person) in Toilettenräumen		
	Nichtraucher		Raucher	bei Geruchsbelästigung	Pro WC	Pro Urinal
	min.	max.	min.	min.	30	15
sitzende Tätigkeit	20	40	30	40		
nicht sitzende Tätigkeit	40	60	50	60		
schwere körperliche Arbeit	> 65		> 75	> 85	min. 5 1/h	

Die Außenluftströme können bei Außentemperaturen über 26 °C bis 32 °C und unter 0 °C bis -12 °C um höchstens 50% linear vermindert werden (z.B. durch Umluft-Betrieb).

$$\dot{q}_{tot} = n \cdot \dot{q}_P \quad (\text{A-8})$$

Mit:

\dot{q}_{tot} Gesamtaußenluftvolumenstrom in m³/h

n Anzahl der Personen im Raum (Auslegung)

\dot{q}_P Außenluftvolumenstrom pro Person in m³/h/Person

Luftvolumenströme nach DIN EN 15251

Neben der Arbeitsstättenrichtlinie ist die seit 2007 gültige DIN EN 15251 für die Auslegung von RLT-Anlagen bzw. der Auslegungsvolumenströme maßgeblich. Die DIN EN 15251 berechnet den Gesamtaußenluftstrom aus zwei Teilen. Der eine Teil ist personenbezogen, für

die Abfuhr der durch die Personen verursachten Stofflasten, und der andere Teil ist flächenbezogen und berücksichtigt die Abfuhr der Stofflasten welche durch Emission, z.B. aus den Bodenbelägen, entstehen.

Die Anforderungen für die flächen- und personenbezogenen Außenluftvolumenströme können Tabelle A 11 entnommen werden.

Tabelle A 11: Auslegungsvolumenströme nach DIN EN 15251

		Luftvolumenstrom für Verunreinigungen durch Gebäudeemissionen (q_B) in $m^3/(h \cdot m^2)$		
Kategorie	Luftstrom je Person (q_P) in $m^3/(h \cdot \text{Person})$	Sehr schadstoffarme Gebäude	Schadstoffarme Gebäude	Nicht schadstoffarme Gebäude
	36,0	1,8	3,6	7,2
II	25,2	1,3	2,5	5,0
III	14,4	1,1	1,4	2,9

Falls keine genauen Anforderungen bekannt sind, gilt die Kategorie II für schadstoffarme Gebäude.

$$\dot{q}_{tot} = n \cdot \dot{q}_P + A \cdot \dot{q}_B \quad (\text{A-9})$$

\dot{q}_{tot}	Gesamtaußenluftvolumenstrom in m^3/h
n	Anzahl der Personen im Raum (Auslegung)
\dot{q}_P	Außenluftvolumenstrom pro Person in $m^3/h/\text{Person}$
A	Grundfläche des Raums in m^2
\dot{q}_B	Außenluftvolumenstrom aufgrund der Gebäudeemissionen in $m^3/h/m^2$

A_RLT 1.2 Hinweise zu Filtern von RLT-Anlagen gemäß DIN EN 13779

Filter sind wichtige Anlagenkomponenten von RLT-Anlagen. Diese sind notwendig um Staub u.ä. aus der Außenluft zu filtern. Die Tabelle A 12 enthält Informationen zu den Anforderungen an Filterklassen gemäß DIN EN 13779.

Tabelle A 12: Empfohlene Mindestklassen je Filterstufe (Definition der Filterklassen nach EN 779), aus DIN EN 13779

Außenluftqualität	Raumluftqualität			
	IDA 1 (spezial)	IDA 2 (hoch)	IDA3 (mittel)	IDA 4 (niedrig)
ODA 1 (saubere Luft)	F9	F8	F7	F5
ODA 2 (Staub)	F7+F9	F5+F8	F5+F7	F5+F6
ODA 3 (sehr hohe Konzentration von Staub und Gasen)	F7+GF ^a +F9	F7+GF ^a +F9	F5+F7	F5+F6

^aGF= Gasfilter (Aktivkohlefilter) und/oder chemischer Filter

Hinweise zum Filterwechsel gemäß DIN EN 13779:

Ein Kriterium zum Wechseln können entweder Betriebsstunden oder Betriebsjahre sein:

1. Filter der ersten Stufe sollten nach 2000 Betriebsstunden ersetzt werden, jedoch maximal nach einem Jahr.
2. Filter der zweiten Stufe sollten nach 4000 Betriebsstunden ersetzt werden, jedoch maximal nach zwei Jahren

A_RLT 1.2.1 Zusätzliche Hinweise zu den Filtern

Umluft:

Für Umluft sollte mindestens die Filterklasse F5 verwendet werden. Der Umluftfilter sollte jedoch die gleiche Qualität aufweisen wie der Filter im Hauptstrom.

Fortluft:

Der Fortluftfilter sollte mindestens der Klasse F5 entsprechen.

Außenluft:

Alle Außenluftfilter müssen vor Nässe geschützt werden. Die relative Feuchte sollte weniger als 80% betragen

Bei ODA 3 sollten Aktivkohlefilter verwendet werden. Aktivkohlefilter müssen mit einem Nachfilter mindestens der Klasse F8 oder F9 versehen werden.

Außenluftfilter, wenn Sie nur aus einem Filter bestehen, sollten mindestens der Klasse F7 entsprechen.

Bei zwei Außenluftfiltern (empfohlen für IDA 1 und IDA 2) sollte der erste Filter zwischen F5 und F7 liegen und der zweite Filter zwischen F7 und F9.

A_RLT 1.3 Sollwerte für die Raumluftfeuchte

Verfügt die Anlage über einen Luftbefeuchter, ist dem Sollwert für die Luftbe- und -entfeuchtung besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Hier ist nämlich ein großes Totband möglich, in welchem nicht be- oder entfeuchtet werden muss. Dieser Spielraum bzgl. des Sollwerts wird häufig nicht genutzt, was einen hohen Energiemehrverbrauch zur Folge hat. In

Tabelle A 13 sind die Grenzwerte für die relative Raumlufffeuchte gemäß DIN EN 15251, DIN EN 13779 und Arbeitsstättenrichtlinie ASR 5 angegeben.

Im Bereich zwischen Grenzwert Entfeuchtung und Grenzwert Befeuchtung ist keine Konditionierung der Luft hinsichtlich der Feuchte nötig. Eine Befeuchtung der Luft wird laut DIN EN 15251 erst unterhalb einer relativen Raumlufffeuchte von 30 bzw. 25% nötig um Behaglichkeitsdefizite zu vermeiden. Für die Entfeuchtung (falls technisch möglich) im Sommer ist der Grenzwert der Kategorie III zu empfehlen, Erst oberhalb diesen Wertes sind bauliche Schäden zu befürchten und eine Einschränkung der thermischen Behaglichkeit zu erwarten.

Tabelle A 13: Grenzwerte für die relative Raumlufffeuchte nach DIN EN 15251 und DIN EN 13779

Kategorie	DIN EN 15251		DIN EN 13779		Arbeitsstättenrichtlinie 5	
	Grenzwert Entfeuchtung	Grenzwert Befeuchtung	Sommerhöchstwert	Wintermindestwert	Lufttemperatur	max. relative Luftfeuchte
I	50%	30%	12g/kg	6 g/kg	20°C	80%
II	60%	25%	60% r.F. bei 26°C	40% r. F. bei 22°C	22°C	70%
III	70%	20%			24°C	62%
IV	> 70%	< 20%	Verweist auf DIN EN 15251		26°C	55%

Identifizieren falscher Sollwerte für die relative Raumlufffeuchte

Der Sollwert kann entweder in der GLT abgelesen werden oder direkt am Schaltschrank der jeweiligen RLT-Anlage. Gegebenenfalls sind auch Messungen während des Betriebs der jeweiligen Anlagenteile, (Befeuchter, Kühler) durchzuführen. Wenn in der GLT eine Trend-Funktion vorhanden ist, ist es ratsam diese auszuwerten, um durch den Verlauf der Raumlufffeuchte Rückschlüsse auf die eingestellten Sollwerte ziehen zu können. Für Räume mit normaler Büronutzung können die Werte der DIN EN 15251 Kategorie 2 angenommen werden. In Räumen, in welchen aufgrund der Nutzung besondere Randbedingungen gelten, z.B. in Serverräumen, Druckereien etc., müssen die Anforderungen der Geräte bzw. der Prozesse berücksichtigt werden. Werden in Bereichen mit besonderer Nutzung Änderungen an der Raumlufffeuchte vorgenommen, muss dies mit den verantwortlichen Personen abgestimmt werden.

A_RLT 1.4 Spezifische Ventilatorleistung

Die spezifische Ventilatorleistung ist ein Anlagenkennwert. Die spezifische Ventilatorleistung ist das Verhältnis der elektrischen Leistungsaufnahme zum Nennluftvolumenstrom bezogen auf alle Ventilatoren. Sie ist als Bewertungsmaßstab für den Energieverbrauch zu sehen. Die untere Tabelle A-14 aus der DIN EN 13779 [15] zeigt die spezifischen Ventilatorleistungen samt ihren Kategorien für die Standardanwendung.

Tabelle A-14: Klassifizierung der spezifischen Ventilatorleistung

Kategorie	P_{SFP} in $W/(m^3)*s$
SFP 1	< 500
SFP 2	500-750
SFP 3	750-1250
SFP 4	1250-2000
SFP 5	2000-3000
SFP 6	3000-4500
SFP 7	> 4500

A_RLT 1.4.1 Erweiterte spezifische Ventilatorleistung

RLT-Anlagen können sich in ihrer Ausstattung unterscheiden, wie z.B. durch besondere Filter. Dadurch erhöht sich der SFP-Wert. Aus der Tabelle A-15 entnimmt man die Bauteile und die damit zusammenhängende Erhöhung des SFP-Werts.

Tabelle A-15: Erweiterte P_{SFP} für zusätzliche Bauteile

Bauteil	erweiterter P_{SFP} in $W/(m^3)*s$
Zusätzliche mechanische Filterstufe	+300
HEPA-Filter	+1000
Gasfilter	+300
Wärmerückführungsklasse H2 oder H1 ^a	+300
Hochleistungskühler	+300
^a Klasse H2 oder H1 nach EN 13053	

Man addiert zu der Kategorie der Standardanwendung den erweiterten P_{SFP} dazu und erhält den neuen P_{SFP} . Falls mehrere Ventilatoren vorhanden sind, verlangt die EnEV einen Mittelwert aller Ventilatoren, der als Ergebnis der Kategorie 4 und besser entsprechen sollte.

A_RLT 1.4.2 Übliche Werte für SFP-Kategorien gemäß DIN EN 13779 [15]

Tabelle A-16: Beispiele für die SFP-Kategorie

Anwendung	SFP-Kategorie für jeden Ventilator	
	Üblicher Bereich	Standardwert
Zuluftventilator		
- Klimaanlage	SFP 1 bis SFP 5	SFP 4
- Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung	SFP 1 bis SFP 4	SFP 3
Zuluftventilator		
- Klimaanlage oder Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	SFP 1 bis SFP 5	SFP 3
- Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung	SFP 1 bis SFP 4	SFP 2

A_RLT 1.5 Systemwirkungsgrad Ventilator

Berechnung des Systemwirkungsgrads für Zu- oder Abluftventilatoren:

$$\eta = \frac{\dot{V}_{Nenn} \Delta p}{P_{el,wirk}} \quad (\text{A-10})$$

η_{ZUL} Systemwirkungsgrad des Ventilators in -

$\dot{V}_{Nenn} \dot{V}_{Nenn,ZUL}$ Nennluftvolumenstrom in m³/s

$\Delta p \Delta p_{Zul}$ statische Druckerhöhung über der Druckwand des Ventilators in Pa

$P_{el,wirk}$ Elektrische Wirkleistung Luftförderung in W

Tabelle A 17: Ventilator-Effizienzklassen-Systemwirkungsgrad

Effizienzklasse	Motor-Nennleistung			
	< 2 kW	< 5 kW	< 10 kW	> 10 kW
1	55%	60%	65%	70%
2	50%	55%	60%	65%
3	45%	50%	55%	60%
4	40%	45%	50%	55%

A_K 1 Anhang Kühlung

In diesem Anhang werden ergänzende Informationen zum Gewerk Kühlung gegeben.

A_K 1.1 Dämmung von Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen

Laut EnEV 2009 § 10 Punkt 2 [3] müssen ungedämmte, zugängliche Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen gedämmt werden. Diese Maßnahme ist mit geringen Investitionskosten verbunden. Tabelle A-18 zeigt einen Ausschnitt der EnEV - Anforderungen an die Mindestdämmschichtdicken von Rohrleitungen. Diese sind bei einer Nachrüstung mindestens einzuhalten. Ist schon eine Dämmung vorhanden, muss überprüft werden, ob die Mindestdämmschichtdicke eingehalten wird.

Tabelle A-18: Anforderungen an die Dämmschichtdicken gemäß EnEV 2009, Anlage 5, Ausschnitt

Zeile	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit der Dämmung von 0,035 W/(m·K)
8	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

Für den Fall, dass die Rohrleitungen an Außenluft angrenzen wird das Zweifache der Mindestdicke nach EnEV 2009 [3] empfohlen.

Hat der Dämmstoff eine andere Wärmeleitfähigkeit als 0,035 W/mK kann die Dämmstoffdicke mit Gleichung A-11 korrigiert werden:

$$d_2 = d_1 \frac{\lambda_2}{0,035} \quad (\text{A-11})$$

mit

λ_2 Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes in W/(m·K)

d_1 Mindestdämmdicke nach EnEV 2009 in mm

d_2 korrigierte Mindestdämmdicke in mm

Die Dämmstoffe, die verwendet werden, müssen diffusionsdicht sein oder eine dampfdichte Umhüllung haben, da sich sonst Kondenswasser bildet.

A_ Quellen

Quellen Heizung

- [1] VDMA 24199: 2005-05 Regelungstechnische Anforderungen an die Hydraulik bei Planung und Ausführung von Heizungs-, Kälte-, Trinkwarmwasser- und Raumlufttechnischen Anlagen
- [2] VDI 2073: 1999-05 Hydraulische Schaltungen in Heiz- und Raumlufttechnischen Anlagen
- [3] EnEV 2009 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV 2009)
- [4] DIN EN 15378: 2008-07 Heizungssysteme in Gebäuden – Inspektion von Kesseln und Heizungssystemen
- [5] <http://www.energie-effizient-sparen.de/fachbeitraege/heizkurve-richtig-einstellen/>
- [6] http://www.hydraulischer-abgleich.de/deu/1_/8_Systembetrachtung/14_Systembetrachtung.html
- [7] VDI 6030: 2002-02 Auslegung von freien Raumheizflächen Grundlagen - Auslegung von Raumheizkörpern

Quellen Beleuchtung

- [8] *Arbeitsstättenrichtlinie 7/3: 1993 – 11 Künstliche Beleuchtung*
- [9] *DIN EN 12464-1: 2002 – 10 Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1 Arbeitsstätten in Innenräumen*
- [10] *Wnuk, Michael; Beitrag zu einem Expertensystem zur Betriebsoptimierung für die Teilbereiche Kühlung, MSR-Technik und Beleuchtung, unveröffentlichte Diplomarbeit, Uni Stuttgart, 2011*

Quellen MSR-Technik

- [11] VDI 3807 Bl. 1: 2007-03 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Grundlagen

Quellen RLT-Anlagen

- [12] DIN EN 15239: 2007-08 Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen
- [13] DIN EN 15240: 2007-08 Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlageanlagen
- [14] VDMA 24186-1: 2002-09 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden Teil 1: Lufttechnische Geräte und Anlagen
- [15] DIN EN 13779: 2007-09 Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme
- [16] DIN EN 15251: 2007-08 Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- [17] *Arbeitsstättenrichtlinie Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV), Bundesgesetzblatt I, Seite 2179, August 2004*
- [18] VDI 2055: 1994-07 Wärme- und Kälteschutz für betriebs- und haustechnische Anlagen; Berechnungen, Gewährleistungen, Meß- und Prüfverfahren, Gütesicherung, Lieferbedingungen
- [19] VDI 2087: 2006-12 Luftleitungssysteme, Bemessungsgrundlagen

Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2

Leitfaden zum Expertensystem

Forschungsprojekt gefördert durch das
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung (BBSR)

Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-09.46

Projektleiter:
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. Jörg Arold

Inhalt

1. EXECO2–Expertensystem zur Energie- und CO ₂ -Einsparung.....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Grundlegende Einteilung des Expertensystems.....	1
1.1.1 Checklisten.....	2
1.1.2 Übersichtslisten.....	2
1.1.3 Anhang.....	3
1.3 Aufbau und „Bedienung“ des Expertensystems.....	3
1.4 Hinweis zur Informationsbeschaffung.....	4
1.5 Hinweise zur Kommunikation mit den Gebäudenutzern.....	4
2. Glossar.....	6



1. EXECO₂–Expertensystem zur Energie- und CO₂-Einsparung

1.1 Einführung

Das vorliegende Expertensystem zur Energie- und CO₂-Einsparung dient als Leitfaden zum Auffinden von niedriginvestiven Energiesparpotenzialen durch eine Optimierung des Anlagenbetriebs. Hierbei werden die Betriebszeiten, Sollwerte, Systemtemperaturen etc. so angepasst, dass die geforderten Raumkonditionen (Temperaturen, Luftqualität, etc.) mit einem Minimum an Energieverbrauch erfüllt werden. Das vorliegende Expertensystem soll das Betriebspersonal, welches regelmäßig mit den Anlagen in Berührung ist, für mögliche Einsparpotenziale sensibilisieren, und dazu, ermuntern bei den gewählten Einstellungen etc. etwas genauer hinzusehen. Da aus verschiedenen Gründen, seien es wirtschaftliche oder ökologische, die Notwendigkeit zur Energieeinsparung besteht, genügt es nicht mehr sich beim Betrieb technischer Anlagen eines Gebäudes damit zu begnügen, dass es keine Beschwerden seitens der Nutzer gibt, sondern es muss auch versucht werden, den Energieeinsatz hierzu auf ein Minimum zu reduzieren. Die beiliegenden Checklisten sollen dabei als Leitfaden für den Optimierungsprozess dienen. Die Checklisten wurden so gestaltet, dass diese auf alle Gebäude übertragbar sind. Da Gebäude und ihre technische Ausstattung sehr unterschiedlich sind, kann es passieren, dass Sie die Listen etwas anpassen und/oder erweitern müssen.

Es werden vorwiegend betriebliche Aspekte betrachtet, Empfehlungen für hochinvestive Maßnahmen, wie z.B. der Austausch von Anlagenkomponenten werden nur am Rande als Empfehlungen erwähnt. Die Wartung der Anlagen, wie sie z.B. in den VDMA-Einheitsblättern behandelt wird, wird nur betrachtet, wenn ein Einfluss auf den Energieverbrauch der Anlagen besteht.

Wichtiger Hinweis

Die üblichen Wartungs- und Inspektionsarbeiten (z.B. nach VDMA oder VDI 6022), welche dazu dienen, die Lebensdauer der Anlagen zu erhöhen, werden hier also nicht abgedeckt. Prinzipiell soll mit dem Expertensystem erst mal eine Bestandsaufnahme durchgeführt werden.

Bevor Maßnahmen an den Anlagen durchgeführt werden, also Betriebsparameter etc. verändert werden, muss geprüft werden ob für die Anlagen Wartungsverträge o.ä. bestehen und ob Gewährleistungsfragen dagegen sprechen diese Änderungen selbst durchzuführen. Wenn sie sich unsicher sind ziehen sie das entsprechende Fachpersonal zur Hilfe.

Die Checklisten enthalten eine Fülle von Punkten, dennoch wird kein Anspruch auf Vollständigkeit für jedes Gewerk erhoben.

1.2 Grundlegende Einteilung des Expertensystems

Um den Inhalt des Expertensystems auf bestimmte Gebäude anpassen zu können, ist es in einzelne Dateien nach verschiedenen Bereichen aufgeteilt. Die Einteilung erfolgt in Gebäude, Heizung, Kühlung, RLT-Anlagen und Licht.

Danach wird das jeweilige Gewerk in Erzeugung, Verteilung und Nutzenübergabe unterteilt. Bei der Beleuchtung ist diese Unterteilung nicht möglich. Die MSR-Technik wird in die jeweiligen Gewerke eingebunden. Die Checklisten sind so gegliedert, dass die Fragen in der gleichen Reihenfolge auftreten, wie die jeweiligen Komponenten normalerweise im Gebäude auftauchen. Hierbei steht jedoch das Problem im Weg, dass jedes Gebäude, jede Anlage ein Einzelstück ist. Durch die Unterteilung in Gewerke ist es möglich, das Expertensystem so zu gliedern, dass nur die Anlagenteile berücksichtigt werden, die für das jeweilige Gebäude von Interesse sind. Dadurch wird vermieden, dass Sie mit Fragen konfrontiert wird, welche irrelevant sind.

Die Bezeichnung der einzelnen Teile erfolgt nach der Aufteilung in Gewerke und Subsysteme. Die Abkürzung setzt sich aus dem Anfangsbuchstaben des jeweiligen Gewerks und des Subsystems zusammen.

Gewerk:

- G=Gebäude
- H=Heizung
- RLT=Raumlufttechnik
- K=Kühlung
- L=Licht

Subsystem:

- N=Nutzenübergabe
- V=Verteilung
- E=Erzeugung

Beispielsweise ergibt sich für den Wärmeerzeuger der Heizung die Schreibweise: **H_E**. Für die einzelnen Teile gibt es

- Checklisten,
- Übersichtslisten und einen
- Anhang.

Wobei der Anhang zu einem zusammenhängenden Dokument, eine Art Begleitheft, zusammengefasst ist. Die einzelnen Dokumententypen haben die im Folgenden beschriebenen Aufgaben:

1.1.1 Checklisten

In den Checklisten werden verschiedene Fragen gestellt und mit Hinweisen versehen. Diese Checklisten dienen dazu, einzelne Systembereiche wie z.B. Heizkreise, RLT-Anlagen etc. zu analysieren. Hier erfolgen das Erfassen des Ist-Zustands und der technischen Ausstattung sowie eine Bewertung des Betriebs. Die Checkliste für die Verteilung der Heizung hat folgende Bezeichnung: **H_V_CL**.

1.1.2 Übersichtslisten

Diese Listen haben mehrere Aufgaben. Sie dienen der Gesamtübersicht über das Gebäude, bzw. dessen Anlagen, der Dokumentation von Änderungen und werden dann eingesetzt,

wenn sehr viele Einzeleinheiten untersucht werden müssen (z.B. bei der raumweisen Betrachtung der Nutzenübergabe). Die Übersichtliste Verteilung der Heizung hat folgende Bezeichnung: **H_V_Ü**.

1.1.3 Anhang

Im Anhang befinden sich umfangreichere Informationen und Handlungsempfehlungen, welche den Textfluss der Checklisten stören würden. Außerdem werden hier Bezüge zu anderen Quellen, welche u.U. veralten und dann gepflegt werden müssen hergestellt. Zu diesen Quellen gehören z.B. die EnEV und verschiedene Normen, wie z.B. die DIN EN 15251 und DIN EN 13779. Die Anhänge sind nicht in Subsysteme unterteilt, d.h. es gibt nur einen Anhang für Heizung, RLT-Anlagen, Beleuchtung und Kühlung. Die Bezeichnung der Anhänge lautet z.B. für die Heizung **H_A**.

Im ersten Schritt muss sich ein Überblick über die vorhandene Anlagentechnik, also die Anzahl an Wärmeerzeugern, Kälteerzeugern, Heiz- und Kühlkreisläufe, RLT-Anlagen etc. verschafft werden, um die Checklisten vorbereiten zu können. Sind in einem Gebäude z.B. 2 Wärmeerzeuger mit insgesamt 6 Heizkreisen installiert, müssen 2 Checklisten für Wärmeerzeuger und 6 Heizkreisen zusammengestellt werden. Die Dateien der Checklisten und der Übersichtslisten für die Wärmeerzeuger, RLT-Anlagen, Heizkreise etc. sollten kopiert und gemäß der Bezeichnung der Anlagen und -teile umbenannt werden.

1.3 Aufbau und „Bedienung“ des Expertensystems

Zuerst wird der Planungszustand abgefragt. Aus den verfügbaren Unterlagen (z.B. Herstellerunterlagen, Heizlastberechnungen, Rohrnetzberechnungen, Revisionsunterlagen) muss der Nutzer die Daten eintragen, welche er zur Verfügung hat. Danach erfolgt eine Überprüfung des Ist-Zustands. Ein Soll/Ist-Vergleich der gebäudetechnischen Anlage, der Gebäudenutzung und der Gebäudehülle wird vorgenommen um die eingetretenen Änderungen zu erkennen und an der gebäudetechnischen Anlage umzusetzen. Schon aus dieser Ist-Zustand Prüfung können Energieeinsparpotentiale identifiziert werden. Die Checklisten haben die in Tabelle 1-1 dokumentierte Form und bestehen aus verschiedenen Checklisten (CL)-Typen:

Tabelle 1-1: Vorlage für die Checklisten des Expertensystems

		Ja	Nein
CL Typ 1	Einstellungen für den hydraulischen Abgleich möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CL Typ 2	Treppenhäuser a) <input type="checkbox"/> Innenliegend b) <input type="checkbox"/> außenliegend		
CL Typ 3	Bezeichnung der Lüftungszone:		
		Wert	
CL Typ 4	Wie hoch ist die Heizlast des Raums?		kW
Hinweis 1	Hinweis:		

Hinweis 2	Nutzerhinweis:
Hinweis 3	Umrüstempfehlung:
Hinweis 4	Organisatorischer Hinweis:

- CL Typ 1: Hier werden Fragen gestellt, die mit Ja oder Nein beantwortet werden müssen. Da es nicht möglich war, alle Fragen so zu formulieren, dass es genügt, ein Häkchen zu setzen, wurde diese Form gewählt.
- CL Typ 2: Diese Form kommt zur Anwendung, wenn mehrere Auswahlmöglichkeiten bestehen. Die weiterführende Nummerierung mit a), b) dient einer späteren Adressierung. D.h. wird hier „außenliegend“ ausgewählt kann später mit „CL Typ 2 b“) darauf verwiesen werden.
- CL Typ 3: Mit diesem Typ können Fragen mit umfangreicheren Antworten abgefragt werden
- CL Typ 4: Hiermit können Zahlenwerte, Ist-Werte, Soll-Werte etc. überprüft werden.
- Hinweis 1: Erläuterungen wie die gemachten Angaben zu interpretieren sind.
- Hinweis 2: Hier werden Hinweise gegeben, die an die Nutzer des Gebäudes weitergegeben werden sollten.
- Hinweis 3: Wird bei der Untersuchung festgestellt, dass die Ausstattung nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, werden an dieser Stelle Empfehlungen gegeben, worauf bei der Ersatzinvestition geachtet werden muss. Diese ergeben sich häufig als Konsequenz aus dem technischen Fortschritt.
- Hinweis 4: Unter organisatorischen Hinweisen sind Maßnahmen erfasst, auf welche die Hausverwaltung und der technische Dienst reagieren können.

In den Hinweisen zu den Fragen wird auf mögliche Energieeinsparpotentiale hingewiesen. Im Anhang befinden sich teilweise weiterführende Informationen zu den Maßnahmen.

1.4 Hinweis zur Informationsbeschaffung

Die benötigten Informationen, Einstellungen, Betriebsparameter können Im Falle von Soll-Werten Revisions- und/oder Auslegungsunterlagen entnommen werden, die Ist-Werte können von Typenschildern, aus Schaltschränken, Anlagensteuerungen oder der GLT entnommen werden. Hierbei ist allerdings jedes Gebäude etwas anders, weshalb keine konkreten Angaben gemacht werden können.

1.5 Hinweise zur Kommunikation mit den Gebäudenutzern

Die Nutzer von Gebäuden reagieren sehr unterschiedlich auf Änderungen in ihrer Arbeitsumgebung, worauf bei Begehungen in den Gebäuden geachtet werden muss. Das Betriebspersonal hat häufig schon Erfahrung mit den Mitarbeitern ihrer Objekte, dennoch soll hier auf ein paar Dinge, die beachtet werden müssen, hingewiesen werden:

- gegenüber den Nutzern bei Begehungen o.ä. nie Hinweise darauf geben, das irgendwelche Temperaturen abgesenkt, Leistungen gedrosselt, Luftvolumenströme reduziert o.ä. werden sollen. Dies könnte dazu führen, dass es zu unbegründeten

Beschwerden kommt. Haben die Änderungen des Anlagebetriebs tatsächlich einen negativen Einfluss auf das Raumklima, melden sich die Nutzer.

- Werden offensichtliche Änderungen an der Anlagentechnik im Aufenthaltsbereich der Nutzer durchgeführt, z.B. wenn neue Bedienelemente eingeführt werden, muss der Nutzer darüber informiert werden. Sowohl über die Bedienung der neuen Anlagentechnik, als auch über den Grund der Änderung. Dies fördert die Akzeptanz.

2. Glossar

Begriff	Beschreibung
3-Banden-Lampe	neuartige Leuchtstofflampe, mit geringerem Durchmesser und hoher Farbwiedergabe
Belegungsichte	Die Belegungsichte gibt an mit wie vielen Personen pro Quadratmeter der Raum belegt ist.
Betriebsparameter	
Betriebszeit	Die Zeit in der eine technische Anlage in Betrieb ist bzw. eine Betriebsfreigabe hat.
Glykole	siehe "Sole"
Feuchtepunkttemperatur	Maximale Temperatur mit der Wasser durch nicht gesättigte Luft abgekühlt werden kann.
Fernwärme, Anschlussleistung	Die Leistung welche mit dem EVU vertraglich vereinbart ist und vom EVU zur Verfügung gestellt werden muss.
Fernwärme, Primärseite	Als Primär wird bei der Fernwärme der Versorgungskreis des EVU bezeichnet, also der Bereich außerhalb des Gebäudes.
Fernwärme, Sekundärseite	Der Teil der Fernwärmeübergabestation für die Wärmeversorgung im Gebäude.
Heizgrenztemperatur	Der Tagesmittelwert der Außentemperatur bei deren Unterschreitung die Heizanlage in Betrieb geht. Diese kann je nach verwendeter GLT o.ä. unterschiedlich benannt sein.
Heizkreis	Heizwasserkreislauf, der meist mit einer eigenen Umwälzpumpe versehen ist und einen bestimmten Gebäudebereich versorgt.
Hydraulischer Kurzschluss	Ein hydraulischer Kurzschluss entsteht, wenn die Zuluft sofort wieder abgesaugt wird, meistens verursacht durch zu nah beieinander liegende Zu –und Abluftdurchlässe
Inbetriebnahmetemperatur / RLT	Dies ist die Außentemperatur, ab welcher der Lufterwärmer oder -kühler eingeschaltet wird
Kältekreis	Kaltwasserkreislauf, der meist mit einer eigenen Umwälzpumpe versehen ist und einen bestimmten Gebäudebereich versorgt.
Kaltwasserkreislauf	Kreislauf zwischen dem Verdampfer und dem Luftkühler
Kühlwasserkreislauf	Kreislauf zwischen dem Verflüssiger und der Rückkühlung
Leckage	Undichtigkeit
Lüftungszone	Zone im Gebäude, für die seitens der RLT-Anlage ein eigener VSR, LE und/oder LK vorgesehen ist.
Nutzungszeit	Die Zeit in der ein Gebäude bzw. ein Gebäudebereich genutzt wird, also mit Personen belegt ist.
Nutzungszone	
Regelzone einer RLT - Anlage	Der Bereich eines Gebäudes, für welchen ein eigener Regelkreis existiert
Sole	Mischung aus Wasser und Forstschutzmitteln oder aus Wasser und höher siedenden Alkoholen
Spreizung	Differenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur eines Verbrauchers
Temperaturspreizung	siehe "Spreizung"
Überhitzung	Sicherung, dass das Kältemittel vollkommen verdampft, damit in den Verdichter keine Flüssigkeiten laufen
Unterkühlung	Sicherung, dass das Kältemittel sich vollkommen verflüssigt
Versorgungsanlagen	Alle Anlagen die eine Nutzungszone mit Wärme, Kälte oder Außenluft versorgen.
Zeitrelais	Eine Schaltungsart, bei der das Licht von Hand eingeschaltet wird und sich automatisch abschaltet. (z.B. Treppenhaus)

Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes

Begriff	Beschreibung
AU	Außenluft
1. BImSchV	1. Bundesimmissionsschutzverordnung
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive, europäische Gebäuderichtlinie
EnEV	Energieeinsparverordnung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
HEPA (Filter)	High Efficiency Particulate Air-Filter= hochwirksamer Luftfilter
KÜO	Kehr- und Überprüfungsordnung
LE	Lufterwärmer einer RLT-Anlage
LK	Luftkühler einer RLT-Anlage
LU	Luft
RA	Raumluft
RL	Rücklauf
THV	Thermostatventil
TWW	Trinkwarmwasserbereiter
UP	Umwälzpumpe
VSR	Volumenstromregler einer RLT-Anlage
VL	Vorlauf
WA	Wasser
WRG	Wärmerückgewinnung
ZU	Zuluft

Gebäude:	_____
Inspekteur:	_____
Datum:	_____

Adresse des untersuchten Objekts:**Ansprechpartner im Objekt:**

Für Rückfragen zu den einzelnen Themengebieten sollten die entsprechenden Ansprechpartner bekannt sein.

Technik:	Personal:	Organisation/ Infrastruktur
Name: _____	Name: _____	Name: _____
Telefon: _____	Telefon: _____	Telefon: _____
E-Mail: _____	E-Mail: _____	E-Mail: _____

G_1 Erfassen des Gebäudes:

Im folgenden Abschnitt werden die Daten des Gebäudes wie Größe, Dämmstandard, Fenster etc. erfasst um einen Überblick über das Gebäude zu erhalten. Dies hat unter Umständen Einfluss auf die Wahl der richtigen Betriebsparameter.

G_1 1 Angaben zum Gebäude

G_1 1.1	Nutzung des Gebäudes als (z.B. Verwaltungsgebäude):		
G_1 1.2	Baujahr	-	
G_1 1.3		Ja	Nein
G_1 1.4	Sind Grundriss Pläne des Gebäudes vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_1 1.5	Sind Schnitte des Gebäudes vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_1 1.6	Fläche (BGF):	m ²	
G_1 1.7	Wie viele Personen arbeiten in dem Gebäude:	-	
G_1 1.8	Wie viele Geschosse hat das Gebäude?	-	
G_1 1.9	Gibt es Treppenhäuser die a) <input type="checkbox"/> innenliegend und/oder b) <input type="checkbox"/> außenliegend sind.		
G_1 1.10	Gibt es Flure die a) <input type="checkbox"/> innenliegend und/oder b) <input type="checkbox"/> außenliegend sind?		

	Hinweis zu G_1 1.9 und G_1 1.10: Diese Angaben sind für die Bewertung der Beleuchtungssteuerung relevant.		
		Ja	Nein
G_1 1.11	Gibt es eine Dokumentation über die vorhandene Messwerterfassung? Welche Verbräuche werden erfasst, Zielwerte für den Verbrauch, Aufzeichnungen zum Verbrauch, Vergleich gemessener Verbrauch/Zielverbrauch. Wenn nicht vorhanden bitte ein Messprotokoll anlegen (siehe Checkliste)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_1 1.12	Energiekennwert Wärme:	kWh/m ² a	
G_1 1.13	Energiekennwert Strom:	kWh/m ² a	
G_1 1.14	Wird der Energiekennwert für die Wärme gemäß VDI 3807 witterungsbereinigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_1 1.15	Gibt es auffällige Änderungen in den jährlichen Energiekennwerten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu G_1 1.15: Weiterführende Informationen zum Thema Verbrauchskontrolle können sie dem Kapitel A_MSR 1 im Anhang entnehmen.		
G_1 1.16	Gibt es Protokolle zu Problemen oder Nutzerbeschwerden hinsichtlich Raumtemperaturen, Luftfeuchte oder Zugerscheinungen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G_1 2 Dämmstandard

In folgender Liste sind Angaben zum Dämmstandard und zur Bauschwere zu machen. Der Dämmstandard kann durch Angabe des Baujahrs abgeschätzt werden. Es ist besonders darauf zu achten, **ob an der Gebäudehülle Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden**, die z.B. Einfluss auf die Heizlast (bessere Dämmung oder Fenster), die Kühllast (bessere Dämmung, größere Fensterflächen oder anderer Sonnenschutz) oder die thermische Speicherfähigkeit (neue abgehängte Decken oder neu verkleidete Massivholzwände) des Gebäudes haben.

	Abschätzung des Dämmstandards des Gebäudes	
G_1 2.1	a) <input type="checkbox"/> vor der ersten Wärmeschutzverordnung WSVO 77 b) <input type="checkbox"/> WSVO 77 (Baujahr 1977 bis 1983) c) <input type="checkbox"/> WSVO 84 (Baujahr 1984 bis 1994) d) <input type="checkbox"/> WSVO 95 (Baujahr 1995 bis 2001) e) <input type="checkbox"/> EnEV 2002 (Baujahr 02-2002 bis 07-2007) f) <input type="checkbox"/> EnEV 2007 (Baujahr 08-2007 bis 09-2009) g) <input type="checkbox"/> EnEV 2009 (Baujahr 10-2009)	
G_1 2.2	Bauschwere bzw. wirksame Gebäudemasse a) <input type="checkbox"/> leicht: abgehängte Decken und aufgeständerte Böden, Innenwände in Leichtbauweise b) <input type="checkbox"/> mittelschwer: Betondecken und -böden mit Wänden in Leichtbauweise c) <input type="checkbox"/> schwer: Betondecken und -böden in Verbindung mit Mauerwerks- oder Betonwänden	

		Ja	Nein
G_1 2.3	Wurden die Dämmung, bzw. die thermischen Eigenschaften der Gebäudehülle im Rahmen einer Sanierung geändert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_1 2.4	Wann wurde die Sanierung durchgeführt?	-	
G_1 2.5	Beschreibung: (Welche Bauteile wurden geändert, welche Sanierungsmaßnahmen wurden durchgeführt)		
G_1 2.6	Hinweis wenn G_1 2.3 „Ja“: Ist dokumentiert ob nach möglichen Änderungen der Dämmung Anpassungen an den Betriebsparametern wie z.B. Vorlauftemperaturen, Aufheizzeiten, Luftvolumenströme etc. gemacht wurden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_1 2.7	Wurde bzw. wird die Dämmung des Daches bzw. der obersten Geschoßdecke gemäß § 10 der EnEV 2009 nachgerüstet? Der U-Wert des Bauteils sollte 0,24 W/m²K nicht überschreiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G_1 3 Fenster

Die Fenster und der Sonnenschutz haben einen großen Einfluss auf die Tageslichtnutzung und die Kühllast des Gebäudes.

G_1 3.1	Welche Fenster sind jetzt im Gebäude verbaut? a) <input type="checkbox"/> Isolierglas b) <input type="checkbox"/> 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung c) <input type="checkbox"/> 2-Scheiben Sonnenschutzverglasung d) <input type="checkbox"/> 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung e) <input type="checkbox"/> 3-Scheiben Sonnenschutzverglasung		
G_1 3.2	Wenn bekannt, U-Wert der Fenster angeben: U-Wert:	W/m²K	
		Ja	Nein
G_1 3.3	Wurden die Fenster bereits ausgetauscht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_1 3.4	Wann wurden die Fenster ausgetauscht, welche Fenster waren vorher installiert (bitte Buchstabe aus Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.):		
G_1 3.5	Fensterflächenanteil a) <input type="checkbox"/> 30 % und weniger b) <input type="checkbox"/> 30–50 % c) <input type="checkbox"/> 50 % und mehr		
G_1 3.6	Verschattung a) <input type="checkbox"/> Lamellenjalousie <input type="checkbox"/> außenliegend <input type="checkbox"/> innenliegend b) <input type="checkbox"/> Rollläden <input type="checkbox"/> außenliegend <input type="checkbox"/> innenliegend c) <input type="checkbox"/> Stoffrollo als Blendschutz <input type="checkbox"/> außenliegend <input type="checkbox"/> innenliegend		

G_1 4 Abweichungen in einzelnen Gebäudebereiche

Gibt es Nutzungszonen die von den Angaben in G_1 1 bis G_1 3 deutlich abweichen bitte in folgender Tabelle eintragen. Relevante Abweichungen wären z. B. eine Änderung der Gebäudehülle und/oder eine andere technische Ausstattung die Einfluss auf den Energieverbrauch hat.

	Gebäudebereich	Kommentar zur Abweichung von den Angaben aus G_1 1 bis G_1 3
G_1 4.1		
G_1 4.2		
G_1 4.3		
G_1 4.4		
G_1 4.5		
G_1 4.6		
G_1 4.7		
G_1 4.8		

G_2 Übersicht der technischen Ausstattung des Gebäudes

Die folgende Übersicht dient der Zusammenfassung der Checklisten für die jeweiligen Gewerke. Mit der Übersicht können die Checklisten so zusammengestellt werden, dass sie für die Ausstattung des Gebäudes passen. Wenn sie z.B. drei Wärmeerzeuger haben, benötigen sie drei Checklisten H_E. Als Nutzungszone kann z.B. ein von einem Verteilkreis versorgter Gebäudebereich betrachtet werden, oder ein Gebäudebereich mit Konferenzräumen o.ä.

G_2 Technische Ausstattung des Gebäudes

		Anzahl	Benötigte Checkliste
G_2 1	Wie viele Wärmeerzeuger gibt es im Gebäude?		H_E
G_2 2	Wie viele Heizkreise gibt es im Gebäude?		H_V, H_N
G_2 3	Wie viele RLT-Anlagen gibt es im Gebäude?		RLT
G_2 4	Wie viele Lüftungszonen gibt es im Gebäude?		RLT
G_2 5	Wie viele Kälteerzeuger gibt es im Gebäude?		K_E
G_2 6	Wie viele Kältekreise gibt es im Gebäude?		K_V, K_N
G_2 7	Wie viele Nutzungszonen gibt es im Gebäude?		G 3
G_2 8	Wie viele Bereiche mit unterschiedlicher Beleuchtungssteuerung gibt es?		L

G_3 Beschreibung der Nutzungszone:**Datum:****Bearbeiter:**

Die Einteilung der Nutzungszonen kann durch die Aufteilung der Verteilkreise der Anlagentechnik und nach größeren Bereichen mit einheitlicher Nutzung erfolgen. Z.B. kann der Bürobereich welcher von einem Heizkreis oder einer RLT-Anlage versorgt wird als eine Nutzungszone betrachtet werden. Die Form dieser Checkliste eignet sich nur für die Bearbeitung größerer Nutzungsbereiche und um einen Überblick über das Gesamtgebäude zu erhalten. Für die Raumweise Betrachtung, z.B. zur Überprüfung der Nutzenübergabe, nehmen sie bitte die beiliegende Liste „H_N_Ü“.

G_3 1 Grunddaten der Nutzungszone

G_3 1.1	Name der Nutzungszone:		
G_3 1.2	Lage der Nutzungszone im Gebäude (z.B. 1. OG, Südflügel o.ä.):		
G_3 1.3	Fläche der Nutzungszone:	m ²	
G_3 1.4	Volumen der Nutzungszone:	m ³	
	Hinweis zu G_3 1.4: Das Volumen der Nutzungszone ist für eine spätere Berechnung des Außenluftvolumenstroms nötig (wenn eine RLT-Anlage in Betrieb ist).	-	
G_3 1.5	Wie viele Personen arbeiten in der Nutzungszone?	-	
G_3 1.6	Mittlere Größe eines Büroraums	m ²	
G_3 1.7	Mittlere Personenanzahl pro Büroraum:	-	
G_3 1.8	Mittlere Belegungsdichte pro Büroraum:	m ² /Person	
	Hinweis zu G_3 1.8: Die Berechnung kann überschlägig erfolgen, z.B. anhand der Anzahl der Büros bzw. Fläche der Büroräume und Personenbelegung.		
G_3 1.9	aus Personenbelegung resultierende Wärmefreisetzung	W/m ²	
	Hinweis zu G_3 1.9: Kehrwert aus G_3 1.8 multipliziert mit der mittleren Wärmeleistung von 100 W/Person.		
	Für die Berechnung des Außenluftvolumenstroms nach ASR sind folgende Angaben notwendig:	Ja	Nein
G_3 1.10	überwiegend sitzende Tätigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_3 1.11	überwiegend nicht sitzende Tätigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_3 1.12	schwere körperliche Arbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G_3 1.13	technische Ausstattung eines typischen Büros oder Konferenzraums(z.B.: PC, Flachbildschirme, Drucker, Projektor o.ä.):	a) <input type="checkbox"/> PC, Anzahl____ b) <input type="checkbox"/> Flachbildschirm, Anzahl____ c) <input type="checkbox"/> Röhren-Monitor, Anzahl____ d) <input type="checkbox"/> Ladegeräte, Anzahl____ e) <input type="checkbox"/> Notebook, Anzahl____ f) <input type="checkbox"/> Drucker, Anzahl____ g) Sonstiges_____	
G_3 1.14	Aus den elektrischen Geräten resultierende installierte Leistung:	W/m ²	
G_3 1.15	Installierte elektrische Leistung Beleuchtung (kann aus dem Kapitel Beleuchtung L 2.4 entnommen werden).	W/m ²	
G_3 1.16	Standard-Sollwert der Raumtemperatur ϑ_{Raum} :	°C	
G_3 1.17	Sollwert der Raumluftfeuchte ϕ_{Raum} (nur wenn RLT-Anlagen mit Be- und/oder Entfeuchtung in Betrieb sind):	%	
		Ja	Nein
G_3 1.18	Sind für diese Zone Nutzerbeschwerden dokumentiert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G_3 1.19	Beschreibung der Nutzerbeschwerden:		

G_3 2 Nutzungsart und -änderungen:

Im Folgenden wird die Nutzung der Zone näher beschrieben. Besonders wichtig sind hierbei die ersten drei Punkte. Wird einer dieser drei Punkte mit „Ja“ beantwortet muss die Dimensionierung der Heizung, der Kühlung und der Lüftungsanlagen überprüft werden.

		Ja	Nein
G_3 2.1	Hat sich die Nutzung im Vergleich zur Planung bzw. letzten Begehung verändert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu G_3 2.1: Relevante Änderungen sind hierbei anderen Nutzungszeiten, eine Änderung der Belegungsdichte (mehr oder weniger Mitarbeiter) oder der technischen Ausstattung (z.B. mehrere PCs oder Displays pro Person). Es ist zu prüfen ob eine Anpassung der Betriebsparameter nötig/möglich ist. Hinweise hierzu finden sich bei den Checklisten für die Anlagentechnik (Heizung, RLT-Anlagen, Kälte).		
G_3 2.2	Wird der Raum nicht mehr genutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: (Siehe Hinweis H_N 2.3.8 bei einzelnen Räumen) (Heizung, RLT-Anlagen, Kälte)		
G_3 2.3	Wird der Raum nur noch zeitlich begrenzt genutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweise: Für die Heizung siehe Hinweis H_N 2.3.9 wenn einzelne Räume nur noch zeitlich begrenzt genutzt werden. Ist für den Raum eine separate RLT-Anlage oder eine Zonenregelung vorhanden, muss eine geeignete Steuerung möglich sein. Ansonsten muss geprüft werden, ob der Raum z.B. durch schließen des Luftdurchlasses „vom Netz“ genommen werden kann.		

G_3 2.4	Ist-Nutzung	geplante bzw. frühere Nutzung. (Nur einzutragen wenn es Änderungen gab)
	a) <input type="checkbox"/> Einzelbüro b) <input type="checkbox"/> Gruppenbüro (2-3 Personen) c) <input type="checkbox"/> Großraumbüro d) <input type="checkbox"/> Besprechung, Sitzung, Seminar e) <input type="checkbox"/> Kantine f) <input type="checkbox"/> WC und Sanitärräume g) <input type="checkbox"/> Verkehrsflächen, Treppenhaus h) <input type="checkbox"/> Lager, Technik, Archiv i) <input type="checkbox"/> Lager mit gefährlichen Stoffen j) <input type="checkbox"/> Serverraum, Rechenzentrum k) <input type="checkbox"/> Werkstatt, Druckerei l) <input type="checkbox"/> Labor m) <input type="checkbox"/> Bibliothek	a) <input type="checkbox"/> Einzelbüro b) <input type="checkbox"/> Gruppenbüro (2-3 Personen) c) <input type="checkbox"/> Großraumbüro d) <input type="checkbox"/> Besprechung, Sitzung, Seminar e) <input type="checkbox"/> Kantine f) <input type="checkbox"/> WC und Sanitärräume g) <input type="checkbox"/> Verkehrsflächen, Treppenhaus h) <input type="checkbox"/> Lager, Technik, Archiv i) <input type="checkbox"/> Lager mit gefährlichen Stoffen j) <input type="checkbox"/> Serverraum, Rechenzentrum k) <input type="checkbox"/> Werkstatt, Druckerei l) <input type="checkbox"/> Labor m) <input type="checkbox"/> Bibliothek

G_3 3 Nutzungszeit der Nutzungszone

		von	bis	Dauer (h)
G_3 3.1	Montag			
G_3 3.2	Dienstag			
G_3 3.3	Mittwoch			
G_3 3.4	Donnerstag			
G_3 3.5	Freitag			
G_3 3.6	Samstag			
G_3 3.7	Sonntag			
	Hinweis: Die Nutzungszeit wird als Vergleichswert für die Anlagenbetriebszeit der Versorgungsanlagen benötigt (siehe folgenden Abschnitt G_3 4).			

G_3 4 Anlagentechnik

Um die verschiedenen Erzeuger und Verteilkreise später den Nutzungszonen zuordnen zu können, bitte in das Übersichtsblatt G_Ü 1 eintragen, von welchen technischen Anlagen die jeweilige Nutzungszone versorgt wird.

G_Ü 1 Zuordnung der Nutzungszonen zu den Versorgungsanlagen

Gebäude: _____

Datum: _____

Bearbeiter: _____

Pos.	Nutzungszone	Wärmeerzeuger	Heizkreis	RLT- Anlage	Regelzone der RLT - Anlage	Kälteerzeuger	Kühlkreis
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Hinweis: Die Bezeichnung der **Nutzungszone** muss in die Blätter der versorgenden Systeme übertragen werden. Also wenn die **Nutzungszone** „Büro_EG“ vom Heizkreis „Heizung_West“ versorgt wird, muss dies im Blatt zu „Heizung_West“ eingetragen werden.

G_Ü 2 Übersicht über die Nutzung der einzelnen Nutzungszonen

Gebäude: _____

Datum: _____

Bearbeiter: _____

Pos.	Nutzungszone	Nutzungsart	Änderung der Nutzung?	Änderung der Gebäudehülle?	Soll / Ist $\vartheta_{Ra,Heiz}$	Soll / Ist $\vartheta_{Ra,Kühl}$	Soll / Ist $\phi_{Ra, oben}$	Soll / Ist $\phi_{Ra, unten}$
1					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
2					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
3					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
4					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
5					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
6					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
7					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
8					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
9					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
10					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
11					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
12					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
13					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
14					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %
15					°C/ °C	°C/ °C	%/ %	%/ %

**G_Ü 3 Übersicht über die Nutzungszeit
der einzelnen Nutzungszonen**

Gebäude: _____

Datum: _____

Bearbeiter: _____

Pos.	Nutzungszone	Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Samstag		Sonntag	
		Von	Bis	Von	Bis	Von	Bis	Von	Bis	Von	Bis	Von	Bis	Von	Bis
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

H_N Heizung_Nutzenübergabe

Datum: _____

Bearbeiter: _____

In diesem Kapitel wird die Nutzenübergabe der Heizung untersucht. Als Systeme der Nutzenübergabe werden die Komponenten betrachtet, welche die Wärme an den Raum oder andere Verbraucher übergeben und für die Regelung dieser Systeme zuständig sind, z.B. Heizkörper mit Thermostatventilen. Im ersten Schritt muss die vorhandene Anlagentechnik ermittelt werden.

H_N 1 Erfassen des Nutzenübergabesystems

Name der Nutzungszone: _____

Lage der Nutzungszone im Gebäude (z.B.1.OG, Süd): _____

In der Liste H_N 1.1 und H_N 1.2 können je nach Gebäudeausstattung mehrere Angaben richtig sein. Die Liste dient dazu sich einen Überblick über die technische Ausstattung des Gebäudes zu machen. Mit der beigefügten Liste „H_N_Ü“ ist eine übersichtliche, raumweise Betrachtung möglich. Diese dient dazu Mängel und andere Auffälligkeiten bei der Begehung einzelner Räume zu erfassen.

H_N 1.1 Nutzenübergabesystem

H_N 1.1	
H_N 1.1.1	<input type="checkbox"/> Heizkörper
H_N 1.1.2	<input type="checkbox"/> Unterflurkonvektoren
H_N 1.1.3	<input type="checkbox"/> Fußbodenheizung
H_N 1.1.4	<input type="checkbox"/> Induktionsgeräte
H_N 1.1.5	<input type="checkbox"/> Heizdecke
H_N 1.1.6	<input type="checkbox"/> Thermische Bauteilaktivierung
H_N 1.1.7	<input type="checkbox"/> Umluftgerät bzw. Gebläsekonvektor (Fan Coil)
H_N 1.1.8	Sonstiges:

H_N 1.2 Raumtemperaturregelung

H_N 1.2	
H_N 1.2.1	<input type="checkbox"/> THV mit eingebauten Fühler
H_N 1.2.2	<input type="checkbox"/> THV mit externen Fühler
H_N 1.2.3	<input type="checkbox"/> elektronischer Regler
H_N 1.2.4	<input type="checkbox"/> programmierbares THV mit Hilfsenergie
H_N 1.2.5	<input type="checkbox"/> Regelung über Lüftungsanlage
H_N 1.2.6	<input type="checkbox"/> keine Einzelraumregelung vorhanden
H_N 1.2.7	Sonstiges:

		Ja	Nein
H_N 1.3	Werden die Gebäudenutzer über Funktion und Bedienung des Heizsystems und der Raumtemperaturregelung aufgeklärt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_N 1.3: Die Gebäudenutzer sollten darüber informiert werden wie die Regeleinrichtung zu bedienen ist und funktioniert. So kann evtl. vermieden werden, dass die Räume überheizt werden und die Wärme einfach „weggelüftet „ wird.		

Hinweise bei Änderungen der Nutzung oder der Gebäudehülle.

H_N 1.4	Hinweise wenn es in dieser Nutzungszone Nutzerbeschwerden (siehe G_3 1.18) gab oder sich die Nutzung geändert hat (siehe G_3 2): Eine relevante Änderung der Nutzung kann z.B. eine Änderung der zeitlichen Nutzungskategorie G_3 2.1 bis G_3 2.3 sein. Hat sich die Nutzungszeit geändert, ist zu prüfen, ob die Betriebszeit des Raumes angepasst werden kann, also ob es möglich ist, den Raum in der Zeit ohne Nutzung nicht zu heizen. Neben der Nutzungsdauer sind die Belegungsdichte und der Betrieb elektrischer Geräte und die damit verbundene Wärmefreisetzung relevant. Haben sich hierbei wesentliche Änderungen ergeben, muss geprüft werden ob die Heizleistung angepasst werden kann. Hinweise zur Leistungsanpassung sind den Abschnitten Heizung H_E 3 (Heizgrenze), H_E 4 (Heizkurve) und H_V 2 (Umwälzpumpe) zu entnehmen.
H_N 1.5	Hinweis wenn es in der Nutzungszone Änderungen an der Gebäudehülle gab (siehe G_1): Eine energetische Sanierung der Gebäudehülle (neue Fenster, bessere Dämmung) hat meist zur Folge, dass der Heizenergiebedarf sinkt. Wurde eine solche Sanierung durchgeführt, muss geprüft werden, ob die Betriebsparameter der Heizung bereits angepasst wurden bzw. ob es möglich ist diese Parameter anzupassen. Eine Anpassung kann durch die Absenkung der Heizkurve oder der Reduzierung des Heizmittelstromes erreicht werden. Hinweise hierzu sind den Abschnitten Heizung H_E 2, H_E 3 und H_V 2 zu entnehmen. Hinweise zur Auslegung von Heizkörpern finden sie in der Richtlinie „VDI 6030“.

H_N 2 Bewerten der Nutzenübergabe der Nutzungszone:

In diesem Kapitel wird nach Unregelmäßigkeiten, bzw. Fehlern bei der Nutzenübergabe, gesucht. Hierzu ist eine Begehung möglichst aller Räume des Gebäudes durchzuführen. Im folgendem werden Hinweise darauf gegeben worauf bei den Begehungen zu achten ist. Da diese Betrachtungen raumweise gemacht werden müssen, sollte die Liste „H_N_Ü“ verwendet werden. In dieser Liste sollte für jeden Raum in dem Auffälligkeiten beobachtet werden notiert werden, welcher Fehler, Abweichung o.ä. aufgetreten ist.

H_N 2.1 Nutzenübergabe

		Ja	Nein
H_N 2.1.1	Ist die Heizfläche durch Mobiliar so verstellt, dass die Wärmeausbreitung behindert wird?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.1.2	Werden die Heizflächen regelmäßig gereinigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.1.3	Ist Heizfläche stark verschmutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Insbesondere bei Heizflächen mit einem hohen konvektiven Anteil, wie z.B. Konvektoren, Induktionsgeräte und Gebläse-Konvektoren ist darauf zu achten das die Luft ungehindert hindurch strömen kann. Verschmutzte Wärmetauscher haben einen schlechten Wärmeübergang. Außerdem wird der Staub etc. in die Raumluft transportiert.		

H_N 2.2 Indikatoren für einen mangelhaften hydraulischen Abgleich

		Ja	Nein
H_N 2.2.1	Ist die Raumtemperatur zu hoch? (Nachweis z.B. durch Handmessung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.2	Treten an Heizflächen o.ä. auffällige Strömungsgeräusche auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.3	Werden Thermostatventile „aufgedrückt“? Also werden Heizkörper warm obwohl das Thermostatventil auf Frostschutz steht und/oder der Raum bereits warm ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn bei H_N 2.2.1–H_N 2.2.3 eine Frage mit „Ja“ beantwortet wurde: Dies sind Hinweise darauf, das in diesem Teil des Rohrnetzes ein zu hoher Massenstrom vorliegt.		
H_N 2.2.4	Ist die Raumtemperatur zu niedrig (Nachweis z.B. durch Handmessung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.5	Ist die Wärmeverteilung des Heizkörpers bei voll geöffneten THV ungleichmäßig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.6	Ist die Spreizung an der Heizfläche sehr gering (z.B. <5K)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_N 2.2.6: Die Spreizung kann vereinfacht z.B. durch Messung der Oberflächentemperatur am Rohr des Vor- und Rücklaufs gemessen werden.		
	Hinweis wenn bei H_N 2.2.4–H_N 2.2.6 eine Frage mit „Ja“ beantwortet wurde: Dies sind Hinweise darauf, das in diesem Teil des Rohrnetzes ein zu kleiner Massenstrom vorliegt.		
H_N 2.2.7	Sind die Rücklaufverschraubungen an den meisten Heizkörpern nicht gedrosselt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.2.8	Sind alle Ventile auf eine einheitliche Stufe, z.B. auf Stufe N oder 8 voreingestellt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Hinweis zu H_N 2.2.1–H_N 2.2.8: Wurde eine dieser Fragen mit „Ja“ beantwortet, ist dies entweder ein Zeichen für Luft im Rohrnetz oder für einen mangelhaften hydraulischen Abgleich. Weitere Hinweise zu diesem Problem, finden sie im Kapitel H_V 2.
--	---

H_N 2.3 Einzelraumregelung

		Ja	Nein
H_N 2.3.1	Ist der Temperaturfühler gut zugänglich bzw. sinnvoll platziert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_N 2.3.1: Der Temperaturfühler muss so platziert sein, dass er möglichst wenigen Fremdeinflüssen ausgesetzt ist und nicht durch Vorhänge o.ä. verdeckt ist. Der Temperaturfühler sollte also nicht in der Nähe einer Wärmequelle, oder z.B. in der Nähe von kalten Fensterflächen angebracht sein. Bei elektronischen Temperaturfühlern die an der Wand montiert sind, ist zu prüfen ob ein großer Temperatureinfluss durch den dahinterliegenden Montage- bzw. Kabelkanal besteht. Ggf. ist der Fühler umzusetzen, bzw. gegen den Kabelkanal zu dämmen.		
H_N 2.3.2	Ist der Sollwertversteller gut zugänglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.3.3	Ist der eingestellte Sollwert gut ablesbar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_N 2.3.4	Sollwert	-°C	
H_N 2.3.5	Passt der Sollwert zur Nutzung? (Nutzung siehe G_CL_3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweise: Bei Lagern, Treppenhäusern o.ä. muss der Raumtemperatursollwert reduziert und wenn möglich auf diesen Wert fixiert werden. THV sollten in Lagern o.ä. auf Frostschutz gestellt werden. Dabei muss geklärt werden, ob die gelagerten Waren besondere Anforderungen an das Raumklima haben. In Treppenhäusern kann die Temperatur auf 15–16 °C reduziert werden (THV–Einstellung 1-2).		
	Hinweise wenn der Raum nicht mehr genutzt wird: In diesem Fall sollte das Thermostatventil oder der Einzelraumregler auf Frostschutz gestellt werden. Werden in dem Raum Gegenstände gelagert, welche Empfindlich auf Kälte und Feuchte reagieren, muss dies berücksichtigt werden. Wenn möglich sollte der Sollwert auf diesen Wert fixiert werden.		
	Hinweise wenn der Raum nur gelegentlich genutzt wird: In diesem Fall sollte versucht werden, eine zeitlich steuerbare Einzelraumregelung zu installieren. Dies kann z.B. mit programmierbaren Thermostatventilen erfolgen.		
H_N 2.3.6	Ist das THV bzw. der defekt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweise zu H_N 2.3.6: Die Funktionsfähigkeit des THV kann z.B. überprüft werden, indem es aus dem normalen Betrieb heraus auf 5 bzw. die höchste Stufe gestellt wird. Nun müsste hörbar (durch lautere Strömungsgeräusche) oder fühlbar (durch einen deutlichen Temperaturanstieg unmittelbar nach dem THV) ein erhöhter Heizmittelmassenstrom ermittelt werden können. Ist dies nicht der Fall ist anzunehmen, dass der Stift des Ventils klemmt. Dieser muss wieder gangbar gemacht werden. Ist dies nicht möglich, muss das Ventil ausgetauscht werden. Nun wird das THV aus ganz offener Ventilstellung geschlossen. Die Strömungsgeräusche und die Temperatur müssten jetzt schnell abnehmen, dass kein Heizmittel mehr durch das Ventil strömen dürfte. Strömt dennoch Heizmittel ist dies ein Indiz dafür, dass der Thermostatkopf zu locker sitzt. Dieser muss befestigt werden.		

H_N 2.3.7	Zeigt der Temperaturfühler eine falsche Temperatur an? (Bei Temperaturregler mit Temperaturanzeige) (Bei Auffälligkeiten Vergleich mit Handmessung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweise zu H_N 2.3.7: Misst ein Temperaturfühler eine falsche Temperatur, wird auch die Raumtemperatur falsch geregelt. Ist die vom Fühler gemessene Temperatur z.B. zu niedrig, wird der Raum überheizt, da der Regler erst schließt, wenn der Sollwert erreicht wird. Ist die vom Fühler erfasste Temperatur zu hoch, wird der Raum nicht warm und der Nutzer erhöht den Sollwert.		

H_V Heizung_Verteilung des Heizkreises:**Datum:** _____**Bearbeiter:** _____

In diesem Kapitel wird das Subsystem Verteilung des Gewerks Heizung behandelt. Die Verteilung stellt die Verbindung zwischen der Wärmeerzeugung auf der einen Seite, und den Systemen der Nutzenübergabe auf der anderen Seite dar. Die Verteilung des Heizkreises besteht aus seiner Umwälzpumpe mit MSR-Technik und dem Rohrnetz.

H_V 1 Umwälzpumpe – Beschreibung und Einstellungen:

Handelt es sich bei der Heizung um eine Pumpenwarmwasserheizung (PWW) muss die Umwälzpumpe (UP) erfasst werden.

H_V 1.1	Bezeichnung des Heizkreises:		
H_V 1.2	Von welchem Wärmeerzeuger wird der Heizkreis versorgt?		
H_V 1.3	Welche Nutzungszone nach G_3 versorgt dieser Heizkreis?		
H_V 1.4	Welchen Typ Verbraucher versorgt der Heizkreis?		
	Typ	Bezeichnung	
	a) <input type="checkbox"/> Heizfläche:		
	b) <input type="checkbox"/> RLT-Anlage:		
	c) <input type="checkbox"/> TWW:		
H_V 1.5	Fabrikat / Modell:		
H_V 1.6	Baujahr:	-	
H_V 1.7	Leistung:	W	
H_V 1.8	Förderhöhe:	m	
H_V 1.9	Volumenstrom:	m³/h	
H_V 1.10	Ist die Umwälzpumpe a) <input type="checkbox"/> geregelt b) <input type="checkbox"/> ungeregelt		
		Ja	Nein
H_V 1.11	Sind bei der UP mehrere Leistungsstufen einstellbar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Soll	Ist
H_V 1.12	eingestellte Stufe	-	-
H_V 1.13	UP mit Konstant-Druck-Regelung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 1.14	Konstant-Druck-Regelung aktiviert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Soll	Ist
H_V 1.15	eingestellte Förderhöhe oder anderer Parameter	m/-	m/-

	<p>Hinweis zu H_V 1.12 und H_V 1.15: Sind Auslegungswerte für diese Einstellungen vorhanden, z.B. aus der Rohrnetzberechnung? Wenn ja, bitte vergleichen.</p> <p>Bei Änderungen der benötigten Heizleistung im Verteilnetz, ist zu prüfen ob die UP auch auf eine niedrigere Betriebsstufe eingestellt werden kann.</p>
	<p>Umrüstempfehlung: Sollten noch unregelte UP im Einsatz sein, sollte beim Austausch darauf geachtet werden, dass v.a. bei Heizkreisen die Heizflächen und Luftherwärmer versorgen, geregelte Hocheffizienz-UP zum Einsatz kommen. Diese Amortisieren sich für gewöhnlich in 3-6 Jahren. Evtl. kann ihnen ihr Anlagenbauer eine Wirtschaftlichkeitsrechnung vorlegen.</p>
	<p>Hinweis: Sind keine genauen Informationen zur Auslegung des Heizkreises vorhanden (Massenströme, Förderhöhen etc.) kann mittels dem in DIN EN 15378: 2008-07 NA 7.2.3.3.1 beschriebenen Verfahren eine Abschätzung vorgenommen werden.</p>

H_V 2 Betrieb der UP des Heizkreises:

Die wesentlichen Angaben zum Betrieb des Heizkreises (Betriebszeiten, Heizgrenztemperaturen etc.) werden im Kapitel „Heizung_Erzeugung“ (H_E) gemacht. In diesem Abschnitt werden lediglich Sonderfälle abgehandelt, welche die UP betreffen.

	Steuerung der UP	Ja	Nein
H_V 2.1	Geht die UP nur in Betrieb wenn der Wärmeerzeuger eingeschaltet wird (Reihenschaltung)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 2.2	Funktioniert die Reihenschaltung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_V 2.2: Um die Funktionalität der Reihenschaltung zu überprüfen, eignen sich mehrere Verfahren. Sind Verbrauchsmessungen des Erzeugers und der Umwälzpumpe vorhanden, können diese auf Gleichzeitigkeit hin überprüft werden. Außerdem können Betriebsstundenzähler überwacht werden. Steigen die Betriebsstunden der UP deutlich schneller an als die des Erzeugers, muss nach möglichen Ursachen gesucht werden.		
H_V 2.3	Gibt es an der UP eine Nachtabsenkfunktion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_V 2.3 „Ja“: Manche Umwälzpumpen haben eine eigene Absenkfunktion, lesen sie bitte im Handbuch der UP nach, ob die Pumpe eine solche Funktion hat und wie man diese einschaltet und ob für die entsprechende Nutzungszone eine Absenkung möglich ist. Ob auch beim Wärmeerzeuger eine Absenkfunktion aktiviert ist und ob diese aufeinander abgestimmt sind.		

H_V 3 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich eines Verteilsystems ist notwendig, damit alle Verbraucher ihren planungsgemäßen Heizmittelstrom erhalten. Ist der hydraulische Abgleich fehlerhaft, führt dies dazu, dass Verbraucher (z.B. Heizkörper) zu wenig oder zu viel Heizwasser, und damit Leistung zur Verfügung haben. Dies führt einerseits zum unnötigen Überhitzen bestimmter Gebäudebereiche und zu einer Unterversorgung in anderen Gebäudebereichen. Diese Unterversorgung wird häufig durch die Änderung anderer Betriebsparameter wie der Betriebsstufe der Umwälzpumpe oder der Vorlauftemperatur kompensiert, was einen Energiemehrverbrauch zur Folge hat. Dem hydraulischen Abgleich wird bei der Bauausführung häufig nur wenig Bedeutung beigemessen, weshalb dies ein oft vorzufindendes Problem ist. Die folgende Checkliste dient dazu, Indikatoren für einen fehlerhaften Abgleich zu finden.

H_V 3.1 Bestandsaufnahme Rohrnetz

		Ja	Nein
H_V 3.1.1	Gibt es eine detaillierte Druckverlustberechnung und/oder eine Dokumentation des hydraulischen Abgleichs des jeweiligen Heizkreises?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_V 3.1.1 mit „Ja“ beantwortet wurde: Prüfen, ob die Einstellorgane und –armaturen gemäß den Berechnungen eingestellt sind. Bitte vergleichen sie die Ergebnisse der Rohrnetzberechnung, speziell den Wert der Förderhöhe oder der Betriebsstufe, mit den Einstellungen an den Umwälzpumpen (Siehe Kapitel H_V 1.15 und 1.18). Weichen die Einstellungen und die Pumpenleistung von den Rohrnetzberechnungen ab, müssen diese, bzw. der hydraulische Abgleich, angepasst werden?		

H_V 3.1.2	Sind seit dieser Berechnung Veränderungen am Verteilsystem vorgenommen worden (z.B. neue Verbraucher angeschlossen, Verteilsystem ausgeweitet, Bereiche außer Betrieb genommen)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_V 3.1.2 mit „Ja“ beantwortet wurde: Wurden Änderungen am Verteilsystem vorgenommen, muss auf jedem Fall nach Indikatoren für einen fehlerhaften hydraulischen Abgleich gesucht werden (H_V 3.2–3.4).		
	Wenn H_V 3.1.2 „Ja“: Beschreibung der Änderungen:		

H_V 3.2 Mögliche Indikatoren für einen fehlerhaften hydraulischen Abgleich

H_V 3.2	Allgemeine Indikatoren	Ja	Nein
H_V 3.2.1	Gibt es Heizkreise oder Heizkörper mit einer sehr geringen Spreizung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Zeigt ein Heizkreis eine zu geringe Spreizung, z.B. 5 K obwohl die Auslegung 20 K ist, sollte versucht werden den Heizmittelmassenstrom zu reduzieren, z.B. durch Reduzieren der Betriebsstufe oder der Förderhöhe der UP. Die Überprüfung der Temperaturspreizung sollte bei kalten Außentemperaturen vorgenommen werden, da in Teillastzuständen die Temperaturspreizung generell niedriger ist.		
H_V 3.2.2	Zeigen die Regelvorgänge von Stellgliedern keine Wirkung? (siehe A_MSR 1.7)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_V 3.2.2: Dies kann nur mit Hilfe von GLT-Aufzeichnungen ermittelt werden. Ändert sich das Stellsignal, aber der Massenstrom bleibt unverändert, ist dies ein Anzeichen dafür, dass ein Ventil o.ä. hängt.		
H_V 3.2.3	Werden manche Gebäudebereiche nicht richtig warm?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn an der Gebäudehülle eine energetische Sanierung durchgeführt wurde oder sich die Nutzung geändert hat: Haben die Änderungen einen geringeren Heizleistungsbedarf zur Folge, muss geprüft werden, ob der hydraulische Abgleich angepasst und evtl. die Betriebsstufe der UP (siehe H_V 1.12 oder H_V 1.15) reduziert werden kann.		

H_V 3.3–4 Zwei- und Einrohrsysteme

H_V 3.3	Zweirohrsystem	Ja	Nein
H_V 3.3.1	Sind an den Heizkörperventilen Einstellorgane vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Um festzustellen, ob ein Thermostatventil eine Voreinstellmöglichkeit besitzt, ist der Thermostatkopf bzw. der Stellantrieb abzunehmen. Sind am Ventilkörper keine Einstellorgane vorhanden oder werden bei der Prüfung an den Ventilen von Heizkörpern unterschiedlicher Größen alle in Vollöffnung (z. B. Stellung „N“ oder „8“) vorgefunden, ist von einem nicht durchgeführten hydraulischen Abgleich auszugehen. [DIN EN 15378 NA]		
H_V 3.3.2	Sind die Rücklaufverschraubungen gedrosselt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Die Einstellungen der Drosseln von Rücklaufverschraubungen sind durch vollständiges Zudrehen der Einstellschraube und Aufzeichnung der Gewindeumdrehungen mit anschließender Rückstellung zu überprüfen. Wenn alle Drosseln gänzlich geöffnet sind, ist von einem nicht durchgeführten hydraulischen Abgleich auszugehen. [DIN EN 15378 NA]		

H_V 3.3.3	Sind die Heizkörper direkt an den Heizkreisverteiler angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Bei Heizkörpern, die direkt an Heizkreisverteiler mit integrierten Regulierventilen oder Reguliereinrichtungen mit Durchflussmengenanzeige angeschlossen sind, ist sinngemäß zu verfahren. [DIN EN 15378 NA].		
H_V 3.3.4	Sind an den Heizkreisverteilern Ventileinstellungen vorgenommen worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 3.3.5	Hinweis: Bei Heizkreisverteilern von Flächenheizungen mit integrierten Regulierventilen oder Reguliereinrichtungen mit Durchflussmengenanzeige, sowie bei Flächenheizungen mit einstellbaren Armaturen in Wandboxen gilt die Vorgehensweise entsprechend der Heizkörperarmaturen [DIN EN 15378 NA].		
H_V 3.4	Einrohrsystem		
H_V 3.4.1	Sind Volumenstromregler vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 3.4.2	Sind alle Volumenstromregler „offen“, also haben keine Drosselfunktion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_V 3.4.3 „Ja“: Dies ist evtl. ein Zeichen dafür, dass die Volumenstromregler nicht in ihrem Auslegungsbereich betrieben werden, und ein Anzeichen für einen fehlenden oder schlechten hydraulischen Abgleich.		
	Hinweis: Wurde bei einer Frage das graue Feld angekreuzt, ist evtl. der hydraulische Abgleich fehlerhaft. Prüfen sie, ob die Möglichkeit besteht einen hydraulischen Abgleich im Bestand durchzuführen. Hinweise hierzu finden sie z.B. in der VDMA 24199 Mai 2005. Für die VDI Richtlinie 2073 ist das Blatt 2 in Vorbereitung, welches ebenfalls den hydraulischen Abgleich behandelt.		

H_V 3.5 Informationen und Hinweise für die Durchführung des hydraulischen Abgleichs

		Ja	Nein
H_V 3.5.1	Einstellungen für den hydraulischen Abgleich möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 3.5.2	Armaturen für einen hydraulischen Abgleich vorhanden? (Strangregulierventile, voreinstellbare Thermostatventile etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 3.5.3	Massenstromberechnung möglich? Z.B. aus Heizlastberechnung und Heizkörperauslegung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 3.5.4	Druckverlustberechnung möglich? Z.B. aus Strangplänen für das Verteilsystem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 3.5.5	Heizlastberechnung mit Heizkörperauslegung vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Wenn die Informationen aus H_V 3.5.3 und 3.5.4 vorhanden sind, können mit diesen evtl. die korrekten Einstellungen für die UP und Armaturen berechnet werden. Hinweise siehe VDMA 24199 Mai 2005.		

H_V 4 Undichtigkeiten und Verschmutzungen

		Ja	Nein
H_V 4.1	Gibt es im Rohrsystem Undichtigkeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 4.2	Treten in der Nähe von Leitungen Wasserflecken oder Schimmelbildung auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 4.3	Gibt es Hinweise auf Luft in der Rohrleitung(z.B. Strömungsgeräusche, Blubbergeräusche etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_V 4.1-4.4: Wurde bei einer Frage das graue Feld angekreuzt, ist die Leitung evtl. undicht und muss an der entsprechenden Stelle abgedichtet werden. Undichtigkeiten haben einen erhöhten stofflichen (Wasser) und energetischen Aufwand zur Folge.		

H_V 5 Dämmung der Rohrleitungen

		Ja	Nein
H_V 5.1	Sind alle Rohrabschnitte mit ausreichender Materialstärke gedämmt (siehe Tabelle im Anhang A_H 1.2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 5.2	Sind Ventile, Pumpen und Armaturen gedämmt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_V 5.3	Ist die Dämmung beschädigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_V 5.1-H_V 5.3: Wurde bei einer Frage das graue Feld angekreuzt, ist die Dämmung zu reparieren oder gemäß Energieeinsparverordnung nachzurüsten.		

H_V_Ü Heizung_Verteilung**Gebäude:** _____**Datum:** _____**Bearbeiter:** _____

Pos.	Heizkreis	Wärmeerzeuger	Typenbezeichnung Umwälzpumpe	Eingestellte Stufe bzw. Förderhöhe		Mangelhafter hydraulischer Abgleich?	Mangelhafte Dämmung
				Ist	Soll		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

H_E Heizung_Erzeugung:

Datum: _____

Bearbeiter: _____

In diesem Kapitel wird das Subsystem Erzeugung des Gewerks Heizung behandelt. Die Wärmeerzeugung stelle die benötigte Wärme bereit, welche über die Verteilung den entsprechenden Verbrauchern zugeführt wird.

H_E 1 Wärmeerzeuger

H_E 1.1	Bezeichnung des Wärmeerzeugers (z.B. Name in der GLT):	
H_E 1.2	Standort im Gebäude (z.B. Raumnummer):	
H_E 1.3	Welche Nutzungszone(n) nach G_3 versorgt dieser Erzeuger?	
H_E 1.4	<p>Hinweise wenn es in dieser Nutzungszone Nutzerbeschwerden (siehe G_3 1.18) gab oder sich die Nutzung geändert hat (siehe G_3 2): Eine relevante Änderung der Nutzung kann z.B. eine Änderung der zeitlichen Nutzungskategorie G_3 2.1 bis G_3 2.3 sein. Hat sich die Nutzungszeit geändert, ist zu prüfen, ob die Betriebszeit des Raumes angepasst werden kann, also ob es möglich ist, den Raum in der Zeit ohne Nutzung nicht zu heizen. Neben der Nutzungsdauer sind die Belegungsdichte und der Betrieb elektrischer Geräte und die damit verbundene Wärmefreisetzung relevant. Haben sich hierbei wesentliche Änderungen ergeben, muss geprüft werden ob die Heizleistung angepasst werden kann. Hinweise zur Leistungsanpassung sind den Abschnitten Heizung H_E 3 (Heizgrenze), H_E 4 (Heizkurve) und H_V 2 (Umwälzpumpe) zu entnehmen.</p>	
H_E 1.5	<p>Hinweis wenn es in der Nutzungszone Änderungen an der Gebäudehülle gab (siehe G_1): Eine energetische Sanierung der Gebäudehülle (neue Fenster, bessere Dämmung) hat meist zur Folge, dass der Heizenergiebedarf sinkt. Wurde eine solche Sanierung durchgeführt, muss geprüft werden, ob die Betriebsparameter der Heizung bereits angepasst wurden bzw. ob es möglich ist diese Parameter anzupassen. Eine Anpassung kann durch die Absenkung der Heizkurve oder der Reduzierung des Heizmittelstromes erreicht werden. Hinweise hierzu sind den Abschnitten Heizung H_E 2, H_E 3 und H_V 2 zu entnehmen. Hinweise zur Auslegung von Heizkörpern finden sie in der Richtlinie „VDI 6030“.</p>	
H_E 1.6	a) <input type="checkbox"/> Heizkessel b) <input type="checkbox"/> Mit Brennwertnutzung? c) <input type="checkbox"/> Fernwärme d) <input type="checkbox"/> Wärmepumpe	(siehe H_E 6) (siehe H_E 6) (siehe H_E 7) (siehe H_E 8)
H_E 1.7	Hersteller:	
H_E 1.8	Typ:	
H_E 1.9	Baujahr:	-
H_E 1.10	Nennleistung:	kW
H_E 1.11	Brennstoff / Energieträger:	

H_E 2 Betriebszeit des Heizkreises/Nutzungszone :

		Ist		Alt/Soll	
		Von	Bis	Von	Bis
	Montag				
	Dienstag				
	Mittwoch				
	Donnerstag				
	Freitag				
	Samstag				
	Sonntag				
	Hinweis bei Änderungen in der Nutzungszeit (siehe G_3): Es muss überprüft werden, ob eine Anpassung der Betriebszeit möglich ist. Haben sich seit der letzten Inspektion Änderungen in der Betriebszeit ergeben, muss überprüft werden, weshalb diese durchgeführt wurden.				
	Hinweis bei Änderungen in der Gebäudehülle (siehe G_1): Auch eine Änderung der Gebäudehülle kann einen Einfluss auf die optimale Betriebszeit haben. Ein verbesserter Wärmeschutz ermöglicht z.B. ein früheres Abschalten der Heizung nach Betriebsende, da das Gebäude langsamer auskühlt.				
	Hinweis: Sollten sie den Eindruck haben die Betriebszeit der Anlage ist zu lange sollten sie versuchen diese schrittweise zu kürzen (z.B. in 30 min-Schritten) bis es Behaglichkeitsprobleme und Nutzerbeschwerden gibt.				
H_E 2.2	Wochenendabsenkung/ -abschaltung			Ja	Nein
H_E 2.2.1	umgesetzt			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 2.2.2	möglich			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 2.2: Ist noch keine Wochenendabschaltung umgesetzt, muss geprüft werden, ob das Gebäude am Wochenende genutzt wird. Wird eine Wochenendabschaltung eingeführt muss darauf geachtet werden, den Einschaltzeit-punkt am Tag des Nutzungsbeginn früh genug zu wählen, so dass zum Nutzungsbeginn der entsprechende Raumtemperatursollwert erreicht wird. Außerdem muss eine Frostschutzstrategie vorgesehen werden.				
H_E 2.3	Nachtabsenkung/ -abschaltung			Ja	Nein
H_E 2.3.1	umgesetzt			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 2.3.2	möglich			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 2.3: Ist noch keine Nachtabschaltung umgesetzt, muss geprüft werden, ob das Gebäude am Wochenende genutzt wird. Wird eine Wochenend-abschaltung eingeführt muss darauf geachtet werden, den Einschaltzeitpunkt am Tag des Nutzungsbeginn früh genug zu wählen, so dass zum Nutzungsbeginn der Raumtemperatursollwert erreicht wird. Der richtige Einschaltzeitpunkt kann durch schrittweises ausprobieren ermittelt werden. Das gleiche gilt für die Nachtabsenkung. Auch hierbei muss eine Frostschutzstrategie vorgesehen werden.				

H_E 2.4	Ist an den Heizkreis bzw. Wärmeerzeuger eine RLT-Anlage angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_E 2.4 „Ja“: In diesem Fall ist der Betrieb des Lufterwärmers der RLT-Anlage zu berücksichtigen, d.h. die UP muss lange genug in Betrieb sein damit der Lufterwärmer immer wenn Bedarf besteht mit Heizwasser versorgt werden kann.		

Wenn bei H_E 1.13 b) angekreuzt wurde, also RLT-Anlagen versorgt werden, bitte diese Fragen beantworten:

		Ja	Nein
H_E 2.5	Sind an diesen Heizkreis mehrere RLT-Anlagen angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 2.6	Erfolgt die Anforderung der Heizkreispumpe automatisch durch die RLT-Anlagen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 2.7	Hat die Heizkreispumpe eine eigene zeitliche Steuerung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 2.7: Die Heizkreispumpe sollte möglichst nur in Betrieb sein, wenn der Lufterwärmer (LE) in Betrieb ist. Daher sollte die Pumpe auf Anforderung des LE einschalten. Erfolgt keine automatische Anforderung sollte die Betriebszeit des UP an die RLT-Anlage angepasst werden, bei mehreren RLT-Anlagen müssen alle angeschlossenen Anlagen berücksichtigt werden.		

Wenn bei H_E 1.13 c) angekreuzt wurde, also ein TWW-Erwärmer versorgt wird, bitte diese Fragen beantworten:

		Ja	Nein
H_E 2.8	Sind an diesen Heizkreis mehrere TWW-Erwärmer angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 2.8: Sind an einem Heizkreis mehrere TWW-Erwärmer angeschlossen, muss die Betriebszeit der UP so eingestellt werden, dass sie startet, wenn der erste TWW-Erwärmer in Betrieb geht, und ausschaltet, wenn der letzte TWW ausschaltet.		
H_E 2.9	Ist die Betriebszeit der Zirkulationspumpe an die Nutzungszeit des Versorgungsbereichs angepasst?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 2.9: Auch die Betriebszeit der Zirkulationspumpe muss wie im Hinweis zu H_E 2.14.1 beschrieben angepasst werden.		
H_E 2.10	Stimmen die Auslegungstemperaturen des Heizkreises (Ist-Temperatur und Temperatur gemäß Auslegungs-, Revisionsunterlagen) mit den Betriebstemperaturen des TWW-Erwärmer überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 2.10: Ist dies nicht der Fall, müssen die Auslegungstemperaturen des Heizkreises angepasst werden.		

H_E 3 Temperaturabhängige

Steuerung des Heizkreises/Nutzungszone:

Wird die Heizungsanlage automatisch in Abhängigkeit der Außentemperatur in Betrieb genommen, muss die Heizgrenztemperatur HGT (ϑ_{HG}) betrachtet werden. Die HGT ist die Außentemperatur bei deren Unterschreitung die Heizungsanlage in Betrieb geht. Der Wert für die Heizgrenztemperatur (HGT) ist entweder in der Gebäudeleittechnik hinterlegt oder direkt in der Steuerung des Wärmeerzeugers, Heizkreispumpe o.ä.. Wie die HGT in der jeweiligen GLT oder Anlagensteuerung bezeichnet wird ist unterschiedlich und muss dem jeweiligen Handbuch entnommen werden. Als Bezugswert für die HGT sollte nicht der Ist-Wert der Außenlufttemperatur zum jeweiligen Zeitpunkt verwendet werden, sondern ein Mittelwert der Außenlufttemperatur, also z.B. der Mittelwert der vergangenen 6, 12 oder 24 Stunden. Übliche Heizgrenztemperaturen sind 15°C bzw. bei besser gedämmten Gebäuden 12°C. In manchen Fällen ist die Heizgrenze unter Umständen sehr hoch (20°C und mehr) eingestellt. Dies hat seine Ursache darin, dass es in der Übergangszeit auch bei Außen(mittel)temperaturen über 15 °C noch nötig ist zu heizen, weshalb der Wert für die Heizgrenztemperatur erhöht und für die Sommermonate beibehalten wird.

H_E 3.1 Heizgrenztemperatur

H_E 3.1.1	Heizgrenztemperatur ϑ_{HGT}	°C	
	Hinweis: Die Heizgrenztemperatur ϑ_{HGT} ist die Außentemperatur, bei deren Unterschreitung die Heizung in Betrieb geht, meist wird der Tagesmittelwert der Außentemperatur genommen. Sie kann unter verschiedenen Namen in der Anlagensteuerung eingestellt sein, z.B. Stand-By-Temperatur, Grenztemperatur, Inbetriebnahme Temperatur etc. ϑ_{HGT} kann entweder zentral in der GLT, in den entsprechenden Schaltschränken oder in der Steuerung des Wärmeerzeugers o.ä. eingestellt werden.		
		Ja	Nein
H_E 3.1.2	Liegt die Heizgrenztemperatur über den empfohlenen Soll-Werten von 12–15 °C ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Liegt der eingestellte Wert über dem Soll-Wert, muss eine Anpassung geprüft werden		
H_E 3.1.3	Ist an den Heizkreis bzw. Wärmeerzeuger eine RLT-Anlage angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: In diesem Fall ist der Betrieb des Luftherwärmers der RLT-Anlage zu berücksichtigen. ϑ_{HGT} sollte hierbei so gewählt werden, dass die geforderte Zulufttemperatur $\vartheta_{Zul, Soll}$ der RLT-Anlage auf jeden Fall zu jeder Zeit erreicht wird.		
H_E 3.1.4	Wird die momentane Außenlufttemperatur als Vergleichswert genutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Die HGT sollte mit einem Mittelwert der Außenlufttemperatur verglichen werden, da diese repräsentativer als der Momentan-Wert ist. Wird der Momentan-Wert genutzt, kann es passieren, dass die Heizung in der Übergangszeit häufig ein- und ausschaltet obwohl kein Heizbedarf besteht.		
H_E 3.1.5	Anpassen der HGT in den Sommermonaten möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 3.1.6	Manuelle Abschaltung im Sommer möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Hinweis zu H_E 3.1.5 und 3.1.6: Wenn es in der Übergangszeit Schwierigkeiten mit der HGT gibt (z.B. Unterschreitungen des Raumtemperatursollwert), sollte die HGT in den Sommermonaten wieder reduziert, oder die Anlage abgeschaltet werden.
	Hinweis wenn H_E 1.5 „Ja“: Auch eine Änderung der Gebäudehülle kann einen Einfluss auf die optimale Heizgrenztemperatur haben. Bei einem verbesserten Wärmeschutz reduziert sich die HGT, da ein Großteil der Heizlast durch die Nutzung und Solarstrahlung gedeckt wird.

H_E 3.2 Betrieb in Abhängigkeit der Raumtemperatur

H_E 3.2.1	In Abhängigkeit von Referenzräumen raumtemperaturgeführt gesteuert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Soll	Ist
H_E 3.2.2	Grenztemperatur ϑ_{Grenz} im Raum, ab welcher die Heizung eingeschaltet wird.	°C	°C
	Hinweis zu H_E 3.2.1-H_E 3.2.2: Zeigen auffällig viele Räume zu hohe oder zu niedrige Temperaturen sind Maßnahmen zu ergreifen. Eine Möglichkeit ist es einen anderen Referenzraum zu wählen (z.B. nach einer Nutzungsänderung). Die Referenzräume sollten so gewählt werden, dass es in keinem Raum zu kalt wird, das Temperaturniveau insgesamt aber nicht zu hoch wird bzw. die Heizungsanlage nicht zu früh in Betrieb geht.		

H_E 4 Heizkurve des Heizkreises:

Die Heizkurve hat die Aufgabe, die Vorlauftemperatur und damit die Heizleistung der Heizflächen, an veränderte Heizlasten anzupassen. Dabei sind folgende technische Lösungen denkbar:

- raumtemperaturgeführte Steuerung
- außentemperaturabhängige Steuerung
- Steuerung über die Differenz von Vor- und Rücklauftemperatur
- manuelle Einstellung

Am weitesten verbreitet ist die außentemperaturabhängige Steuerung der Vorlauftemperatur. Durch das Reduzieren der Vorlauftemperatur wird eine Leistungsanpassung der Heizfläche an die aufgrund der geänderten Außentemperaturen gesunkene Heizlast im Raum erreicht.

		Soll	Ist
H_E 4.1	maximale Vorlauftemperatur	°C	°C
H_E 4.2	bei der Außentemperatur	°C	°C
H_E 4.3	minimale Vorlauftemperatur	°C	°C
H_E 4.4	bei dieser Außentemperatur	°C	°C
H_E 4.5	Steilheit	-	-
H_E 4.6	Parallelverschiebung	-	-

H_E 4.7	Sonstige Werte oder Angaben zur Heizkurve:	-	-
		Ja	Nein
H_E 4.10	Liegt die maximale Vorlauftemperatur über der Auslegungsvorlauftemperatur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis wenn H_E 4.10 „Ja“ ist: Dies ist evtl. ein Hinweis auf andere Probleme in der Heizungsanlage wie z.B. ein fehlerhafter hydraulischer Abgleich. Es sollte nach Indikatoren für Probleme mit dem hydraulischen Abgleich gesucht werden (siehe Kapitel H_V 3). Außerdem muss ermittelt werden wann diese Änderungen vorgenommen wurden, ob dies z.B. auf Beschwerden in bestimmten Gebäudebereichen o.ä. zurückzuführen ist. Prinzipiell muss versucht werden, die max. Vorlauftemperatur wieder auf den planungsgemäßen Zustand zurückzuführen, z.B. kann diese schrittweise wieder abgesenkt werden, wobei überprüft werden muss, ob es zu Problemen mit zu niedrigen Raumtemperaturen kommt (Nutzerbeschwerden, manuelle Messungen in bestimmten Räumen).</p>		

H_E 5 Mögliche Fehler in der MSR- Technik des Heizkreises/Nutzungszone:

		Ja	Nein
H_E 5.1	Schwankt die gemessene Außentemperatur stark (z.B. in Abhängigkeit der Bewölkung)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 5.2	Heizungsanlage schaltet unerwartet ab?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 5.3	Unrealistische Außentemperaturanzeige?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis: Um eine unrealistische Außentemperaturanzeige zu erkennen, muss der angezeigte Außentemperaturwert (z.B. aus der GLT) mit Vergleichswerten (z.B. manuelle Messungen) abgeglichen werden. Deutliche Abweichungen sind ohne Messungen zu erkennen (z.B. Anzeige 5°C bei „T-Shirt Wetter“)</p>		
H_E 5.4	$\vartheta_{VL, Ist}$ für die statische Heizung ist zu niedrig oder zu hoch, im Vergleich zum Soll Wert aus der Heizkurve.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweise zu H_E 5.1–H_E 5.4: Hierfür muss der momentanen Außenlufttemperatur aus der Heizkurve die entsprechende Soll-Vorlauftemperatur zugeordnet und mit $\vartheta_{VL, Ist}$ verglichen werden. Besteht hierbei eine Abweichung, kann dies an einem defekten oder ungünstig platzierten Außentemperaturfühler liegen. Der Außentemperaturfühler sollte keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein und nicht durch Wärmequellen oder –senken beeinflusst werden (z.B. Fortluftdurchlässe, Rückkühler o.ä.). Ist die Abweichung der Messung nicht auf eine falsche Anbringung zurückzuführen, ist der Fühler vermutlich defekt, falsch angeschlossen oder auf der GLT falsch zugeordnet.</p>		
	<p>Hinweis zu H_E 5.4: Bei diesem Fehler besteht auch die Möglichkeit, dass der Fühler für die Vorlauftemperatur defekt oder falsch zugeordnet ist.</p>		

H_E 6 Wärmeerzeugung mit Brennwertkessel

		Soll	Ist
--	--	-------------	------------

H_E 6.1	Vorlauftemperatur ϑ_{VL}	°C	°C
H_E 6.2	Rücklauftemperatur ϑ_{RL}	°C	°C
		Ja	Nein
H_E 6.3	Sind die Auslegungstemperaturen für die Brennwerttechnik geeignet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 6.5: Die Rücklauftemperatur sollte möglichst niedrig sein, damit das Rauchgas möglichst weit abgekühlt werden kann. Bei Rücklauftemperaturen über 50 °C sollte versucht werden, diese weiter abzusenken. Dies kann durch eine niedrigere Vorlauftemperatur oder eine kleinere Betriebsstufe der UP erfolgen. Weitere Informationen finden sich zum Beispiel in den Herstellerunterlagen oder in der einschlägigen Fachliteratur. (z.B. Recknagel, Rietschel)		

H_E 7 Wärmeerzeugung mit Fernwärme

		Ja	Nein
H_E 7.1	Sind Auslegungsunterlagen und Verträge oder sonstige Vereinbarungen mit dem EVU vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_E 7.1 „Nein“: Sollten diese Unterlagen nicht vorhanden sein, besorgen sie diese bitte.		
H_E 7.2	Stimmen die installierten Komponenten etc. mit den Unterlagen überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_E 7.2 „Nein“: Bitte dokumentieren sie die Änderungen in den Revisionsunterlagen o.ä.		
		Soll	Ist
H_E 7.3	Rücklauftemperatur des Gebäudeheizkreises (Sekundärkreis)	°C	°C
H_E 7.4	Temperaturspreizung, (Sekundärkreis)	K	K
	Hinweis zu H_E 7.3 und 7.4: Als „Soll“ ist hier die Vereinbarung mit dem EVU zu sehen. Mit „Ist“ sind die tatsächlichen Betriebszustände gemeint, welche von den Messeinrichtungen oder der GLT abgelesen werden können.		
		Ja	Nein
H_E 7.5	Weicht die Spreizung bzw. ϑ_{RL} (siehe Fragen H_E 7.3 und H_E 7.4) von den Vorgaben vom Energieversorger ab?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_E 7.5 „Ja“: Trifft dies zu, müssen die Betriebsparameter und/oder die Regelung angepasst werden, z.B. durch eine Senkung des Heizmittelmassenstroms.		
H_E 7.6	Soll-Anschlussleistung der Fernwärme		kW
H_E 7.7	Spitzenlast laut GLT-Aufzeichnungen o.ä.		kW
	Hinweis zu H_E 7.6 und H_E 7.7: Die Soll-Anschlussleistung ist mit dem EVU vertraglich vereinbart und kann normalerweise den Revisionsunterlagen o.ä. entnommen werden. Die tatsächlich benötigte Heizleistung kann, wenn vorhanden, den Trendaufzeichnungen der GLT oder den Aufzeichnungen eines Wärmemengenzählers entnommen werden.		
H_E 7.8	Weicht die gemessene Spitzenlast deutlich von der Soll-Anschlussleistung ab?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn H_E 7.8 „Ja“: Wird die mit dem Versorger vereinbarte Anschlussleistung nicht benötigt, sollte versucht werden, diese zu reduzieren. Da die Anschlussleistung häufig ein Bestandteil der Kostenberechnung ist, kann dadurch u.U. eine Kostenersparnis erreicht werden.		

H_E 8 Wärmeerzeugung mit Wärmepumpe

		Ja	Nein
H_E 8.1	Sind Auslegungsunterlagen und Revisionspläne für die Wärmepumpenheizung vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 8.1: Sollten diese Unterlagen nicht vorhanden sein, besorgen sie diese bitte.		
H_E 8.2	Stimmen die installierten Komponenten, die Wärmepumpe etc. mit den Unterlagen überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 8.2: Bitte dokumentieren sie die Änderungen in den Revisionsunterlagen o.ä.		
H_E 8.3	Hat sich die maximale Vorlauftemperatur (siehe H_E 4.1), der Heizkurve im Vergleich zur Planung geändert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_E 8.3: Bei Wärmepumpenheizungen hängt die Leistungszahl maßgeblich vom Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle (Außenluft, Abluft, Erdreich, Wasser...) und der Wärmesenke (Heizkreis des Gebäudes) ab. Deshalb muss versucht werden, die Vorlauftemperatur \square_{VL} möglichst klein zu halten. Wurde die max. Vorlauftemperatur erhöht, muss auf jeden Fall versucht werden, diese zu reduzieren.		
Luft/Wasser-Wärmepumpen			
H_E 8.4	Ist die Luftansaugung der Wärmepumpe gut zugänglich und kann die Luft ungestört einströmen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 8.5	Ist die Luftansaugung der Wärmepumpe stark verschmutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wasser/Wasser-Wärmepumpen			
		Ja	Nein
H_E 8.6	Sind Messdaten der Temperatur der Wärmequelle vorhanden (z.B. aus der GLT)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_E 8.7	Ist die Wärmequelle (z.B. das Erdreich beim Einsatz von Erdwärmesonden) seit Inbetriebnahme deutlich abgekühlt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Umrüstempfehlung: Zeigt das Erdreich eine deutliche Temperaturabnahme, ist dies ein Zeichen für eine Unterdimensionierung der Erdwärmesonden oder des Erdkollektors. Dies hat eine Abnahme der Jahresarbeitszahl und damit einen höheren Stromverbrauch zur Folge. Es muss nach geeigneten Möglichkeiten zur Regeneration des Erdreichs gesucht werden, wobei dies meist nicht ohne bauliche Änderungen der Anlage geht. Um das Erdreich zu regenerieren, muss das Erdreich wieder erwärmt werden, z.B. indem die Wärme aus der Rückkühlung von Kältemaschinen, aus der Gebäudekühlung (vor allem bei Kühlflächen) o.ä. in das Erdreich geleitet wird. Da hierfür recht umfangreiche Investitionen nötig sind sollte ein solcher Umbau nur in Erwägung gezogen werden, wenn sowieso eine Ersatzinvestition o.ä. ansteht.		

H_E_Ü 1 Zuordnung der Wärmeerzeuger zu Heizkreisen und Nutzungszonen

Gebäude: _____

Datum: _____

Bearbeiter: _____

Pos.	Wärmeerzeuger	Heizkreis	RLT- Anlage	Regelzone der RLT - Anlage	TWW - Erwärmer	Nutzungszone
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

H_TWW Trinkwassererwärmer:

Datum: _____

Bearbeiter: _____

H_TWW 1 Übersicht über den TW-Erwärmer

H_TWW 1.1	Bezeichnung		
H_TWW 1.2	Standort im Gebäude:		
H_TWW 1.3	Hersteller:		
H_TWW 1.4	Typ:		
H_TWW 1.5	Baujahr:		
H_TWW 1.6	Bezeichnung des Wärmerezeugers welcher den TWW versorgt (bei indirekter Beheizung):		
H_TWW 1.7	Nennleistung:		kW
H_TWW 1.8	Bauart: a) <input type="checkbox"/> Speicher b) <input type="checkbox"/> Durchfluss		
H_TWW 1.9	Speichervolumen:		Liter
H_TWW 1.10	Beheizung: a) <input type="checkbox"/> direkt b) <input type="checkbox"/> indirekt		
H_TWW 1.11	Energieträger (bei direkter Beheizung):		
H_TWW 1.12	Beschreibung der Regelung:		
		Ja	Nein
H_TWW 1.13	Herstellerunterlagen vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 1.14	Schaltschema vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 1.15	Stimmt die Bestandsanlage mit der Dokumentation überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 1.16	Welche Abweichungen gibt es zwischen Dokumentation und Bestand?		
H_TWW 1.17	Wartungsprotokolle vorhanden und vollständig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 1.18	Sind Aufzeichnungen des Wärme- bzw. Wasserverbrauchs dieses TW-Erwärmers vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Sollten diese Angaben fehlen, müssen diese gesucht und ausgewertet werden.		

H_TWW 2 Zapfstellen

		Anzahl geplant	Anzahl Ist
H_TWW 2.1	Waschtisch		
H_TWW 2.2	Brausekabine		
H_TWW 2.3	Badewanne		
H_TWW 2.4	Küchenspüle		

H_TWW 3 Ist-Betriebsparameter laut Begehung und Soll laut Auslegung

		Soll	Ist
H_TWW 3.1	Speichertemperatur	°C	°C
H_TWW 3.2	Vorlauftemperatur	°C	°C
H_TWW 3.3	Rücklauftemperatur	°C	°C
	Hinweis: Überprüfung der Warmwassertemperatur. Sie sollte nicht mehr als 65 °C betragen. Und möglichst nicht unter 60 °C betragen, da bei dieser Temperatur die Gefahr besteht, dass sich Legionellen bilden.		

H_TWW 4 Prüfen der Dimensionierung

		Ja	Nein
H_TWW 4.1	Speicher überdimensioniert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_TWW 4.1: Mögliche Indikatoren für eine Überdimensionierung wären z.B. eine Nutzungsänderung. Wurden viele Zapfstellen, die an einen TW-Erwärmer angeschlossen und geplant waren stillgelegt(siehe H_TWW 2), ist der Bedarf an TWW gesunken. Hier sollte geprüft werden ob der Speicher durch einen TW-Erwärmer nach dem Durchflusprinzip ersetzt werden sollte.		
H_TWW 4.2	Gibt es weit entfernte Zapfstellen mit langen Stagnationszeiten in der Leitung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_TWW 4.2: Gibt es Zapfstellen im Gebäude, welche zum einen weit vom TW-Erwärmer entfernt sind und zum anderen selten genutzt werden, sollte geprüft werden ob auf eine dezentrale Lösung umgerüstet werden sollte. Die langen Stagnationszeiten sind sowohl aus hygienischer als auch aus energetischer Sicht problematisch.		

H_TWW 5 Wärmedämmung der Rohre

		Ja	Nein
H_TWW 5.1	Besitzen alle Warmwasserleitungen eine Wärmedämmung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 5.2	Besitzen alle Kaltwasserleitungen eine Dämmung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Kaltwasserleitungen mit langen Stagnationszeiten sollten ebenfalls gedämmt werden, da es bei Erwärmung des Wassers auf Zimmertemperatur zur Legionellenvermehrung kommen kann.		
H_TWW 5.3	Sind Ventile, Pumpen und Armaturen gedämmt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 5.4	Ist die Dämmung beschädigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Bei Abschnitten mit konstant hohen Temperaturen müssen die Wärmeverluste möglichst reduziert werden. z.B. durch eine verbesserte Dämmung, Wärmebrücken sollten, z. B. durch Verwendung isolierter Rohrschellen, reduziert oder beseitigt werden.		

H_TWW 6 Undichtigkeiten und Verschmutzungen

		Ja	Nein
H_TWW 6.1	Gibt es im Rohrsystem Undichtigkeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 6.2	Treten in der Nähe von Leitungen Wasserflecken oder Schimmelbildung auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 6.3	Gibt es Hinweise auf Luft in der Rohrleitung(z.B. Strömungsgeräusche, Blubbergeräusche etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H_TWW 6.4	Sind die Rohrleitungen bzw. die Dämmungen verschmutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu H_V 4.1-4.4: Wurde bei einer Frage das graue Feld angekreuzt, ist die Leitung evtl. undicht und muss an der entsprechenden Stelle abgedichtet werden. Undichtigkeiten haben einen erhöhten stofflichen (Wasser) und energetischen Aufwand zur Folge.		

H_TWW 7 Betriebszeit der Zirkulationspumpe

H_TWW 7.1	Betriebszeit der Zirkulationspumpe	Ist		Planung/Soll	
		Von	Bis	Von	Bis
H_TWW 7.1.1	Montag				
H_TWW 7.1.2	Dienstag				
H_TWW 7.1.3	Mittwoch				
H_TWW 7.1.4	Donnerstag				
H_TWW 7.1.5	Freitag				
H_TWW 7.1.6	Samstag				
H_TWW 7.1.7	Sonntag				

L Beleuchtung in der Nutzungszone :

Datum:

Bear-

beiter:

In diesem Kapitel werden alle Beleuchtungsanlagen eines Gebäudes behandelt. Die Notbeleuchtung wird hingegen in dieser Checkliste nicht näher betrachtet. Bitte beachten Sie auch zu dieser Checkliste den Anhang (L_A).

L_1 Allgemeine Angaben

L_1.1	Gebäude:	
L_1.2	Etage:	
L_1.3	Nutzungszone:	
L_1.4	Grundfläche:	

L_2 Lampen

	Art der Lampe	Anzahl	Anschlussleistung pro Lampe
L_2.1.	Leuchtstofflampen		
L_2.2.	Glühlampen		
L_2.3.	Energiesparlampen (Kompaktleuchtstofflampen)		
	Umrüstpfehlung: Standard-Leuchtstofflampen sollten gegen Drei-Banden-Lampen ausgetauscht werden, da diese eine höhere Farbwiedergabe, Lichtausbeute und längere Lebensdauer haben. Bei Anwendungen mit kurzer Betriebsdauer (z. B. in Putz- und Lagerräumen) können auch Glühbirnen eingesetzt werden.		
			Wert
L_2.4.	Installierte elektrische Leistung Büroräume (abgeschätzt)		W/m ²
L_2.5.	Installierte elektrische Leistung Flure (abgeschätzt)		W/m ²
L_2.6.	Installierte elektrische Leistung WCs, Nebenräume (abgeschätzt)		W/m ²

L_2.1 Vorschaltgeräte

L_2.1	Welche Art von Vorschaltgeräten wird bei den Leuchtstofflampen verwendet?		
	a) <input type="checkbox"/> KVG= konventionelles Vorschaltgerät b) <input type="checkbox"/> VVG= verlustarmes Vorschaltgerät c) <input type="checkbox"/> EVG= elektronisches Vorschaltgerät d) <input type="checkbox"/> keine		
	Umrüstempfehlung: Bei konventionellen Vorschaltgeräten sind (im Unterschied zu elektronischen Vorschaltgeräten) beim Anschalten mehrere Versuche nötig bis die Lampe leuchtet. Elektronische Vorschaltgeräte starten ohne Flackern. Im Betrieb erkennt man bei den Lampen, falls konventionelle Schaltgeräte eingebaut worden sind, ein Flimmern am Rand der Lampe, bei elektronischen Vorschaltgeräten flimmert es nicht. Der Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten sollte Vorrang haben, diese sind zwar teurer, bringen jedoch Einsparungen im Betrieb. Durch elektronische Vorschaltgeräte gibt es eine höhere Lichtausbeute, einen flackerfreien Start, geringere Wärmeentwicklung, leiseren Betrieb und längere Lebensdauer und eine fast unbegrenzte Schalthäufigkeit [aus Hinweise für Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht in Innenraumgebäuden, herausgegeben von AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen)]		

L_3 Funktionalität der Lampen (Sichtprüfung)

		Ja	Nein
L_3.1	Funktionieren alle Lampen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L_3.2	Flimmert oder Flackert etwas oder gibt es sonstige Defekte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Die Funktionalität der Lampen ist wichtig, da bei Ausfall die geforderte Beleuchtungsstärke nicht eingehalten werden kann und somit Sehaufgaben schwieriger durchzuführen sind.		

L_4 Schaltung

L_4.1	Welche Schaltung ist vorhanden?		
	a) <input type="checkbox"/> Handschaltung b) <input type="checkbox"/> Dämmerungsschaltung c) <input type="checkbox"/> Bewegungsschaltung d) <input type="checkbox"/> Zeitrelais e) <input type="checkbox"/> Zeitschaltung von _____ Uhr bis _____ Uhr f) <input type="checkbox"/> _____(sonstiges)		
		Ja	Nein
L_4.1.1	Funktionieren die angegebenen Schaltungen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu L_4.1.1: Als erstes sollte eine Sichtprüfung erfolgen. Zusätzlich sollte mittels einer geeigneten Prüfung die Funktion einer jeden Schaltung überprüft werden. Kaputte oder defekte Schaltungen sind auszutauschen. Es sollte zusätzlich überprüft werden, ob Zeitschaltungen zu der angegebenen		

	Zeit auch wirklich ausgehen oder sie eventuell doch weiter brennen. Siehe dazu auch L_4.2.
--	--

L_4.2 Zeitschaltungen

		Ja	Nein
L_4.2.1	Stimmt die Nutzungszeit mit der Betriebszeit überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L_4.2.2	Überprüfen der Betriebszeit im Vergleich zur Nutzungszeit		
	Betriebszeit Beleuchtung	Ist	
		von	bis
	Montag		
	Dienstag		
	Mittwoch		
	Donnerstag		
	Freitag		
	Samstag		
	Sonntag		
	Hinweis: Die Überprüfung sollte darauf hinauslaufen, dass die Betriebszeit gleich der Nutzungszeit sein sollte. Die Nutzungszeit kann der Checkliste G_3 4 entnommen werden. Bei einer Abweichung sollte überprüft werden, weshalb es zu dieser Abweichung gekommen ist und ob diese Abweichung notwendig ist. Hinweise zum Überprüfen von Zeitschaltungen befinden sich in A_MSR 1.6.		
		Ja	Nein
L_4.2.3	Wird die Zeitumstellung berücksichtigt (Sommer- Winterzeit)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Leider wird bei Systemuhren häufig die Zeitumstellung nicht berücksichtigt. Deshalb kommt es oft zu unnötigem Betrieb von Licht beim Wechsel zwischen Sommer- und Winterzeit.		

L_4.3 Hinweise zu Schaltungen

		Ja	Nein
L_4.3.1	Wird die Beleuchtung am Ende der Nutzungszeit automatisch abgeschaltet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Durch das automatische Abschalten nach der Nutzungszeit wird sichergestellt, dass jede Lampe ausgeschaltet worden ist, falls dies die Nutzer des Gebäudes vergessen.		

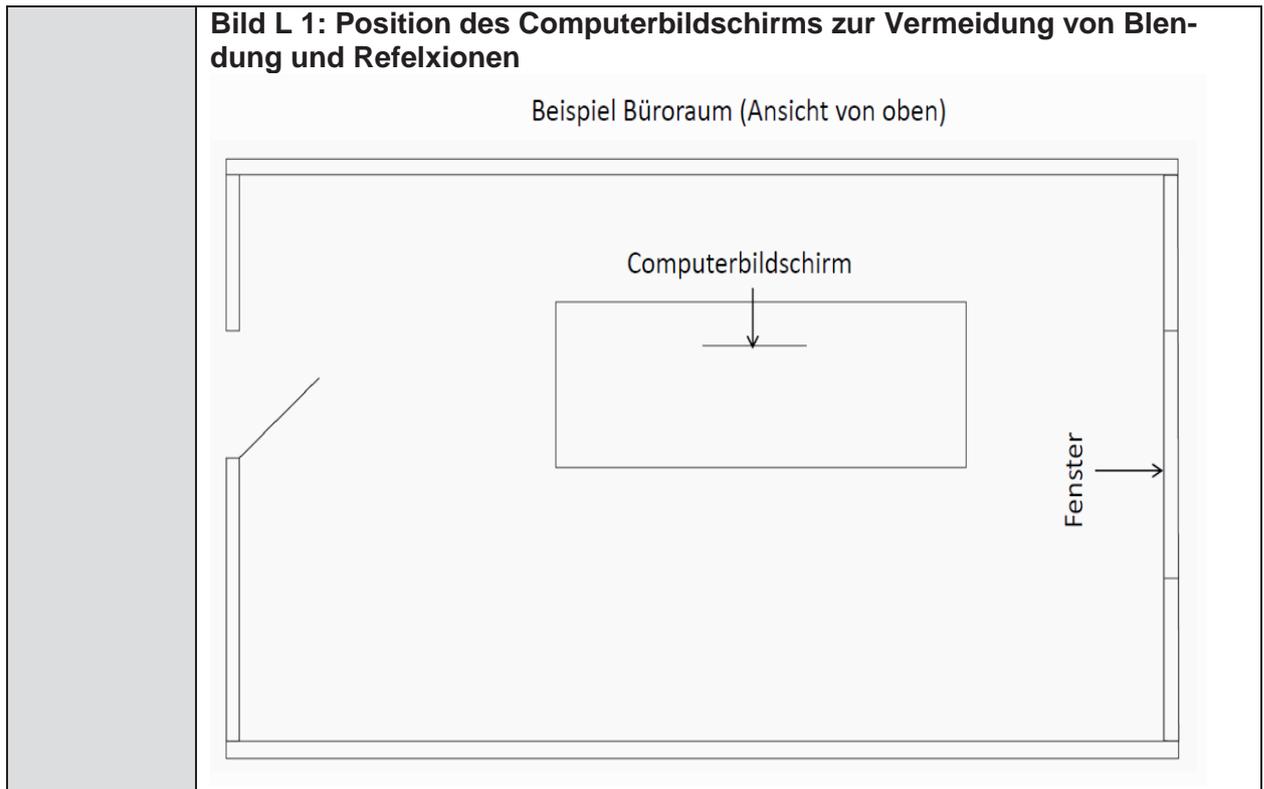
	Organisatorischer Hinweis: Falls es diese automatische Abschaltung nicht gibt, sollte der Sicherheitsdienst des jeweiligen Gebäudes von außen abends sichten, ob in allen Räumen das Licht ausgeschaltet worden ist.
	Umrüstpfehlung: Vorhandene Außenbeleuchtungen sollten über Zeitschaltuhren und/oder strahlungsabhängig schaltbar sein, damit die Beleuchtung nicht die ganze Nacht brennt.

L_5 Optimale Nutzung von Tageslicht

		Ja	Nein
L_5.1	Funktioniert der außenliegende Sonnenschutz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu L_5.1: Die Überprüfung der Funktionalität des außenliegenden Sonnenschutzes ist wichtig. Ein Sonnenschutz schützt vor Blendung sowie vor Eintrag von Wärmelasten. Funktioniert der Sonnenschutz nicht (lässt sich z.B. schlecht öffnen und schließen) besteht die Gefahr dass der Nutzer diesen immer geschlossen lässt und das Tageslicht nicht optimal zur Beleuchtung genutzt wird.		
L_5.2	Kann in lichtdurchfluteten Bereichen (Eingang, Treppenhaus) das Licht am Tag ausgeschaltet werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Die Tageslichtnutzung sollte immer Vorrang haben. Vor allem in großen Eingangsbereichen mit viel Fensteranteil sollte überprüft werden, ob das Licht am Tag ausgeschaltet bzw. minimiert werden kann. Eingangsbereiche sind oft - aufgrund des hohen Fensteranteils - lichtdurchflutet. Auch in außenliegenden Treppenhäusern sollte sinnloses Lichtbrennen (morgens eingeschaltet und dann brennt das Licht den ganzen Tag) vermieden werden. Umrüstpfehlung: Die Lichtschaltung bei Verkehrswegen mit Tageslichteinfall (Eingangsbereiche, Flure, Treppenhäuser) sollte mit Dämmerungsschaltern geregelt werden.		
L_5.3	Falls Tageslichtlenkungssysteme vorhanden, sind sie funktionsfähig (siehe Hinweis zu L_5.1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

L_6 Blendung (nur für Büros zu beantworten)

		Ja	Nein
L_6.1	Klagen die Nutzer über Blendung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu L_6.1: Blendung erfolgt, wenn helles Licht, eine Lichtquelle oder stark reflektierende Flächen im Gesichtsfeld eines Beobachters auftreten.		
L_6.2	Stehen die Bildschirme im rechten Winkel zum Fenster?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Nutzerhinweis: Grundsätzlich sollte darauf geachtet werden, dass die Bildschirme im rechten Winkel zum Fenster stehen. Dadurch wird am effektivsten Blendung und Reflexionen vermieden. Siehe Bild L 1:		



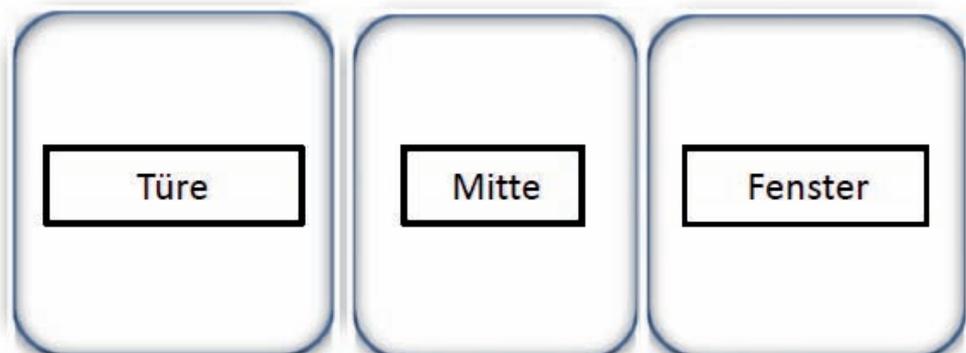
L_7 Lichtschalterreihen (falls vorhanden)

		Ja	Nein
L_7.1	Sind mehrere Lichtschalterreihen vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L_7.2	Können die Lichtschalterreihen beschriftet werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hinweis zu L_7.1 und L_7.2:

Die Lichtschalter sind zu beschriften, um versehentliches Einschalten zu vermeiden, da daraus ein unnötiger Mehrverbrauch elektrischer Energie resultiert. Die Beschriftung, z. B. mittels Aufkleber, sollte folgendermaßen aussehen: Die Lichtschalter sollten nach einer logischen räumlichen Reihenfolge beschriftet werden wie z. B.:

Bild L 2: Beispiel einer Lichtschalterbeschriftung



L_7.3	Sind fensternahe und fensterferne Leuchten getrennt voneinander schaltbar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Umrüstpfehlung: Ein getrenntes Schalten von fensterfernen und fensternahen Leuchten sollte möglich sein. Fensterferne Plätze benötigen oft den ganzen Tag eine künstliche Beleuchtung, im Gegensatz zu fensternahen Plätzen.		

L_8 Beleuchtungsstärke

Bei geänderter Nutzung des Raumes sollte immer darauf geachtet werden, dass die Beleuchtungsstärke mit der neuen Nutzung übereinstimmt. Die Beleuchtungsstärken sollten der DIN EN 12464 entsprechen. Folgende Checkliste gibt einen Überblick über die Beleuchtungsstärken für die typischen Räume eines Büro- und Verwaltungsgebäudes.

		Ja	Nein
L_8.1	Hat sich die Nutzung des Raumes geändert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Bei geänderter Nutzung sollte festgestellt werden, ob die Beleuchtungsstärke angepasst werden muss und ob dies bereits gemacht wurde. Die richtige Beleuchtungsstärke finden Sie im Anhang in Tabelle A4.		
L_8.2	Stimmen die Beleuchtungsstärken für den zu prüfenden Raum bzw. die zu prüfende Verkehrsfläche mit der Norm (Tabelle A4) überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis: Die Beleuchtungsstärke stellt eine (unter mehreren) Größe für die Qualität der Beleuchtung dar. Mit Hilfe der Beleuchtungsstärke wird geprüft, ob die Beleuchtung für die jeweilige Sehaufgabe geeignet ist. Sie dient zu dem als „Marker“ dafür, wann eine Wartung nötig ist. Falls die Beleuchtungsstärke unter den erforderlichen Wert aus Tabelle A4 fällt, ist eine Wartung der Lampen und Leuchten notwendig.</p> <p>Hinweis: Verfahren zur Überprüfung der Beleuchtungsstärke finden Sie im Anhang unter A_L 1.1.1–A_L 1.1.2</p> <p>Hinweis: Bei Abweichungen, die über der geforderten Beleuchtungsstärke liegen, sollten Lampen demontiert werden. Bei Beleuchtungsstärken, die unter dem geforderten Wert liegen, sollte zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke einerseits die Reflektoren gereinigt oder Reflektoren nachgerüstet werden. Zudem könnten Lampen mit einer höheren Lichtausbeute nachgerüstet werden, wie z.B. Leuchtstofflampen mit einer hohen Farbwiedergabestufe (8-9). Ein Wert, der unterhalb der Beleuchtungsstärke liegt, ist zu dem ein Anzeichen dafür, dass eine Wartung der Lampen und Leuchten notwendig ist.</p>		

Checkliste zum Ermitteln der Beleuchtungsstärke nach A_L 1.1.1

geforderte Angaben			
geforderte Beleuchtungsstärke nach Tabelle A4:			lx
Farbwiedergabestufe:		Tabelle A5 <input type="checkbox"/>	Tabelle A6 <input type="checkbox"/>
Abhanghöhe:			m
Anzahl der Leuchten x Installierte Leistung:			W
Beleuchtete Fläche:			m ²
Ergebnis:			W/m ²
Abweichung von geforderter Beleuchtungsstärke:			W/m ²

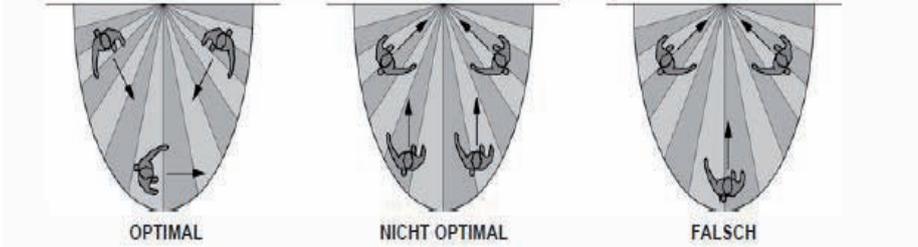
Checkliste zum Ermitteln der Beleuchtungsstärke nach A_L 1.1.2

Messstelle im Raum	
Messstelle 1:	lx
Messstelle 2:	lx
Messstelle 3:	lx
Messstelle 4:	lx
Messstelle 5:	lx
$\frac{\sum \text{Messungen}}{\text{Messungsanzahl}} = \bar{E}_m$	lx

L_9 **Wartung und Reinigung**

		Ja	Nein
L_9.1	Werden die Lampen und Leuchten regelmäßig gewartet und gereinigt vor allem die Reflektoren der Leuchtstofflampen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Empfohlen wird für Büro- und Verwaltungsgebäude nach 3 Jahren alle Lampen zu reinigen, bei Räumen mit starker Verschmutzung (z. B. Raucherräume) jedes Jahr.		
L_9.2	Ist die mittlere Beleuchtungsstärke unter dem geforderten Wert der Tabelle A4?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Die mittlere Beleuchtungsstärke gibt einen Wert an, ab wann eine Wartung notwendig wird. Falls der Wert unter die mittlere Beleuchtungsstärke fällt, sollte eine Wartung durchgeführt werden. Besonders wichtig ist die Reinigung der Reflektoren bei Leuchtstofflampen, da diese wichtig sind für die optimale Nutzung des Lichts.		

L_10 **Bewegungs- und Präsenzmelder**

		Ja	Nein
L_10.1	Funktionieren die vorhandenen Melder?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Melder sind wartungsfreie Geräte. Bewegungsmelder reagieren auf größere Bewegungen. Die Funktionalität sollte mittels geeigneter Tests überprüft werden.		
L_10.2	Werden die Melder regelmäßig (alle 3 Jahre) gereinigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L_10.3	Ist der Bewegungsmelder korrekt angebracht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis zu L_10.3: Präsenzmelder reagieren auf kleinste Bewegungen und können auch die Beleuchtungsstärke messen. Sie dienen meistens zur bedarfsabhängigen Steuerung von HLK-Anlagen. Deswegen sollte darauf geachtet werden, ob die Melder korrekt angebracht sind. Dabei gibt es einige Punkte, die überprüft werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Erfassungsbereich des Melders sollte quer durchschritten werden. Dies bedeutet, dass der Melder so angebracht werden muss, dass er quer zur Bewegungsrichtung durchschritten wird (Bild L 3). <p>Bild L 3: Optimale und falsche Arten der Anbringung von Bewegungsmeldern</p> 		

	<p>Umrüstempfehlung: Für folgende Einsatzbereiche ist der Einsatz von Bewegungsmeldern sinnvoll:</p> <ul style="list-style-type: none"> • niedrig-frequentierte Verkehrsflächen, wie Flure und Treppenhäuser • Toiletten • Keller, Tiefgaragen, Dachböden usw.
--	--

L_11 Helligkeitsregelnde Sensoren, Lichtsensoren

		Ja	Nein
L_11.1	Funktioniert der Lichtsensor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis: Lichtsensoren haben die Aufgabe die Helligkeit zu regeln. Sie messen die Beleuchtungsstärke und regeln das Licht entsprechend des eingefallenen Tageslichts und stellen dann die künstliche Beleuchtung dementsprechend ein. Die Funktion des Sensors kann nur grob durch Beobachtung überprüft werden. Schaltet das Licht bei Bedarf ein? Reagiert das Licht wenn der Sensor angestrahlt wird?</p>		
L_11.2	Ist der Lichtsensor richtig montiert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis: Die korrekte Montage ist ein wichtiger Aspekt. Die richtige Sensorposition sollte nach folgenden Gesichtspunkten überprüft werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nicht über Wärmequellen (Heizkörper, Abwärme aus Bürogeräten) montiert? • nicht direkt von der Sonne angestrahlt? • nicht in Richtung von Lichtquellen (z.B. Leuchten) gerichtet? <p>Falls der Sensor auch noch auf Bewegungen reagiert, sollte bitte der Hinweis zu L_10.3 beachtet werden, falls dies noch nicht geschehen ist.</p>		

RLT-Anlage :

Datum: _____

Bearbeiter: _____

RLT 1 Übersicht über die RLT-Anlage und die Lüftungszonen

In diesem Abschnitt wird überprüft, ob Nutzungsänderungen o.ä. im Versorgungsbereich der RLT-Anlage eine Anpassung der Betriebsparameter nötig macht. Außerdem wird die Anlage und ihre Funktion beschrieben.

RLT 1

RLT 1.1	Bezeichnung der RLT- Anlage:		
RLT 1.2	Standort im Gebäude (z.B. Raumnummer):		
RLT 1.3	Von welchem Heizkreis und Wärmeerzeuger wird/werden der/die Luftherwärmer versorgt? (Siehe Checkliste H_E und H_V)		
RLT 1.4	Von welchem Kältekreis und Kälteerzeuger wird/werden der/die Luftkühler versorgt? (Siehe Checkliste K_E und K_V)		
RLT 1.5	Anzahl der Lüftungs(Regelungs)zonen:		
RLT 1.6	Bezeichnungen:	Nutzungszone nach G 3	Bezeichnung in der GLT
RLT 1.6.1	Bezeichnung Zone 1:		
RLT 1.6.2	Bezeichnung Zone 2:		
RLT 1.6.3	Bezeichnung Zone 3:		
RLT 1.6.4	Bezeichnung Zone 4:		
RLT 1.6.5	Bezeichnung Zone 5:		
RLT 1.6.6	Bezeichnung Zone 6:		
RLT 1.6.7	Bezeichnung Zone 7:		
RLT 1.6.8	Bezeichnung Zone 8:		
RLT 1.7	<p>Hinweise wenn es in dieser Nutzungszone Nutzerbeschwerden (siehe G_3 1.18) gab oder sich die Nutzung geändert hat (siehe G_3 2): Eine relevante Änderung der Nutzung kann z.B. eine Änderung der zeitlichen Nutzungskategorie also eine Nutzungsänderung G_3 2.1 bis G_3 2.3 sein. Hat sich die Nutzungszeit der Lüftungszone geändert, ist zu prüfen, ob die Betriebszeit der zugeordneten RLT-Anlagen angepasst werden muss bzw. kann. Neben der Nutzungsdauer sind die Belegungsdichte und der Betrieb elektrischer Geräte und die damit verbundene Wärmefreisetzung relevant. Eine Änderung des Außenluftvolumenstroms kann z.B. nötig werden, wenn sich die Belegungsdichte der versorgten Räume ändert, oder die neue Nutzung besondere Anforderungen an die Lufthygiene hat.</p>		

RLT 1.8	Hinweis wenn es in der Nutzungszone Änderungen an der Gebäudehülle gab (siehe G_1): Eine Änderung der Gebäudedämmung hat meist zur Folge, dass der Heizenergiebedarf/die Heizlast sinkt und der Kühlenergiebedarf/die Kühllast zunimmt. In diesem Fall muss geprüft werden, ob die Betriebsparameter der RLT-Anlage bereits angepasst wurden bzw. ob es möglicherweise ist, den Luftvolumenstrom und/oder die Zulufttemperatur und/oder die Betriebszeiten anzupassen.			
	Charakterisierung der RLT-Anlage			
RLT 1.9	Lüftungs- und Luftbehandlungsfunktionen:			
RLT 1.9.1	Umluft (UML)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.2	Zuluft (ZUL)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.3	Abluft (ABL)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.4	Entrauchung	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.5	Heizen (H)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.6	Kühlen (K)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.7	Befeuchten (B)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.8	Entfeuchten (E)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.9.9	Wärmerückgewinnung (WRG)	<input type="checkbox"/>		
RLT 1.10	Komponenten der RLT-Anlage			
		Komponente vorhanden	Datenblatt vorhanden	Stimmen der Typ, Leistung etc. mit der Planung bzw. Dokumentation überein?
RLT 1.10.1	Zuluftventilator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.2	Abluftventilator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.3	Luftvorerwärmer (LVE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.4	Umwälzpumpe LVE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.5	Luftnacherwärmer (LNE)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.6	Umwälzpumpe LNE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.7	Luftkühler (LK)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.8	Umwälzpumpe LK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.9	Befeuchter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.10	Wärmerückgewinner (WRG)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

RLT 1.10.11	Umwälzpumpe WRG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.12	Filter-Außenluft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.13	Filter–Zu- und Abluft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.14	Filter-Umluft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.15	Außenluftklappe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.16	Umluftklappe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.17	Fortluftklappe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.10.18	Ventilator-Klappe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 1.11	Bauart der Anlage a) <input type="checkbox"/> 1-Kanal b) <input type="checkbox"/> 2-Kanal c) <input type="checkbox"/> KVS d) <input type="checkbox"/> VVS			
RLT 1.12	Regelung der Anlage: a) <input type="checkbox"/> Analog b) <input type="checkbox"/> Digital c) <input type="checkbox"/> Anbindung an GLT vorhanden			
	Hinweis: Auslegungs- und Ist–Werte für die Luftvolumenströme, Zu- und Raumlufttemperatur, und wenn ein Luftbe- bzw. –entfeuchter vorhanden ist, bitte auch die Auslegungs- und Ist–Werte für die Feuchte, in die Übersichtstabelle RLT_Ü 1 eintragen.			
RLT 1.13	Ist ein Schaltschema der Anlage vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RLT 1.14	Gibt es eine Beschreibung der Regel- und Steuerungsstrategie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RLT 1.15	Ist die Anlage klar beschriftet (Typenschilder, Lüftungszonen, Anlagenname etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RLT 1.16	Wartungsprotokolle vorhanden und in Ordnung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RLT 1.17	Beschreibung der Regelungszonen der Anlage vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RLT 1.18	Gibt es eine Beschreibung des zur Temperaturregelung angewendeten Verfahrens?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

RLT 2 Betriebszeit der RLT-Anlage:

In diesem Abschnitt wird die zeitliche Steuerung des RLT-Zentralgeräts betrachtet. Im ersten Schritt wird die Steuerungsstrategie erfasst. Sind an ein Zentralgerät mehrere Lüftungszonen mit unterschiedlicher Nutzungscharakteristik angeschlossen, sind die Überprüfungen für jede Lüftungszone durchzuführen.

RLT 2.1 Betriebsweise der RLT-Anlage

			Für diese Nutzung nach G_3 2.4 geeignet
RLT 2.1.1	zentrale Betriebszeitvorgabe mittels der Gebäudeleittechnik (GLT)	<input type="checkbox"/>	a), b), c), e), f), g), h), i), j), k), l), m)
RLT 2.1.2	Manuelle Schaltung mittels Bedientableau im Raum, überlagert mit Sperrzeiten der GLT	<input type="checkbox"/>	G_3 2.3, d)
RLT 2.1.3	Manuelle Schaltung mittels Bedientableau im Raum, überlagert mit Sperrzeiten der GLT und automatischer Abschaltung gemäß Zeitvorgabe	<input type="checkbox"/>	G_3 2.3, d)
RLT 2.1.4	Bedarfsgeführter Betrieb mittels Luftqualitäts- oder Raumtemperatursensoren	<input type="checkbox"/>	i), j)
RLT 2.1.5	Ausschließlich manuelles Schalten der Anlage	<input type="checkbox"/>	
	Hinweis zu RLT 2.1.5: Diese Schaltung sollte nicht mehr angewendet werden, da die Gefahr besteht, dass der Nutzer vergisst die Anlage wieder abzuschalten. Die Anlage sollte zeitgesteuert, nach einer bestimmten Zeit (z.B. 10 Stunden) oder zu einer bestimmten Uhrzeit (z.B. 20 Uhr) automatisch abgeschaltet werden.		
RLT 2.1.6	Art der Schaltung für die Nutzung nicht geeignet?	<input type="checkbox"/>	
	Hinweis: Ist die Schaltung der RLT-Anlage nicht geeignet, sollte versucht werden diese gemäß den Vorgaben in dieser Liste anzupassen.		

RLT 2.2: Betriebszeit des Zentralgeräts der RLT-Anlage

Nun wird die Betriebszeit des RLT-Zentralgeräts erfasst. In das Feld „Ist“ wird die eingestellte Betriebszeit eingetragen. In das Feld „Soll“ kann in Abhängigkeit der Nutzungszeit der versorgten Zone (aus G_3) eine optimierte Betriebszeit vorgeschlagen werden. Die Anlage sollte ca. eine halbe Stunde vor Nutzungsbeginn in Betrieb gehen, und mit Nutzungsende ausgeschaltet werden. Die halbe Stunde Vorlauf ist nötig, um zu Nutzungsbeginn die geforderte Luftqualität zu erreichen. Versorgt die Anlage mehrere Lüftungszonen, ist das Übersichtsblatt RLT 2.3 zu benutzen.

		Ist		Soll	
		Von	Bis	Von	Bis
	Montag_Nutz				
	Montag_Betrieb				
	Dienstag_Nutz				
	Dienstag_Betrieb				
	Mittwoch_Nutz				
	Mittwoch_Betrieb				
	Donnerstag_Nutz				
	Donnerstag_Betrieb				
	Freitag_Nutz				
	Freitag_Betrieb				
	Samstag_Nutz				
	Samstag_Betrieb				
	Sonntag_Nutz				
	Sonntag_Betrieb				

RLT 3 Luftvolumenströme

		Ja	Nein
RLT 3.1	Ist die Zuordnung der Lüftungszonen und der Teilvolumenströme dokumentiert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 3.2	Gibt es eine Übersicht der Auslegungsluftvolumenströme Zentralgerät und Lüftungszonen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 3.3	Sind Messungen der Zu- und Abluftvolumenströme und der jeweiligen aufgenommenen elektrischen Leistung bei Inbetriebnahme vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Sollten die entsprechenden Informationen nicht vorhanden sein, muss versucht werden, diese zu beschaffen.		
RLT 3.4	Gab es bei der Überprüfung der Luftdurchlässe Hinweise auf zu hohe Luftvolumenströme? Siehe Fragen ab RLT 9.5 RLT 9.3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 3.5	Gab es bei der Kontrolle der Volumenstromregler Hinweise auf zu hohe Luftvolumenströme bzw. eine schlechte Einregulierung? Siehe RLT 6 RLT 8.1 bis 0.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 3.6	a) <input type="checkbox"/> Sehr schadstoffarmes Gebäude b) <input type="checkbox"/> Schadstoffarmes Gebäude c) <input type="checkbox"/> Nicht schadstoffarmes Gebäude		
	Hinweis zu RLT 3.6: Die Schadstoffarmut ist ein Parameter, welcher für die Luftvolumenstromberechnung nach DIN EN 15251 benötigt wird (siehe auch A_RLT 1.1).		
	Generelle Hinweise zu den Luftvolumenströmen: Weitere Informationen zu den Außenluftströmen befinden sich im Anhang A_RLT 1.1. Für die Bearbeitung des Themas Außenluftströme ist außerdem das Übersichtsblatt RLT_Ü 1 notwendig. Sind die Auslegungsvolumenströme bekannt, und mit möglicherweise vorhandenen Einregulierungs- bzw. Inbetriebnahmeprotokollen abgeglichen, muss überprüft werden, ob diese Volumenströme noch für die Nutzung des Gebäudes benötigt werden. Mithilfe der Angaben zur Belegungsdichte und der Art der Tätigkeit (siehe Kapitel G 3), kann der geforderte Außenluftstrom ermittelt werden.		
	Hinweis wenn RLT 1.7 „Ja“: In diesem Fall muss immer überprüft werden, ob die Außenluftvolumenströme geändert werden müssen und können.		

RLT 4 Luftherwärmer der Anlage/Zone: _____

RLT 4.1	Bezeichnung des Luftherwärmers:		
RLT 4.2	Fabrikat und Modell:		
RLT 4.3	Leistung:	kW	
RLT 4.4	Handelt es sich bei dem Luftherwärmer um einen a) <input type="checkbox"/> Wasser/Luftherwärmer b) <input type="checkbox"/> Elektroluftherwärmer		
	Hinweis: Handelt es sich um einen Elektroluftherwärmer gehe zur Frage RLT 4.16.		
		Ja	Nein
RLT 4.5	mit eigener Umwälzpumpe (UP):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 4.6	Fabrikat und Modell der UP:		
RLT 4.7	Ist die UP a) <input type="checkbox"/> geregelt b) <input type="checkbox"/> ungeregelt		
RLT 4.8	Handelt es sich um einen a) <input type="checkbox"/> Zentralen Luftvorerwärmer b) <input type="checkbox"/> Zonnenerwärmer		
RLT 4.9	Sind die Rohrleitungen und die UP des Luftherwärmers gedämmt, und ist die Dämmung unbeschädigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Soll	Ist
RLT 4.10	Vorlauftemperatur ϑ_{VL}	°C	°C
RLT 4.11	Rücklauftemperatur ϑ_{RL}	°C	°C
RLT 4.12	Spreizung	K	K
		Ja	Nein
RLT 4.13	Stimmen die Auslegungswerte des Luftherwärmers mit der Auslegung des Heizkreises überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 4.14	Temperaturspreizung am Luftherwärmers auffällig zu hoch oder zu niedrig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Bei einer Auslegung von 70/40, also einer Auslegungsspreizung von 30 K, wäre eine auffällig hohe Spreizung z.B. >35 K und eine auffällig kleine Temperaturspreizung ≤ 15 K. Dies kann ein Hinweis auf folgende mögliche Fehler sein: <ul style="list-style-type: none"> • schlechter hydraulischer Abgleich in der Heizungsanlage • Aussenlufttemperaturfühler: vom Fühler gemessene Temperatur ist niedriger/höher als die tatsächliche Aussenlufttemperatur (siehe Hinweise in A_MSR 1.4.2 und H_E 5.3) • Zulufttemperaturfühler: vom Fühler gemessene Temperatur ist niedriger/höher als die tatsächliche Zulufttemperatur. • Regelventil hängt fest • Aussenluftklappe sitzt fest. • Raumlufttemperaturfühler: vom Fühler gemessene Temperatur ist niedriger als die tatsächliche Raumlufttemperatur. Ungünstige Montage des RT-Fühlers (nahe an einer Wärmequelle; durch Möblierung zugestellt; 		

Thermostat wird von Zuluft angeströmt).			
RLT 4.15	Keine Änderung der Temperaturspreizung trotz Änderung des Stellsignals.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Dies ist evtl. ein Anzeichen dafür, dass ein Regelventil fest hängt und kann mit Hilfe von GLT-Aufzeichnungen o.ä. ermittelt werden. Ändert sich das Stellsignal, aber der Massenstrom oder die Temperaturspreizung bleibt unverändert, ist dies ein Anzeichen dafür, dass ein Ventil o.ä. hängt. Weitere Hinweise siehe A_MSR 1.7		
RLT 4.16	ϑ_{Zu} auf konstanten Sollwert eingestellt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 4.17	Hinweis: Ein fest eingestellter Sollwert wird gewöhnlich nur bei Anlagen zur Grundlastdeckung verwendet, ansonsten wird die Zulufttemperatur geregelt.		
		Soll	Ist
RLT 4.18	Zulufttemperatur im Winter $\vartheta_{Zu, Winter}$	°C	°C
RLT 4.19	Zulufttemperatur im Sommer $\vartheta_{Zu, Sommer}$	°C	°C
RLT 4.20	Ab welcher Außentemperatur geht der Lufterwärmer außer Betrieb?	°C	°C
	Hinweis zu RLT 4.19: Spätestens wenn die Außenlufttemperatur die maximale Zulufttemperatur erreicht muss der Lufterwärmer außer Betrieb gehen, bzw. das Regelventil zu sein. Ist dies nicht der Fall, ist das ein Hinweis auf einen MSR-Fehler.		
		Ja	Nein
RLT 4.19	Wird die Ist-Zulufttemperatur nach dem Ventilator gemessen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 4.20	Gibt es Hinweise darauf, dass Lufterwärmer und -kühler gleichzeitig in Betrieb sind (Beobachtung vor Ort, Messaufzeichnungen o.ä.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Mit Ausnahme der Nacherwärmung wenn der Lüftkühler entfeuchtet, ist gegenläufiges Heizen und Kühlen unbedingt zu vermeiden. Sollte dies dennoch der Fall sein, müssen die Regelparameter, also Zulufttemperatursollwert, Inbetriebnahme Temperatur, P-Bereiche etc. überprüft werden und diese so angepasst werden, dass gegenläufiger Betrieb von Heizer und Kühler vermieden wird. Evtl. ist zu prüfen ob eine Absperrung des gleichzeitigen Betriebs möglich ist.		
	Hinweise zur Bewertung der Zulufttemperaturen: Handelt es sich um einen zentralen Luftvorerwärmer in einer Anlage mit Zonennacherwärmer zur Zonenregelung, sollte der zentrale Zulufttemperatursollwert möglichst gering gewählt werden (16–18 °C). Dies reduziert einerseits den Wärmeverlust im Luftkanal und verbessert andererseits die Regelfähigkeit der Zonennacherwärmer, da diese besser auf Lastwechsel im Gebäude reagieren können.		

RLT 5 Ventilator der RLT-Anlage:

Die Ventilatoren einer RLT-Anlage sind die größten Stromverbraucher der Anlage. Deswegen sollte die Wartung und Inspektion der Ventilatoren einen ganz besonderen Stellenwert haben.

Allgemeine Angaben zum Ventilator			
RLT 5.1	Welche Art von Ventilator ist eingebaut? a) <input type="checkbox"/> Axialventilator b) <input type="checkbox"/> Radialventilator c) <input type="checkbox"/> sonstige:		
RLT 5.2	Wie wird der Ventilator geregelt? a) <input type="checkbox"/> Bypassregelung b) <input type="checkbox"/> Drosselregelung c) <input type="checkbox"/> Drallregelung d) <input type="checkbox"/> Drehzahlregelung e) <input type="checkbox"/> Polumschaltbare Regelung (stufenweise Drehzahlregelung)		
Umrüstpfehlung zu RLT 5.2: Durch eine Drehzahlregelung (mittels Frequenzumrichter oder EC-Motor) ist eine sehr gute Anpassung des Luftvolumenstroms an den Bedarf möglich. Dadurch kann der Energieverbrauch meist deutlich gesenkt werden. Bei anderen Regelungsarten entsteht häufig ein zusätzlicher Druckabfall.			
		Soll	Ist
RLT 5.3	Luftvolumenstrom	m ³ /h	m ³ /h
RLT 5.4	Gesamtdruckdifferenz	Pa	Pa
RLT 5.5	max. Umdrehungen/min	U/min	U/min
RLT 5.6	Spezifische Ventilatorleistung (SFP):		W*m ⁻³ *s
Hinweis zu RLT 5.6: Die Kategorien sind dem Anhang A_RLT 1.4 zu entnehmen. Anlagen sollten mindestens die Kategorie SFP 4 und niedriger erfüllen. Bei Umbauten an der Anlage sollte dies beachtet werden.			
RLT 5.7	Welche Effizienzklasse hat der Ventilator?		-
Hinweis: Die Energieeffizienzklasse von Ventilatoren ist abhängig vom Systemwirkungsgrad und der Motor-Nennleistung. Die Effizienzklassen sind im Anhang unter A_K 1.5 zu finden. Die Berechnung des Systemwirkungsgrads ist ebenfalls im Anhang unter A_K 1.5 beschrieben. Umrüstpfehlung: Empfohlen werden Ventilatoren der Effizienzklasse 1.			
		Ja	Nein
RLT 5.8	Ist der Ventilator beschädigt, kaputt, korrodiert?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
RLT 5.9	Sind Leckagen am Ventilator vorhanden, die zu Druckverlusten führen?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Hinweis zu RLT 5.8 und RLT 5.9: Durch eine Sichtprüfung sollten eventuelle Schäden erkannt, soweit wie möglich beseitigt oder im Falle eines schwerwiegenden Schadens muss das Wartungspersonal der Anlage zu Rate gezogen werden. Leckagen führen zu einer kleineren Gesamtdruckdifferenz, aber der Ventilator versucht durch die Beibehaltung des Volumenstromes weiterhin die eingestellte Menge zu fördern. Dadurch erhöht sich unweigerlich der Energieverbrauch des Ventilators.			

RLT 6 Luftkanal der Anlage/Zone:

		Ja	Nein
RLT 6.1	Weisen die zugänglichen Kanalabschnitte einschließlich Brandschutzisolierung und Befestigung äußere Beschädigungen und Korrosion auf? (Sichtprüfung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 6.2	Ist die Dämmung der zugänglichen Kanalabschnitte in Ordnung? Sind die Dämmdicke und die Wärmeleitfähigkeit in Ordnung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 6.2: Luftkanäle (vor allem Zu- und Abluft) sollten in ungeheizten Gebäudebereichen und bei großen Temperaturunterschieden ausreichend gedämmt sein. Hinweise hierzu können der VDI 2055 und VDI 2087 entnommen werden. Bei Bedarf muss eine Dämmung nachgerüstet werden.		
RLT 6.3	Gibt es an der Dämmung Anzeichen für Durchfeuchtung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 6.3: Vor allem an Kanälen mit kalter Luft (z.B. Außenluftkanälen) kann es zu Kondensatbildung und Durchfeuchtung kommen. Defekte Dämmungen sollten ausgetauscht werden.		
RLT 6.4	Sind die zugänglichen Bauteilanschlüsse dicht? (Sichtprüfung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 6.5	Fehlen Abdeckungen des Luftkanals an denen die Luft ungehindert ausströmt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 6.5: Ist dies der Fall müssen v.a. bei Räumen die nicht belüftet werden Abdeckungen nachgerüstet werden.		
RLT 6.6	Gibt es Abschnitte, bei welchen mit einem hohen Druckabfall zu rechnen ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 6.6: Bereiche mit hohem Druckabfall könne z.B. enge, scharfe Abzweigungen sein oder Bauteile (BSK, VSR) die unmittelbar nach Umlenkungen montiert sind. Gibt es solche, ungünstige Einbausituationen ist zu prüfen ob eine Änderung möglich ist.		

RLT 7 Luftfilter der Anlage/Zone:

		Ja	Nein
RLT 7.1	Werden die Filter regelmäßig gewartet bzw. ausgetauscht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 7.2	Sind für die Wartung der Luftfilter Protokolle vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 7.3	Welcher Filtertyp ist verbaut?		
RLT 7.4	Stimmt der Filtertyp mit der Planung überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 7.5	Ist der Filtertyp für diese Anwendung geeignet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 7.5: Weiter Informationen zu Filteranforderungen gemäß DIN EN 13779 entnehmen sie bitte der Anlage RLT_A, A_RLT 1.2.		
RLT 7.6	Sind die Filter deutlich sichtbar verschmutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 7.6: Luftfilter haben, vor allem wenn sie dreckig und schlecht gewartet sind, einen großen Druckabfall zur Folge, was den Strombedarf des Ventilators erhöht und sich evtl. negativ auf das Regelungsverhalten der Anlage auswirkt.		
	Nachrüstempfehlung zu RLT 7.6: Beim Austausch der Luftfilter sollte darauf geachtet werden, dass diese einen geringen Druckabfall haben und eine lange Haltbarkeit.		

RLT 8 Volumenstromregler der RLT-Anlage

		Ja	Nein
RLT 8.1	Sind an den Volumenstromreglern (VSR) ausreichende Einlaufstrecken vorhanden? Empfohlen ist üblicherweise das Dreifache des Kanaldurchmessers 3D (Weitere Informationen siehe Herstellerunterlagen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 8.2	Gibt es VSR die sehr ungünstig montiert sind(z.B. nach engen, scharfe Abzweigungen.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 8.2: Gibt es solche Einbausituationen, sollte nach Lösungsmöglichkeiten gesucht werden. Z.B. muss geprüft werden ob der VSR versetzt werden kann.		
RLT 8.3	Gibt es viele Volumenstromregler die stark abdrosseln oder fast vollständig geöffnet sind?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 8.3: Dies ist evtl. ein Zeichen für eine schlecht einregulierte Lüftungsanlage. Gibt es weitere Indikatoren, wie z.B. Beschwerden über die Luftqualität durch Nutzer oder zu wenig oder zu viel Heiz- oder Kühlleistung ist zu prüfen, ob eine Einregulierung der Anlage nötig ist.		
RLT 8.4	Gibt es VSR, die Zonen versorgen die nicht mehr genutzt werden, bzw. bei welchen eine weitere maschinell Belüftung nicht mehr notwendig ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 8.4: In diesem Fall ist zu prüfen, ob der Raum oder die Zone außer Betrieb genommen und der VSR geschlossen werden kann.		

RLT 9 Klappen und Luftdurchlässe der RLT-Anlage

		Ja	Nein
RLT 9.1	Schließen alle Klappen dicht ab?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gitter und Nachströmeinrichtungen			
RLT 9.2	Wurden die Gitter und Nachströmeinrichtungen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion und Funktion geprüft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angaben zu den Luftdurchlässen			
RLT 9.3	Was für ein Luftdurchlass ist eingebaut? a) <input type="checkbox"/> Strahldurchlässe b) <input type="checkbox"/> Lochgitter c) <input type="checkbox"/> Drahtgitter d) <input type="checkbox"/> Schlitzgitter e) <input type="checkbox"/> Deckenluftverteiler f) <input type="checkbox"/> Lamellengitter g) <input type="checkbox"/> sonstige:		
RLT 9.4	Falls es Änderungen gab (Nutzung, Luftvolumenstrom), wurden die Luftdurchlässe an neue Begebenheiten, wie z.B. eine neue Belegung oder neue Einstellung des Luftvolumenstroms angepasst?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 9.4: Bei der Überprüfung sollte vor allem geschaut werden, ob sich die Nutzung des Raumes geändert hat. Die Durchlässe sollten auf die neue Nutzung bzw. den neuen Luftvolumenstrom umgestellt werden.		
RLT 9.5	Sind die Luftdurchlässe defekt, verrostet oder verschmutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 9.5: Verrostete und schmutzige Luftdurchlässe stellen eine Behinderung des Luftstroms dar. Dadurch wird evtl. nicht mehr die gewünschte		

	Temperatur und Luftqualität im Raum erreicht. Dadurch muss die RLT-Anlage evtl. versuchen ϑ_{ZU} anzupassen, was einen erhöhten Energieaufwand verursachen würde.		
RLT 9.6	Sind die Luftdurchlässe (Zu- und Abluft) verstellt worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 9.6: Bei den Luftdurchlässen sollte darauf geachtet werden, dass die ausströmende Luft nicht direkt auf den Nutzer strömt, sondern entlang der Decke bzw. Wand. Verstellte Luftdurchlässe verursachen häufig Beschwerden seitens der Nutzer. Zudem sollte darauf geachtet, dass auch die Abluftdurchlässe frei (nicht durch Gegenstände verstellt) und offen sind.		
RLT 9.7	Sind Undichtigkeiten an den Kanalanschlüssen zu erkennen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 9.8	Sind Strömungsgeräusche zu hören?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 9.8: Strömungsgeräusche an Luftdurchlässen sind Hinweise auf zu hohe Luftgeschwindigkeiten bzw. einen zu hohen Luftstrom, einen zu hohen Druckabfall im Luftdurchlass oder Undichtigkeiten. Strömungsgeräusche können auch ein Hinweis auf einen falsch eingestellten Luftvolumenstrom sein. Bitte den korrekten Luftvolumenstrom bei der RLT-Checkliste prüfen. Und wenn möglich die Einstellung des Luftdurchlassens überprüfen.		
RLT 9.9	Sind genügend Öffnungen zur Nachströmung vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 9.9: Öffnungen zur Luftnachströmung sind vor allem bei reinen Abluftanlage notwendig. Sie dienen dem Druckausgleich und sollten nicht verstellt oder verschlossen sein.		
RLT 9.10	Sind der Zu- und Abluftdurchlass räumlich genügend weit getrennt, damit hydraulische Kurzschlüsse vermieden werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 9.10: Bei zu nah beieinander liegenden Durchlässen besteht die Gefahr, dass eingeströmte Zuluft direkt abgesaugt wird und die Lüftungswirkung der Außenluft auf die Raumluftqualität nicht planmäßig wirkt.		

RLT 10 Luftbefeuchter der RLT-Anlage

RLT 10.1	Typenbezeichnung des Luftbefeuchters (Fabrikat, Modell):		
RLT 10.2	Welcher Befeuchtertyp ist eingebaut? a) <input type="checkbox"/> Dampfbefeuchter b) <input type="checkbox"/> adiabater Befeuchter		
		Soll	Ist
RLT 10.3	relative Luftfeuchte	%	%
	Hinweis zu RLT 10.3: Als Soll-Wert muss der eingestellt Raumfeuchtesollwert eingetragen werden. Der Ist-Wert sollte nur erfasst werden, wenn der Luftbefeuchter im Betrieb ist. Kommt es während des Betriebs des Luftbefeuchters zu einer großen Abweichung größer als 10% relative Feuchte), sollte die Regelung (Sitz des Befeuchters o.ä.) überprüft werden.		
	Hinweis zu RLT 10.3: Für Hinweise zu den Soll-Werten der Raumluftfeuchte siehe Anhang A_RLT 1.3.		
		Ja	Nein
RLT 10.4	Riecht es im Technikraum oder im Versorgungsbereich der RLT-Anlage feucht und modrig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 10.4: Dies ist ein Hinweis auf Undichtigkeiten o.ä., und kann einen Energiemehrverbrauch zur Folge haben. Sollte es Probleme mit Undichtigkeiten oder übermäßiger Befeuchtung geben, müssten diese Probleme auch aus hygienischen Gründen behoben werden.		
RLT 10.5	Gibt es am Luftbefeuchter Hinweise für Undichtigkeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 10.5: Hier gilt das gleiche wie im Hinweis zu RLT 10.4.		

RLT 11 Luftkühler der Anlage/Zone:

RLT 11.1	Bezeichnung des Luftkühlers:		
RLT 11.2	Fabrikat und Modell:		
RLT 11.3	Baujahr		
RLT 11.4	Leistung:	kW	
RLT 11.5	Welche Art von Kühler ist eingebaut? a) <input type="checkbox"/> Oberflächen-Luftkühler (direkt=Funktion des Verdampfers) b) <input type="checkbox"/> Oberflächen-Luftkühler (indirekt=Versorgung mit kaltem Wasser oder Sole) c) <input type="checkbox"/> Nassluftkühler (Adiabate Befeuchtung, keine Kältemaschine)		
		Ja	Nein
RLT 11.6	mit Umwälzpumpe:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 11.7	Fabrikat und Modell der UP:		
RLT 11.8	Ist die UP a) <input type="checkbox"/> geregelt b) <input type="checkbox"/> ungeregelt		
RLT 11.9	Handelt es sich um einen a) <input type="checkbox"/> Zentralen Luftkühler b) <input type="checkbox"/> Zonennachkühler		
RLT 11.10	Sind die Rohrleitungen des Luftkühlers gedämmt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 11.11	Ist die Dämmung beschädigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Soll	Ist
RLT 11.12	ϑ_{VL} des Kaltwassers	°C	°C
RLT 11.13	ϑ_{RL} des Kaltwassers	°C	°C
RLT 11.14	Spreizung	K	K
RLT 11.15	Zulufttemperatur ϑ_{ZU}	°C	°C
		Ja	Nein
RLT 11.16	Stimmen die Auslegungswerte des Luftkühlers mit der Auslegung des Kühlkreises überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 11.17	Ist die Temperaturspreizung am Luftkühler auffällig zu hoch oder zu niedrig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 11.10-RLT 11.13: Temperaturspreizung am Luftkühler zu hoch beim Soll-Ist Vergleich: <ul style="list-style-type: none"> • Regelventil hängt über dem Sollwert (zu weit geöffnet) • Außenluftklappe sitzt fest (über der Sollposition, d. h. zu weit geöffnet) • Außentemperaturfühler und Zulufttemperaturfühler falsch montiert (siehe Montagehinweise im Anhang unter A_MSR 1.4). Temperaturspreizung am Luftkühler zu niedrig beim Soll-Ist Vergleich: <ul style="list-style-type: none"> • Regelventil hängt unter dem Sollwert (zu weit geschlossen) • Außenluftklappe sitzt fest (unter der Sollposition, d. h. zu weit geschlossen) 		

	<ul style="list-style-type: none"> • Verschmutzung der Kühleroberfläche (Verkeimung durch Feuchtigkeit) • Außentemperaturfühler und Zulufttemperaturfühler falsch montiert (siehe Montagehinweise im Anhang unter A_MSR 1.4). 		
RLT 11.18	Nach welcher Größe wird der Luftkühler geregelt? a) <input type="checkbox"/> ϑ_{RA} b) <input type="checkbox"/> ϑ_{AU} c) <input type="checkbox"/> ϑ_{ZU}		
RLT 11.19	Beschreibung der Regelung:		
RLT 11.20	ϑ_{ZU} auf konstanten Sollwert eingestellt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 11.20: Ein fest eingestellter Sollwert wird gewöhnlich nur bei Anlagen zur Grundlastdeckung verwendet, ansonsten wird die Zulufttemperatur geregelt.		
		Soll	Ist
RLT 11.21	Zulufttemperatur im Kühlfall $\vartheta_{ZU, Kühl}$	°C	°C
RLT 11.22	Ab welcher Außentemperatur geht der Luftkühler außer Betrieb?	°C	°C
	Hinweis zu RLT 11.22: Dieser Wert ist wichtig um das Kühlpotential der Außenluft möglichst gut nutzen zu können. Der Luftkühler muss so eingestellt sein, das er nur in Betrieb geht wenn nötig, also wenn die Außenlufttemperatur über der Sollzulufttemperatur liegt.		
RLT 11.23	Keine Änderung der Temperaturspreizung trotz Änderung des Stellsignals.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 11.23: Dies ist evtl. ein Anzeichen dafür, dass ein Regelventil fest hängt. Weitere Hinweise und Tipps zu diesem Thema sind dem Anhang A_MSR 1.7 zu entnehmen.		
		Ja	Nein
RLT 11.24	Gibt es Hinweise darauf, dass Lufterwärmer und -kühler gleichzeitig in Betrieb sind (Beobachtung vor Ort, Messaufzeichnungen o.ä.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 11.25	Zeigen die Fühler plausible Werte an?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweise zu RLT 11.25: z.B. unplausible Werte wären: 1. $\vartheta_{ZU} \geq \vartheta_{RA}$ und Luftkühler an? 2. ϑ_{AU} unpassend zum Wetter? 3. Unrealistische Werte von ϑ_{ZU} und ϑ_{RA}</p> <p>Falls mit Nein geantwortet wurde, bitte die Fühler dann stichprobenartig überprüfen. (Siehe auch Montagehinweise im Anhang unter A_MSR 1.4)</p> <p>Hinweise zur Regelung: Gleichzeitiges Heizen und Kühlen muss vermieden werden. Der Luftkühler sollte in Abhängigkeit der Außenluft nach folgenden Gesichtspunkten geregelt werden: 1. Bei $\vartheta_{AU} < \vartheta_{ZU}$ sollte der Luftkühler ausgeschaltet bleiben und die Kühlung nur mittels Außenluft erfolgen. In der Mischkammer wird dabei Außenluft mit Abluft vermischt und so die Zulufttemperatur geregelt. Der Außenluftanteil sollte sich je nach Temperatur zwischen 20 % und 100 % bewegen.</p>		

	2. Der Luftkühler läuft durch Unterstützung von Außenluft bei: $\vartheta_{AU} \geq \vartheta_{ZU}$ und $\vartheta_{AU} \leq \vartheta_{AB}$. In diesem Fall sollte der Anteil der Außenluft 100 % betragen. Dazu sollte die Zuluft zusätzlich im Luftkühler gekühlt werden. Wenn: $\vartheta_{AU} > \vartheta_{AB}$ sollte der Luftkühler mit einem Mindestluftaußenteil von 20 % betrieben werden.		
		Ja	Nein
RLT 11.26	Treten am Kühler Leckagen auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 11.26: Durch eine Sichtprüfung sollten eventuelle Schäden erkannt, soweit wie möglich beseitigt oder im Falle eines schwerwiegenden Schadens muss das Wartungspersonal der Anlage zu Rate gezogen werden.		
RLT 11.27	Wird die Kühleroberfläche regelmäßig gereinigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RLT 11.28	Sind Vor- und Rücklauf richtig angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 11.28: Bei falsch angeschlossenem Vor- und Rücklauf sind Strömungsgeräusche zu hören. Ein weiteres Indiz dafür ist ein zu hohes ϑ_{ZU} .		
RLT 11.29	Gibt es Eisbildung am Kühler?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 11.29: Eisbildung am Kühler weist auf ein regelungstechnisches Problem hin. In Verwaltungs- und Bürogebäuden ist Eisbildung sehr außergewöhnlich, da Temperaturen unter 0 °C eigentlich nicht vorkommen. Die Verdampfer-temperatur an der Kältemaschine sollte genauer überprüft werden.		
RLT 11.30	Nur für Nassluftkühler: Werden die Tropfenabscheider regelmäßig gereinigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu RLT 11.30: Zur einwandfreien Funktion müssen die Tropfenabscheider frei von Schmutz und Korrosionsablagerungen sein. Da sich beim Nassluftkühler Wasser im Becken sammelt ist eine regelmäßige Wartung des Sammelbeckens wichtig. Kalkablagerungen weisen auf eine zu hohe Härte des Wassers hin.		

K_N Kühlung

Nutzenübergabe der Zone: _____

Datum: _____

Bearbeiter: _____

Die Nutzenübergabe der Kälte kann mittels RLT-Anlage oder Kühldecke realisiert werden. Bei der RLT-Anlage wird mit einem Luftkühler, die Zuluft gekühlt. Die Luftkühler von RLT-Anlagen und Kühldecken werden von einem Kaltwassernetz versorgt. Bitte beachten Sie zu dieser Checkliste auch den Anhang (A_K).

K_N 1.1 Nutzenübergabesystem

K_N 1.1	
K_N 1.1.1	<input type="checkbox"/> Induktionsgeräte
K_N 1.1.2	<input type="checkbox"/> Kühldecke
K_N 1.1.3	<input type="checkbox"/> Thermische Bauteilaktivierung
K_N 1.1.4	<input type="checkbox"/> Umluftgerät bzw. Gebläsekonvektor (Fan Coil)
K_N 1.1.5	<input type="checkbox"/> Fußbodenkühlung
K_N 1.1.6	Sonstiges:

K_N 1.2 Raumtemperaturregelung

K_N 1.2	
K_N 1.2.1	<input type="checkbox"/> elektronischer Regler
K_N 1.2.2	<input type="checkbox"/> programmierbarer elektronischer Regler (Zeitprofil einstellbar)
K_N 1.2.3	<input type="checkbox"/> Regelung über Lüftungsanlage
K_N 1.2.4	<input type="checkbox"/> keine Einzelraumregelung vorhanden
K_N 1.2.5	Sonstiges:

		Ja	Nein
K_N 1.3	Werden die Gebäudenutzer über Funktion und Bedienung des Heizsystems und der Raumtemperaturregelung aufgeklärt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_N 1.3: Die Gebäudenutzer sollten darüber informiert werden wie die Regeleinrichtung zu bedienen ist und funktioniert. So kann evtl. vermieden werden, dass die Räume überheizt werden und die Wärme einfach „weggelüftet“ wird.		

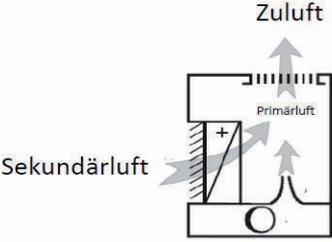
Hinweise bei Änderungen der Nutzung oder der Gebäudehülle.

K_N 1.4	Hinweise wenn es in dieser Nutzungszone Nutzerbeschwerden (siehe G_3 1.18) gab oder sich die Nutzung geändert hat (siehe G_3 2): Eine relevante Änderung der Nutzung kann z.B. eine Änderung der zeitlichen Nutzungskategorie G_3 2.1 bis G_3 2.3 sein. Hat sich die Nutzungszeit geändert, ist zu prüfen, ob die Betriebszeit des Raumes angepasst werden kann, also ob es möglich ist, den Raum in der Zeit ohne Nutzung nicht zu kühlen. Neben der Nutzungsdauer sind die Belegungsdichte und der Betrieb elektrischer Geräte und die damit verbundene Wärmefreisetzung relevant. Haben sich hierbei wesentliche Änderungen ergeben, muss geprüft werden ob die Kühlleistung angepasst werden kann.
---------	--

K_N 1.5	<p>Hinweis wenn es in der Nutzungszone Änderungen an der Gebäudehülle gab (siehe G_1): Eine energetische Sanierung der Gebäudehülle (neue Fenster, bessere Dämmung) hat meist zur Folge, dass die maximale Kühllast sinkt, über das Jahr aber häufiger gekühlt werden muss. Wurde eine solche Sanierung durchgeführt, muss geprüft werden, ob die Betriebsparameter der Kühlung bereits angepasst wurden bzw. ob es möglich ist diese Parameter anzupassen. Eine Anpassung kann durch die Anpassung der Betriebstemperaturen oder des Kaltwasserstromes erreicht werden.</p>
---------	---

K_N 2 Induktionsgeräte

Allgemeine Angaben zum Induktionsgerät			
K_N 2.1	Wo ist das Induktionsgerät eingebaut? a) <input type="checkbox"/> über der Türe b) <input type="checkbox"/> unter der Brüstung		
		Soll	Ist
K_N 2.2	ϑ_{RA}	°C	°C
K_N 2.3	$\vartheta_{VL,WA}$	°C	°C
K_N 2.4	$\vartheta_{PRIMÄR, LU}$	°C	°C
	<p>Hinweis zu K_N 2.2 – K_N 2.4: Bei Abweichungen des Soll-Ist Vergleichs muss der Grund für die Abweichung ermittelt werden. Bei K_N 1.2 und K_N 1.3 sollte überprüft werden ob die Einstellungen mit den Werten aus der RLT-Checkliste übereinstimmen. Behaglichkeitsprobleme sind auch ein Hinweis auf falsch eingestellte Induktionsgeräte.</p>		
K_N 2.5	Wie sind die Induktionsgeräte geregelt? a) <input type="checkbox"/> klappengeregelt b) <input type="checkbox"/> ventilgeregelt		
K_N 2.6	Wie wird $\vartheta_{RA, Soll}$ bei den Induktionsgeräten eingestellt? a) <input type="checkbox"/> Thermostatventil, Klappe o.ä. b) <input type="checkbox"/> direkte Eingabe an einem Display c) <input type="checkbox"/> sonstige: _____		
	<p>Umrüstpfehlung zu K_N 2.5: Ventilgeregelte Induktionsgeräte sind vorzuziehen. Bei klappengeregelten Induktionsgeräten treten Verluste durch Leckagen an den Klappen auf sowie Wärmeverluste an den Wärmetauschern.</p> <p>Hinweise zu K_N 2.6 a): Bei der Regelung mittels Raumtemperaturfühler sollte überprüft werden, ob der Raumtemperaturfühler richtig montiert worden ist (Montagehinweise im Anhang unter A_MSR 1.4.1). Nutzerbeschwerden können auch ein Indiz für einen falsch montierten Fühler sein, bzw. auf falsch geregelte Induktionsgeräte.</p>		

		Ja	Nein
K_N 2.7	Hat das Gerät sichtbare Beschädigungen, wie z. B. Rost?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_N 2.8	Funktionieren die Klappen oder Lamellen des Gerätes (lassen sie sich verstellen)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_N 2.7 und K_N 2.8: Durch eine Sichtprüfung sollten eventuelle Schäden erkannt, soweit wie möglich beseitigt oder im Falle eines schwerwiegenden Schadens muss das Wartungspersonal der Anlage zu Rate gezogen werden oder das Gerät ausgetauscht werden. Die Überprüfung der Funktionalität ist wichtig. Verstellte Induktionsgeräte stellen eine Behinderung der Übergabe dar. Verstellte Induktionsgeräte können auch Nutzerbeschwerden auslösen.		
K_N 2.9	Ist das Induktionsgerät durch Gegenstände verstellt, so dass die Zuluft nicht ohne Behinderungen in den Raum strömen kann sowie die Sekundärluft nicht nachströmen kann?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis zu K_N 2.9: Vor allem bei Brüstungsinduktionsgeräten sollte darauf geachtet werden, dass sie nicht zugestellt werden, so dass die Zuluft ohne Behinderung entweichen und die Sekundärluft in das Induktionsgerät ohne Behinderungen eindringen kann. Um das Prinzip zu verdeutlichen, siehe Bild K_N 1:</p> <p>Bild K_N 1: Bezeichnung der Luftströme in einem Induktionsgerät</p> 		
K_N 2.10	Wird das Gerät regelmäßig gereinigt? (Klappen, Wärmetauscher)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_N 2.10: Bei Induktionsgeräten sollten die Lamellen regelmäßig gereinigt werden, die oft Verschmutzungen aufweisen. Durch die Reinigung der Lamellen wird auch die Zuluftqualität für den Nutzer erhöht und ein energiesparender Betrieb ermöglicht. Falls die technische Möglichkeit besteht, sollten die Wärmeübertragerflächen vor allem sekundärluftseitig gereinigt werden. Eine Reinigung ist wichtig, da verrostete und verschmutzte Induktionsgeräte evtl. einen erhöhten Druckabfall zur Folge haben.		
K_N 2.11	Kann sich die Luftströmung im Raum ungehindert ausbreiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_N 2.11: Oft werden Brüstungsinduktionsgeräte durch Gegenstände (z. B. Taschen) verstellt. Der Nutzer ist darauf aufmerksam zu machen die Brüstungsinduktionsgeräte frei zu halten.		
K_N 2.12	Sind Undichtigkeiten an den Kanalanschlüssen zu erkennen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_N 2.12: Bei der Überprüfung auf Undichtigkeiten sollte auch die Dichtheit von Türen		

	und Fenstern überprüft werden. Alle Undichtigkeiten sollten, wenn möglich beseitigt werden.		
K_N 2.13	Sind Strömungsgeräusche zu hören?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_N 2.13: Strömungsgeräusche sind Hinweise auf zu hohe Geschwindigkeiten der Luft oder des Wassers, einen zu hohen Druckabfall im Induktionsgerät oder allgemein Undichtigkeiten. Strömungsgeräusche können auch ein Hinweis auf ein regelungstechnisches Problem sein.		

K_N 3 Kühldecken

	Allgemeine Angaben zur Kühldecke		
K_N 3.1	Welche Art von Kühldecke ist eingebaut? <input type="checkbox"/> integrierte Kühldecke (thermische Bauteilaktivierung) <input type="checkbox"/> abgehängte Kühldecke		
	Daten zur vorhanden Kühldecke:	Wert	
K_N 3.2	Kühlfläche	m ²	
		Soll	Ist
K_N 3.3	ϑ_{VL} des Kaltwassers	°C	°C
K_N 3.4	ϑ_{RL} des Kaltwassers	°C	°C
	Hinweise zur Regelung und Temperaturen von abgehängten Kühldecken: <ul style="list-style-type: none"> ϑ_{VL} des Kaltwassers sollte zwischen 16-20 °C liegen (siehe auch Auslegungsdaten) ϑ_{VL} des Kaltwassers muss mindestens um 2 K höher sein, als die Taupunkttemperatur der Raumluft (dadurch sichere Vermeidung von Kondensatanfall) Hinweise zur Regelung von Betonkernaktivierungen: <ul style="list-style-type: none"> ϑ_{VL} des Kaltwassers sollte im Sommer 18 °C betragen ϑ_{VL} des Kaltwassers muss mindestens um 2 K höher sein, als die Taupunkttemperatur der Raumluft (dadurch kann Kondensation vermieden werden) 		
		Ja	Nein
K_N 3.5	Tritt Kondenswasser auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Zu tiefe Kaltwassertemperaturen oder eine zu hohe Luftfeuchte im Raum sind Gründe, weshalb Kondenswasser entsteht.		
K_N 3.6	Gibt es Probleme mit der Hydraulik?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweise auf hydraulische Probleme sind: <ul style="list-style-type: none"> Rauschen, Blubbern Überversorgung 		

	<ul style="list-style-type: none">• Unterversorgung Indizien für hydraulische Probleme sind beispielsweise zu hohe oder zu niedrige Raumtemperaturen.
--	---

K_N 4 Luftkühler

Die Checkliste für den Luftkühler zentraler RLT-Anlagen befindet sich in der Checkliste RLT, Abschnitt 11.

K_V Kühlung_Verteilung der Anlage:

Datum: _____

Bearbeiter: _____

In diesem Kapitel wird das Verteilungsnetz der Kühlung behandelt. Es handelt sich um Kaltwasserleitungen, die die Verbindung zwischen dem Verdampfer (Erzeuger) und der Nutzenübergabe darstellen. Bitte beachten Sie zu dieser Checkliste auch den Anhang (A_K).

K_V 1 Umwälzpumpe des Kaltwasserkreises:

K_V 1.1	Allgemeine Angaben		
K_V 1.1.1	Bezeichnung des Kaltwasserkreises:		
K_V 1.1.2	Nutzungszone:		
K_V 1.1.3	Von welchem Kälteerzeuger wird der Kaltwasserkreis versorgt?		
K_V 1.1.4	Fabrikat/Modell:		
		Wert	
K_V 1.1.5	Baujahr:	-	
K_V 1.1.6	Leistung:	kW	
K_V 1.1.7	Förderhöhe:	m	
K_V 1.1.8	Volumenstrom:	m ³ /h	
		Ja	Nein
K_V 1.1.9	Herstellerunterlagen vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 1.1.10	Schaltschema vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 1.1.11	Stimmt die Bestandsanlage mit der Dokumentation überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 1.1.12	Welche Abweichungen gibt es zwischen Dokumentation und Bestand?		
K_V 1.1.13	Wartungsprotokolle vorhanden und vollständig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_V 1.1.9 bis K_V 1.1.11 und K_V 1.1.13: Sollten diese Angaben fehlen, muss versucht werden diese zu besorgen.		
K_V 1.1.14	UP mehrstufig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 1.1.15	eingestellte Stufe	-	
K_V 1.1.16	UP mit Konstant-Druck-Regelung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 1.1.17	eingestellte Förderhöhe oder andere Parameter	-	

	Hinweis zu K_V 1.1.15 und 1.1.17: Sind Auslegungswerte für diese Einstellungen vorhanden, z.B. aus der Rohrnetzberechnung? Wenn ja, bitte vergleichen.		
K_V 1.1.18	Konstant-Druck-Regelung aktiviert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 1.1.19	Hat die Pumpe eine Nachtabsenkfunktion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 1.1.20	Nachtabsenkfunktion aktiviert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

K_V 2 Betrieb der UP des Kaltwasserkreises:

Die wesentlichen Angaben zum Betrieb der jeweiligen Kältekreise (Betriebszeiten, Grenztemperaturen, Vorlauftemperaturen etc.) werden im Kapitel „Kühlung_Erzeugung“ (K_E) bearbeitet. In diesem Abschnitt werden lediglich Sonderfälle abgehandelt, welche ausschließlich die UP betreffen.

	Steuerung der UP	Ja	Nein
K_V 2.1	Geht die UP nur in Betrieb, wenn der Kälteerzeuger eingeschaltet wird (Reihenschaltung)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 2.2	Funktioniert die Reihenschaltung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_V 2.1 und K_V 2.2: Um die Funktionalität der Reihenschaltung zu überprüfen, eignen sich mehrere Verfahren. Sind Verbrauchsmessungen des Erzeugers und der Umwälzpumpe vorhanden, können diese auf Gleichzeitigkeit hin überprüft werden. Außerdem können Betriebsstundenzähler überwacht werden. Steigen die Betriebsstunden der UP deutlich schneller an als die des Erzeugers, muss nach möglichen Ursachen gesucht werden.		
K_V 2.3	Gibt es an der UP eine Nachtabsenkfunktion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn K_V 2.3 „Ja“: Manche Umwälzpumpen haben eine eigene Absenkfunktion, lesen sie bitte im Handbuch der UP nach, ob die Pumpe eine solche Funktion hat und wie man diese einschaltet und ob für die entsprechende Nutzungszone eine Absenkung möglich ist. Ob auch beim Kälteerzeuger eine Absenkfunktion aktiviert ist und ob diese aufeinander abgestimmt sind.		

K_V 3 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich eines Verteilsystems ist notwendig, damit alle Verbraucher ihren planungsgemäßen Kaltwasserstrom erhalten. Ist der hydraulische Abgleich fehlerhaft, führt dies dazu, dass Verbraucher (z.B. Kühldecken, Kühler) zu wenig oder zu viel Kaltwasser zur Verfügung haben und damit weniger bzw. mehr Leistung haben. Dies führt einerseits zum unnötigen Unterkühlen bestimmter Gebäudebereiche und zu einer Unterversorgung in anderen Gebäudebereichen. Diese Unterversorgung wird häufig durch die Änderung anderer Betriebsparameter wie der Leistung der Umwälzpumpe oder der Vorlauftemperatur kompensiert, was einen weiteren Energiemehrverbrauch zur Folge hat. Dem hydraulischen Abgleich wird bei der Bauausführung häufig nur wenig Bedeutung beigemessen, weshalb dies ein häufig vorzufindendes Problem ist. Die folgende Checkliste dient dazu Indikatoren für einen fehlerhaften hydraulischen Abgleich zu finden.

K_V 3 Bestandsaufnahme Rohrnetz

		Ja	Nein
K_V 3.1	Gibt es eine detaillierte Druckverlustberechnung und/oder eine Dokumentation des hydraulischen Abgleichs des jeweiligen Kältekreises?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis, wenn K_V 3.1 mit „Ja“ beantwortet wurde: Prüfen, ob die Einstellorgane- und armaturen gemäß den Berechnungen eingestellt sind. Bitte vergleichen Sie die Ergebnisse der Rohrnetzberechnung speziell mit dem Wert der Förderhöhe oder der Betriebsstufe mit den Einstellungen an den Umwälzpumpen. (Siehe Kapitel K_V 1.1.7 und K_V 1.1.16) Weichen die Einstellungen und die Pumpenleistung von den Rohrnetzberechnungen ab, müssen diese, bzw. der hydraulische Abgleich, angepasst werden.		
K_V 3.2	Sind seit dieser Berechnung Veränderungen am Verteilsystem vorgenommen worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Wenn K_V 3.2 mit „Ja“ beantwortet wurde: Beschreibung der Änderungen (z. B. neue Verbraucher angeschlossen, Verteilsystem ausgeweitet, Bereiche außer Betrieb genommen werden)		
	Hinweis, wenn K_V 3.2 mit „Nein“ beantwortet wurde: Wurden Änderungen am Verteilsystem vorgenommen, muss auf jedem Fall nach Indikatoren für einen fehlerhaften hydraulischen Abgleich gesucht werden (K_V 3.3–3.5).		

K_V 3.3 Mögliche Indikatoren für einen fehlerhaften hydraulischen Abgleich

		Ja	Nein
K_V 3.3.1	Gibt es Kaltwasserkreise mit einer sehr geringen Spreizung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Zeigt ein Kaltwasserkreis eine zu geringe Spreizung, z. B. 2 K, obwohl die Auslegung 6 K vorschreibt, sollte versucht werden den Kaltwasser-massenstrom zu reduzieren, z. B. durch Reduzieren der Betriebsstufe oder der Förderhöhe der UP.		
K_V 3.3.2	Zeigen die Regelvorgänge von Stellgliedern keine Wirkung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Siehe Hinweise A_MSR 1.7.		
K_V 3.3.3	Werden manche Gebäudebereiche nicht richtig gekühlt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.4	Zweirohrsystem	Ja	Nein
K_V 3.4.1	Sind an den Kälteverbrauchern Einstellorgane vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.4.2	Sind die Rücklaufverschraubungen gedrosselt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.4.3	Sind an den Kaltwasserkreisverteilern Ventileinstellungen vorgenommen worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.5	Einrohrsystem	Ja	Nein
K_V 3.5.1	Sind Volumenstromregler vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.5.2	Sind alle Volumenstromregler „offen“, also haben keine Drosselfunktion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_N 3.4.1–K_N 3.5.2: Wurde bei einer Frage das graue Feld angekreuzt, ist evtl. der hydraulische Abgleich fehlerhaft. Prüfen Sie, ob die Möglichkeit besteht einen hydraulischen Abgleich im Bestand durchzuführen. Hinweise hierzu finden sie z. B. in der VDMA 24199 Mai 2005. Für die VDI Richtlinie 2073 ist das Blatt 2 in Vorbereitung, welches ebenfalls den hydraulischen Abgleich behandelt.		

K_V 3.6: Informationen und Hinweise für die Durchführung des hydraulischen Abgleichs

		Ja	Nein
K_V 3.6.1	Einstellungen für den hydraulischen Abgleich möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.6.2	Armaturen für einen hydraulischen Abgleich vorhanden? (Strangreguliertventile, voreinstellbare Thermostatventile etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.6.3	Massenstromberechnung möglich? z.B. aus Kühllastberechnung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.6.4	Druckverlustberechnung möglich? z.B. aus Strangplänen für das Verteilsystem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 3.6.5	Ist eine Kühllastberechnung vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Wenn die Informationen aus K_V 3.6.3 und 3.6.4 vorhanden sind, können mit diesen evtl. die korrekten Einstellungen für die UP und Armaturen berechnet werden. Hinweise siehe VDMA 24199 Mai 2005.		

K_V 4 Kaltwasserkreislauf

Der Kaltwasserkreislauf ist die Verbindung zwischen der Kältemaschine und dem Kälteverbraucher. Den Kaltwasserkreislauf gibt es nur bei Systemen mit indirekter Kühlung.

K_V 4	Kaltwasserkreislauf		
		Soll	Ist
K_V 4.1	Überdruck	Pa	Pa
	<p>Hinweis zu K_V 4.2 und K_V 4.3 bei zu hoher Druckdifferenz: Eine zu hohe Druckdifferenz (Ist>Soll) kann ein Anzeichen für ein defektes Ausdehnungsgefäß sein.</p> <p>Hinweis bei zu niedriger Druckdifferenz: Eine zu niedrige Druckdifferenz (Ist<Soll) kann ein Anzeichen für auslaufende Flüssigkeit sein. Das Rohrnetz sollte auf Undichtigkeiten hin geprüft werden.</p>		
		Soll	Ist
K_V 4.2	ϑ_{VL} des Kaltwassers	°C	°C
K_V 4.3	ϑ_{RL} des Kaltwassers	°C	°C
		Wert	
K_V 4.4	Soll-Spreizung		K
K_V 4.5	Ist-Spreizung		K
		Ja	Nein
K_V 4.6	Liegt die Kaltwassertemperatur unter den empfohlenen Soll-Werten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 4.7	Ist die Kaltwassertemperatur niedriger als notwendig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 4.8	Ist Anpassung der Kaltwassertemperatur möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis zu K_V 4.4–K_V 4.9: Die empfohlenen Standardwerte von Kaltwassertemperaturen für die Kühlung durch RLT-Anlagen mittels Luftkühler sind (siehe auch Auslegungsunterlagen): 6°C/12 °C 14°C/18 °C 18°C/20 °C</p> <p>Hinweis: Wenn zusätzlich entfeuchtet wird, sind niedrigere Vorlauftemperaturen notwendig, siehe auch K_N 1.2.17</p> <p>Wenn andere Systeme der Kälteübergabe benutzt werden, sind folgende Standardwerte zu empfehlen: 8 °C/14 °C für Gebläsekonvektoren 14 °C/18 °C für Induktionsgeräte 16 °C/18 °C für Kühldecken</p>		

	<p>18 °C/20 °C für Bauteilaktivierung</p> <p>Eine Anpassung der Kaltwassertemperatur sollte grundsätzlich mit dem Kälteanlagenbauer abgesprochen werden, da eine Erhöhung der Kaltwassertemperatur Einfluss auf die Kältemaschine hat. Dies hat einen Eingriff in den Kältemittelkreislauf zur Folge, der nur durch den Kälteanlagenbauer selbst erfolgen kann.</p> <p>Eine Erhöhung der Kaltwassertemperatur ist eventuell nur unter Beachtung folgender Temperaturspreizungen möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\Delta \vartheta$ 3-7 K zwischen Verdampfertemperatur und Kaltwasservorlauftemperatur (Beispiel: $\vartheta_0=3$ °C, Kaltwasservorlauftemperatur max.=10 °C) • Zu dem muss der Kaltwasserstrom um +/-10% des Nennwasserstroms konstant gehalten werden. <p>Wenn diese Forderungen nicht erfüllt werden, können Probleme bei der Regelung der Kältemaschine auftreten.</p>
K_V 4.9	<p>Manuelle Abschaltung im Winter möglich?</p> <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>
	<p>Hinweis: Wenn die Kältemaschine im Winter nicht abgeschaltet werden kann, muss es dafür einen Grund geben. Bitte angeben:_____</p>
K_V 4.10	<p>Beträgt der Unterschied zwischen Verdampfertemperatur und Kaltwasservorlauftemperatur 3-7 K?</p> <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>
	<p>Hinweis: Das $\Delta \vartheta$ 3-7 K ist ein Richtwert für eine optimale Übertragung im Verdampfer. Falls eine Überprüfung einen höheren Wert oder niedrigeren Wert ergibt, ist bei der Wartung der Kälteanlagenbauer darauf anzusprechen.</p>

K_V 5 Undichtigkeiten und Verschmutzungen

K_V 5	Undichtigkeiten und Verschmutzungen	Ja	Nein
K_V 5.1	Gibt es im Rohrsystem Undichtigkeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 5.2	Treten in der Nähe von Leitungen Wasserflecken oder Schimmelbildung auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 5.3	Gibt es Hinweise auf Luft in der Rohrleitung (blubbern)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 5.4	Sind die Rohrleitungen verschmutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis zu K_V 5.1 bis K_V 5.4: Falls man Undichtigkeiten festgestellt hat, muss geprüft werden, ob die Undichtigkeiten aufgrund von Kondensation oder wirklich durch eine Leckage entstanden sind. Wenn die undichte Stelle gefunden wird, sollte diese abgedichtet werden.</p> <p>Über ein eventuell vorhandenes Schauglas kann man Schmutzpartikel oder Luftblasen im Medium erkennen.</p>		

K_V 6 Dämmung der Rohrleitungen

K_V 6		Ja	Nein
K_V 6.1	Sind alle Rohrabschnitte mit ausreichender Materialstärke gedämmt (siehe Hinweise im Anhang A_K 1.1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn K_V 6.1 „nein“: Sollte eine Dämmung nachgerüstet werden.		
K_V 6.2	Sind Ventile, Pumpen und Armaturen gedämmt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_V 6.3	Ist die Dämmung beschädigt oder durchfeuchtet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_V 6.2 und K_V 6.3: Wurde bei einer Frage das graue Feld angekreuzt, ist die Dämmung zu reparieren bzw. auszutauschen.		

K_E Kühlung_Erzeugung**der Anlage :****Datum:** _____**Bearbeiter:** _____

In diesem Kapitel wird das Subsystem Erzeugung des Gewerks Kühlung behandelt.

Das Subsystem beinhaltet die Bestandteile der Kältemaschine, den Kältemittelkreislauf und die Regelung der Kältemaschine. Zusätzlich wird in diesem Kapitel der Kühlwasserkreislauf samt Rückkühlung behandelt. Der Kühlwasserkreislauf verbindet den Kondensator/ Verflüssiger mit der Rückkühlung. Bitte beachten Sie zu dieser Checkliste auch den Anhang (A_K).

K_E 1 Allgemeine Angaben

K_E 1.1	Bezeichnung des Kälteerzeugers (z. B. Name in der GLT):		
K_E 1.2	Standort im Gebäude (z. B. Raumnummer):		
K_E 1.3	Hersteller:		
K_E 1.4	Typ: a) <input type="checkbox"/> Kompressions-Kältemaschine b) <input type="checkbox"/> Absorptions-Kältemaschine c) <input type="checkbox"/> Adsorptions-Kältemaschine d) <input type="checkbox"/> Sonstige: _____		
	Hinweis zu K_E 1.4 b): Falls eine Absorptions-Kältemaschine vorliegt, bitte zusätzlich K_E 9 ausfüllen. K_E 5 kann weggelassen werden.		
		Wert	
K_E 1.5	Baujahr:	-	
K_E 1.6	Nennleistung:	kW	
		Ja	Nein
K_E 1.7	Herstellerunterlagen vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 1.8	Schaltschema vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 1.9	Stimmt die Bestandsanlage mit der Dokumentation überein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 1.10	Welche Abweichungen gibt es zwischen Dokumentation und Bestand?		
K_E 1.11	Wartungsprotokolle vorhanden und vollständig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 1.12	Hinweis zu K_E 1.7 bis K_E 1.9 und K_E 1.11: Sollten diese Angaben fehlen, müssen diese gesucht und ausgewertet werden.		

K_E 1.13	Verwendetes Kältemittel:				
	<p>Hinweis zu K_E 1.13: Das Kältemittel R 22 ist seit dem 01.01.2000 in Neuanlagen in Deutschland verboten. In Bestandsanlagen darf R 22 nur bis zum 31.12.2014 nachgefüllt werden. Nach dem 31.12.2014 darf R 22 nicht mehr nachgefüllt werden, jedoch dürfen die Anlagen auch nach dem 31.12.2014 mit R 22 weiterlaufen. Hinzu kommt, dass ab dem 01.01.2010 R 22, das nachgefüllt wird, ein widerverwertetes Produkt sein muss, d.h. ab dem 01.01.2010 wird kein neues R 22 mehr hergestellt. Falls die Kältemaschine mit R 22 betrieben wird, sollte überlegt werden, R 22 durch ein anderes Kältemittel zu ersetzen, da die Preise von R 22 steigen werden. Als Ersatz für R 22 können dienen: R404A, R407C und R417A.</p>				
K_E 1.14	Beschreibung der Regelung:				
	<p>Hinweis: Grundsätze zur Regelung sind im Anhang Kühlung unter A_K 1.9 zu finden und auch unter K_V 4.8.</p>				
K_E 1.15	Anzahl der Kaltwasserkreise, die an diesen Kälteerzeuger angeschlossen sind:				
K_E 1.16	Name Kaltwasserkreis	Beschreibung des Verbrauchertyps			
		a)	b)	c)	
		RLT	Kühldecken	Thermische Bauteilaktivierung	Name der Nutzungszone, RLT-Anlage
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

K_E 1.17	<p>Hinweise wenn es in dieser Nutzungszone Nutzerbeschwerden (siehe G_3 1.18) gab oder sich die Nutzung geändert hat (siehe G_3 2): Eine relevante Änderung der Nutzung kann z. B. eine Änderung der zeitlichen Nutzungskategorie gemäß G_3 sein. Hat sich die Nutzungszeit geändert, ist zu prüfen, ob die Betriebszeit der zugeordneten Versorgungsanlagen angepasst werden muss bzw. kann. Neben der Nutzungsdauer sind die Belegungsdichte und der Betrieb elektrischer Geräte und die damit verbundene Wärme-freisetzung relevant. Haben sich hierbei wesentliche Änderungen ergeben, muss geprüft werden ob die Kälteleistung angepasst werden kann. Hinweise zur Leistungsanpassung sind den Abschnitten A_K 1.2 und K_V 4 zu entnehmen.</p>
K_E 1.18	<p>Hinweis wenn es in der Nutzungszone Änderungen an der Gebäudehülle gab (siehe G_1): Eine Sanierung der Gebäudehülle (neue Fenster, bessere Dämmung) hat meist zur Folge, dass die maximale Kühllast sinkt, über das Jahr aber häufiger gekühlt werden muss. Wurde eine solche Sanierung durchgeführt, muss geprüft werden, ob die Betriebsparameter der Kühlung entsprechend angepasst werden müssen. Gemäß ASR sollte die Raumtemperatur nicht über 26°C steigen. Mehren sich nach der Sanierung Klagen der Nutzer über zu hohe Raumtemperat-uren, kann dies ein Hinweis sein das, dass Maßnahmen zur Anpassung des Kältemaschinebetriebs notwendig sind.</p>

K_E 2 Betriebs -und Nutzungszeit der Nutzungszone:

		Ist		Alt/Soll	
		Von	Bis	Von	Bis
K_E 2.1	Montag				
	Dienstag				
	Mittwoch				
	Donnerstag				
	Freitag				
	Samstag				
	Sonntag				
	Hinweis bei Änderungen in der Nutzungszeit (siehe G_3): Es muss überprüft werden, ob eine Anpassung der Betriebszeit möglich ist. Haben sich seit der letzten Inspektion Änderungen in der Betriebszeit ergeben, muss überprüft werden, weshalb diese durchgeführt wurden.				
	Hinweis bei Änderungen in der Gebäudehülle (siehe G_1): Auch eine Änderung der Gebäudehülle kann einen Einfluss auf die optimale Betriebszeit haben. Bei einem verbesserten Wärmeschutz kann es z.B. sein, dass das Gebäude langsamer auskühlt. Wenn eine RLT-Anlage vorhanden ist, sollte in diesem Fall versucht werden die kühleren nächtlichen Außentemperaturen zur freien Kühlung zu nutzen.				
	Hinweis: Sollten sie den Eindruck haben, die Betriebszeit der Anlage ist nicht optimal, sollten sie versuchen diese schrittweise anzupassen (z.B. in 30 min-Schritten) bis es Behaglichkeitsprobleme und Nutzerbeschwerden gibt.				
K_E 2.2	Ungewöhnliche Laufzeiten der Kältemaschine			Ja	Nein
K_E 2.2.1	Ist die Kältemaschine/die UP des Kältekreises nur dann eingeschaltet, wenn es auch wirklich erforderlich ist?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 2.2.2	Gibt es Betriebsstundenzähler, mit welchen dieses überprüft werden kann?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis zu K_E 2.2.1 - K_E 2.2.2:</p> <p>Durch die Überprüfung sollte festgestellt werden, ob z. B. in der kalten Jahreszeit (z.B. von November – Februar) die Kältemaschine läuft und wenn ja, weshalb?</p> <p>Betriebsstundenzähler sind geeignet, um zu messen wie lange ein elektrischer Verbraucher in Betrieb ist. Dadurch kann man beispielsweise feststellen, dass eine Kältemaschine Ende November in Betrieb ist, obwohl ein Betrieb der Kältemaschine im November unter Umständen nicht notwendig ist.</p> <p>Umrüstempfehlung:</p> <p>Falls keine Betriebsstundenzähler eingebaut sind, sollten diese nachgerüstet werden.</p>				

K_E 2.3	Wochenendabsenkung/ -abschaltung	Ja	Nein
K_E 2.3.1	Umgesetzt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 2.3.2	Möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_E 2.3: Ist noch keine Wochenendabschaltung umgesetzt, muss geprüft werden, ob das Gebäude am Wochenende genutzt wird.		
K_E 2.4	Nachtabsenkung/ -abschaltung	Ja	Nein
K_E 2.4.1	Umgesetzt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 2.4.2	Möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn K_E 1.16 a) angekreuzt wurde, also RLT-Anlagen versorgt werden, bitte diese Fragen beantworten:

		Ja	Nein
K_E 2.5	Sind an diesen Kältekreis mehrere RLT-Anlagen angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 2.6	Erfolgt die Anforderung der Kältekreispumpe automatisch durch die RLT-Anlagen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 2.7	Hat die Kältekreispumpe eine eigene zeitliche Steuerung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_E 2.7: Die Kältekreispumpe sollte möglichst nur in Betrieb sein, wenn der Luftkühler (LK) in Betrieb ist. Daher sollte die Pumpe auf Anforderung des LK einschalten. Erfolgt keine automatische Anforderung sollte die Betriebszeit des UP an die RLT-Anlage angepasst werden, bei mehreren RLT-Anlagen müssen alle angeschlossenen Anlagen berücksichtigt werden.		

K_E 2.8 Temperaturabhängige

Steuerung des Kältekreises/Nutzungszone:

		Ja	Nein
K_V 2.8.1	Erfolgt die Inbetriebnahme außentemperaturgeführt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Soll	Ist
K_V 2.8.2	Bei welcher Außentemperatur wird der Kältekreis in Betrieb genommen?	°C	°C
	Hinweis zu K_V 2.8.2: Bei diesem Parameter muss geprüft werden, bis zu welcher Außentemperatur noch mittels der Außenluft gekühlt werden kann. Vor allem wenn mit einer RLT-Anlage gekühlt wird, muss versucht werden die Kältemaschine erst über ca. 15°C Außentemperatur einzuschalten.		
		Ja	Nein
K_V 2.8.3	Raumtemperaturgeführt gesteuert? In Abhängigkeit von Referenzräumen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Soll	Ist
K_V 2.8.4	Grenztemperatur der Raumtemperatur ab welcher der Kältekreis eingeschaltet wird.	°C	°C
	Hinweis zu K_V 2.8.3-K_V 2.8.4: Zeigen auffällig viele Räume zu hohe oder zu niedrige Temperaturen sind Maßnahmen zu ergreifen. Eine Möglichkeit ist es einen anderen Referenzraum zu wählen (z.B. nach einer Nutzungsänderung). Die Referenzräume sollten so gewählt werden, dass es in keinem Raum zu kalt wird, das Temperaturniveau insgesamt aber nicht zu hoch wird bzw. die Heizungsanlage nicht zu früh in Betrieb geht.		

K_E 3 Kältemittelkreislauf

Im Inneren der Kältemaschine durchläuft das Kältemittel den Verdichter, Kondensator, das Expansionsventil und den Verdampfer. Bei der Regelung des Kältemittelkreislaufs sind zwei Temperaturen von Bedeutung. Die Verdampfertemperatur und die Kondensations-temperatur. Beide Temperaturen werden kältemittelseitig gemessen.

K_E 3.1	Verdampfung	Soll	Ist
K_E 3.1.1	ϑ_0	°C	°C
K_E 3.1.3	p_0	Pa	Pa
K_E 3.2	Kondensation		
K_E 3.2.1	ϑ_c	°C	°C
K_E 3.2.3	p_c	Pa	Pa
<p>Hinweis zu K_E 3.1.1 - K_E 3.2.3: Beim Soll-Ist-Vergleich muss festgestellt werden, ob die Werte deutlich abweichen. Zu hohe Abweichungen weisen auf ein regelungstechnisches Problem der Kältemaschine hin. Diese Problematik sollte dem Kälteanlagenbauer mitgeteilt werden.</p>			

K_E 4 Zustand des Kälteerzeugers

K_E 4	Allgemeine Fragen zum Zustand des Kälteerzeugers	Ja	Nein										
K_E 4.1	Wartung von Fachfirma durchgeführt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
K_E 4.2	Wartungszeiträume in Ordnung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
<p>Hinweis zu K_E 4.1 und K_E 4.2: Infolge der EPBD müssen laut EnEV 2009 und DIN EN 15240 alle Kälteanlagen, die eine Kälteleistung >12 kW haben regelmäßigen Inspektionen unterzogen werden.</p> <p>Die erste Inspektion ist abhängig von der Betriebsdauer und muss gemäß folgender Tabelle erfolgen:</p> <table border="1" data-bbox="416 1532 1406 1783"> <thead> <tr> <th>Betriebsdauer am 01.10.2007</th> <th>Inspektionsdatum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>unter 4 Jahre</td> <td>10 Jahre ab Datum der Inbetriebnahme</td> </tr> <tr> <td>4 bis 12 Jahre</td> <td>bis zum 01.10.2013</td> </tr> <tr> <td>12 bis einschließlich 20 Jahre</td> <td>bis zum 01.10.2011</td> </tr> <tr> <td>über 20 Jahre</td> <td>bis zum 01.10.2009</td> </tr> </tbody> </table> <p>Anmerkung: Bei Anlagen, die nach dem 01.10.2007 in Betrieb gegangen sind, erfolgt die Inspektion alle 10 Jahre nach Inbetriebnahme.</p> <p>Alle weiteren Inspektionen erfolgen alle 10 Jahre nach der ersten Inspektion.</p>				Betriebsdauer am 01.10.2007	Inspektionsdatum	unter 4 Jahre	10 Jahre ab Datum der Inbetriebnahme	4 bis 12 Jahre	bis zum 01.10.2013	12 bis einschließlich 20 Jahre	bis zum 01.10.2011	über 20 Jahre	bis zum 01.10.2009
Betriebsdauer am 01.10.2007	Inspektionsdatum												
unter 4 Jahre	10 Jahre ab Datum der Inbetriebnahme												
4 bis 12 Jahre	bis zum 01.10.2013												
12 bis einschließlich 20 Jahre	bis zum 01.10.2011												
über 20 Jahre	bis zum 01.10.2009												

K_E 4.3	Sichtbare Leckagen oder auffällige Verschmutzungen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 4.4	Sichtbare mechanische Schäden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis zu K_E 4.3 und K_E 4.4: Es muss geprüft werden, ob die Anlage sauber und gut zugänglich ist. Dies gilt für alle Komponenten der Kältemaschine. Leckagen kann man riechen, da die gängigen Kältemittel einen auffallenden Geruch besitzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R22, leicht ätherisch • Ammoniak, stechend <p>Sollte die Anlage Auffälligkeiten aufweisen, ist eine Inspektion notwendig. Wenn die Probleme nicht selbständig behoben werden können, muss eine Fachfirma hinzugeholt werden.</p>		
K_E 4.5	Zeigen die Fühler plausible Werte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweise für unplausible Werte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ϑ_{AU} unpassend zum Wetter? • Unrealistische Werte von ϑ_{RA}, wie z. B. -5°C oder $+36^{\circ}\text{C}$ <p>Wenn nein angekreuzt wurde: bitte den Montageort des Fühlers bei den nächsten beiden Fragen (K_E 4.6 und K_E 4.7) überprüfen.</p>		
K_E 4.6	Anbringungsort des Außentemperaturfühlers richtig gewählt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 4.7	Anbringungsort des Raumtemperaturfühlers richtig gewählt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis zu K_E 4.6 und K_E 4.7: Die Kältemaschine kann nur richtig funktionieren, wenn die Fühler richtig montiert worden sind und gute Messwerte liefern.</p> <p>Hinweise zur richtigen Montage der Außentemperatur- und Raumtemperaturfühler befinden sich im Anhang unter A_MSR 1.4.1 und A_MSR 1.4.2.</p>		
K_E 4.8	Erkennt man am Schauglas Blasen oder Verfärbungen des Kältemittels (gelb, braun oder schwarz)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis: Wenn man im Schauglas Blasen erkennt, ist das ein Fehler in einem Regelungsglied, eine Folge zu hoher Umgebungstemperaturen oder von Undichtigkeiten. Die Blasen entstehen durch eine fehlende Unterkühlung. Die gelbe Verfärbung deutet auf Feuchtigkeit in der Anlage hin, die wiederum ein Hinweis auf Undichtigkeiten ist. Bei brauner oder schwarzer Verfärbung ist das ein Hinweis auf Unreinheiten in Form von kleinen Partikeln in der Anlage. Bei Blasen oder Verfärbungen ist der Kälteanlagenbauer zu Rate zu ziehen.</p>		
K_E 4.9	Ist die richtige Menge an Kältemittel vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<p>Hinweis: Die Überprüfung der Kältemittelmenge erfolgt an einem Kontrollfenster. Eine ausreichende Menge an Kältemittel ist vorhanden, wenn das Kontrollfenster ungetrübt ist und die Unterkühlung mehr als $\Delta 5\text{K}$ beträgt. Beim Auslaufen des Kältemittels wird die Unterkühlung immer geringer und die Überhitzung steigt dagegen an. Bei einer Überfüllung der Anlage mit Kältemittel nimmt die Überhitzung ab und die Unterkühlung steigt.</p>		

K_E 5 Verdichter

		Ja	Nein															
K_E 5.1	Was für ein Verdichter ist eingebaut? a) <input type="checkbox"/> Hubkolbenverdichter b) <input type="checkbox"/> Rotationskolbenverdichter (z. B. Schraubenverdichter) c) <input type="checkbox"/> Turboverdichter																	
K_E 5.2	Werden die Mindestlaufzeit nach dem Einschalten des Verdichters und die maximalen Einschaltungen pro Stunde eingehalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
	<p>Hinweis zu K_E 5.2: Beim Starten jedes Verdichters muss das ausgeworfene Öl wieder in den Verdichter zurückkehren. Deswegen benötigt der Verdichter eine Mindestlaufzeit. Wird diese Mindestlaufzeit bei mehreren aufeinanderfolgenden Schaltungen nicht eingehalten, kommt es zu Ölmangel. Dadurch kann der Verdichter geschädigt werden. Folgende Tabelle gibt Richtwerte wieder [aus Recknagel Hermann, Sprenger Eberhard, Schramek Ernst Rudolf, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 07/08]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kältemaschine</th> <th>Einschaltungen pro Stunde maximal</th> <th>Mindestlaufzeit nach Einschaltung Minuten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hubkolbenverdichter \dot{V}_h bis 50 m³/h</td> <td>8</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Hubkolbenverdichter \dot{V}_h über 50 m³/h</td> <td>6</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Schraubenverdichter</td> <td>3</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Turboverdichter</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>			Kältemaschine	Einschaltungen pro Stunde maximal	Mindestlaufzeit nach Einschaltung Minuten	Hubkolbenverdichter \dot{V}_h bis 50 m ³ /h	8	3	Hubkolbenverdichter \dot{V}_h über 50 m ³ /h	6	5	Schraubenverdichter	3	10	Turboverdichter	1	20
Kältemaschine	Einschaltungen pro Stunde maximal	Mindestlaufzeit nach Einschaltung Minuten																
Hubkolbenverdichter \dot{V}_h bis 50 m ³ /h	8	3																
Hubkolbenverdichter \dot{V}_h über 50 m ³ /h	6	5																
Schraubenverdichter	3	10																
Turboverdichter	1	20																
K_E 5.3	Gibt es auffällige Verschmutzungen, Beschädigungen oder Korrosion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
K_E 5.4	Ist die Wellenabdichtung dicht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
K_E 5.5	Tritt am Verdichter Kältemittel aus?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
	<p>Hinweis zu K_E 5.3 - K_E 5.5: Diese Überprüfungen sollten durchgeführt werden, falls der Verdichter zugänglich ist. Eventuelle Probleme sind zu melden.</p>																	
K_E 5.6	Ist der Ölstand in Ordnung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
K_E 5.7	Ist das Öl verfärbt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
	<p>Hinweis K_E 5.6 - K_E 5.7: Ein zu niedriger Ölstand verursacht Probleme beim Kältemittelkreislauf. Das Öl wird mit dem Kältemittel mitgerissen und schmiert dadurch die mechanischen Teile der Kältemaschine. Die Verunreinigung kann aus vielen Gründen geschehen: ungenügende Sauberkeit während der Montage, Ölersetzung aufgrund von Feuchtigkeit, Ölersetzung aufgrund zu hoher Drucktemperatur, Partikel vom Verschleiß beweglicher Teile, ungenügende Reinigung nach Durchbrennen des Motors. Die Anforderungen an Kältemaschinenöle sind festgelegt in der DIN 51503-1 und DIN 51503-2.</p>																	

K_E 5.8	Sind ungewöhnliche Klopfgeräusche zu hören?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Ungewöhnliche Klopfgeräusche entstehen daraus, dass der Verdichter ein Medium komprimieren möchte, das nicht komprimierbar ist, also Flüssigkeiten. Dies ist ein Hinweis für einen Fehler im System. Das Kältemittel verdampft nicht vollständig. Es gibt keine Überhitzung des Kältemittels.		
K_E 5.9	Bildet sich an der Saugleitung Reif?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Reifbildung ist ein Hinweis für ungenügend gedämmte Leitungen bzw. für Undichtigkeiten.		

K_E 6 Verflüssiger/Kondensator

K_E 6		Ja	Nein
K_E 6.1	Gibt es auffällige Verschmutzungen, Beschädigungen oder Korrosion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Verschmutzungen verursachen einen erhöhten Verflüssigungsdruck, eine verminderte Kälteleistung und einen erhöhten Energieverbrauch. Deswegen sollten die Verflüssigeroberflächen regelmäßig gereinigt werden, falls der Verflüssiger zugänglich ist.		
K_E 6.2.	Wie wird der Kondensator gekühlt? a) <input type="checkbox"/> wassergekühlt b) <input type="checkbox"/> luftgekühlt (Außenluft)		
	Umrüstempfehlung: Energetisch optimal sind wassergekühlte Verflüssiger, da Wasser eine höhere Wärmekapazität als Luft hat. Eine geringere Kapazität verursacht höhere Massenströme und größere Rohrdurchmesser. Luft hat dadurch einen höheren Transportaufwand, also einen höheren Stromverbrauch, als Wasser. Es wird empfohlen Gegenstrom-Wärmeübertrager zu nutzen, da bei dieser Art des Wärmeübertragers die Wärmeübertragung am besten ist.		

K_E 7 Verdampfer

K_E 7		Ja	Nein
K_E 7.1	Gibt es auffällige Verschmutzungen, Beschädigungen oder Korrosion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hinweis: Ein Verdampfer ist ein Wärmeübertrager. Die Übertragungsflächen regelmäßig gereinigt werden, um einen guten Wärmeübergang sicherzustellen.			

K_E 8 Absorberkreislauf

K_E 8		Ja	Nein
K_E 8.1	Wie hoch ist die Austreibertemperatur?	°C	
K_E 8.2	Welches Arbeitsstoffpaar wird verwendet?		
K_E 8.3	Hinweis: Falls Wasser als Kältemittel verwendet wird, ist auf das Überschreiten der Kristallisationsgrenze zu achten. Je niedriger die Wassertemperatur wird desto höher wird die Kristallisation. Die Zähigkeit des Wassers ist abhängig von der Temperatur. Je kälter das Wasser, desto höher die Zähigkeit. Wenn Temperaturen unter +4 °C auftreten, muss dem Kältemittel Wasser Frostschutzmittel (Glykol) hinzugegeben werden.		
K_E 8.4	Wie hoch ist die maximale Austreibertemperatur?	°C	
K_E 8.5	Gibt es auffällige Verschmutzungen, Beschädigungen oder Korrosion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 8.6	Sind Leckagen zu sehen oder zu hören?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

K_E 9 Kältespeicher

K_E 9		Ja	Nein
K_E 9.1	Wenn ein Speicher vorhanden ist: Wird der Speicher genutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hinweis: Falls ein Kältespeicher zur Verfügung steht, sollte der Betrieb der Wärmepumpe so eingestellt sein, dass dieser auch genutzt wird. Kältespeicher können zur Niedrigtarifzeit, meist nachts, beladen und später, wenn Lastspitzen entstehen entladen werden und somit einen Beitrag zur Kosteneinsparung liefern.			

K_E 10 Rückkühlung

Die Rückkühlung ist ein Teil der Erzeugung. Sie besteht aus dem Kühlwasserkreislauf, der die Verbindung zwischen der Kältemaschine und dem Rückkühlwerk darstellt. Die Rückkühlung dient dazu die Wärme aus dem Verflüssiger abzuführen.

K_E 10.1 Allgemeine Angaben zur Umwälzpumpe

K_E 10.1.1	Bezeichnung des Kühlwasserkreises:		
K_E 10.1.2	Welcher Kälteerzeuger wird durch den Kühlwasserkreislauf gekühlt?		
K_E 10.1.3	Fabrikat / Modell:		
		Wert	
K_E 10.1.4	Baujahr:	-	
K_E 10.1.5	Leistung:	kW	
K_E 10.1.6	Förderhöhe:	m	
K_E 10.1.7	Volumenstrom:	m ³ /h	
		Ja	Nein
K_E 10.1.8	UP mehrstufig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.1.9	eingestellte Stufe	-	
K_E 10.1.10	UP mit Konstant – Druck - Regelung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.1.11	eingestellte Förderhöhe oder andere Parameter	-	
K_E 10.1.12	Konstant – Druck - Regelung aktiviert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.1.13	Hat die Pumpe eine Nachtabseinkfunktion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.1.14	Nachtabseinkfunktion aktiviert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

K_V 10.2 Betrieb der UP des Kühlwasserkreises:

K_E 10.2	Steuerung der Umwälzpumpe	Ja	Nein
K_E 10.2.1	Geht die UP nur in Betrieb, wenn der Kälteerzeuger eingeschaltet wird (Reihenschaltung)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.2.2	Funktioniert die Reihenschaltung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_E 10.2.1 und K_E 10.2.2: Um die Funktionalität der Reihenschaltung zu überprüfen, eignen sich mehrere Verfahren. Sind Verbrauchsmessungen des Erzeugers und der Umwälzpumpe vorhanden, können diese auf Gleichzeitigkeit hin überprüft werden. Außerdem können Betriebsstundenzähler überwacht werden. Steigen die Betriebsstunden der UP deutlich schneller an als die des Erzeugers, muss nach möglichen Ursachen gesucht werden.		
		Wert	
K_E 10.2.3	Kühlwasservorlauftemperatur	°C	
		Ja	Nein
K_E 10.2.4	Sind am Kühlwasserkreislauf noch andere Kältemaschinen angeschlossen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.2.5	Erfolgt die Anforderung der Kühlwasserpumpe automatisch durch die Kältemaschine?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

K_E 10.3 Kühlwasserkreislauf

K_E 10.3.1	Wie wird der Kühlwasserkreislauf geregelt?		
	Hinweise: Grundsätzlich dient die Regelung dazu den Kühlwassermassenstrom konstant zu halten. Der Kühlwassermassenstrom muss für den Verdampfer konstant gehalten werden, um einen einwandfreien Kältemaschinenbetrieb zu gewährleisten.		
		Soll	Ist
K_E 10.3.2	Überdruck	Pa	Pa
	Hinweis bei zu hoher Druckdifferenz: Eine zu hohe Druckdifferenz (Ist>Soll) kann ein Anzeichen für ein defektes Ausdehnungsgefäß sein. Hinweis bei zu niedriger Druckdifferenz: Eine zu niedrige Druckdifferenz (Ist<Soll) kann ein Anzeichen für auslaufende Flüssigkeit sein. Das Rohrnetz sollte dann auf Undichtigkeiten hin geprüft werden.		
K_E 10.3.3	ϑ_{VL} des Kühlwassers	°C	°C
K_E 10.3.4	ϑ_{RL} des Kühlwassers	°C	°C

		Wert	
K_E 10.3.5	Wie hoch ist die Verflüssigungstemperatur des Kältemittels?	°C	
		Ja	Nein
K_E 10.3.6	Liegt die Kühlwassertemperatur über den empfohlenen Soll-Werten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.3.7	Ist die Kühlwassertemperatur höher als notwendig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.3.8	Ist eine Anpassung der Kühlwassertemperatur möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_E 10.3.3 - K_E 10.3.8: In der Regel beträgt der Unterschied zwischen Kühlwasservorlauf und Rücklauf $\Delta\theta$ 5-7 K. Eine zu hohe Kühlwasservorlaufstemperatur birgt erhebliche Gefahren für die Kältemaschine. Falls es zu hohe Abweichungen zwischen Ist- und Soll-Temperaturen gibt, sollte der Kälteanlagenbauer darüber informiert werden.		
K_E 10.3.9	Sind die Leitungen vor Einfrieren im Winter geschützt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.3.10	Wird eine Rohrheizung verwendet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis wenn K_E 10.3.10 „Ja“: Bitte überprüfen, ob diese im Sommer ausgeschaltet wird.		

K_E 10.4 Undichtigkeiten und Verschmutzungen

K_E 10.4		Ja	Nein
K_E 10.4.1	Gibt es im Rohrsystem Undichtigkeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.4.2	Treten in der Nähe von Leitungen Wasserflecken oder Schimmelbildung auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.4.3	Gibt es Hinweise auf Luft in der Rohrleitung (blubbern)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.4.4	Sind Rohrleitungen verschmutzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_E 10.4.1 - K_E 10.4.4: Wenn man Feuchtigkeit festgestellt hat, muss untersucht werden, ob die Feuchtigkeit aufgrund von Kondensation oder durch eine Undichtigkeit (Leckage) entstanden ist. Bei der Ursache Kondensation muss nichts unternommen werden. Falls eine Undichtigkeit vorliegt, sollte diese beseitigt werden. Über ein eventuell vorhandenes Schauglas kann man Schmutzpartikel oder Luftblasen im Medium erkennen.		

K_E 10.5 Rückkühlwerk

		Ja	Nein
K_E 10.5.1	Welches Rückkühlwerk ist vorhanden? <input type="checkbox"/> offen (zwangsbelüftet, Wasserverrieselung) <input type="checkbox"/> geschlossen (mittels Wärmeaustauschersystem) <input type="checkbox"/> andere Nutzung: _____		
K_E 10.5.2	Wird das Rückkühlwerk regelmäßig gemäß VDMA 24649 gewartet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_E 10.5.2: Auch wenn eine Wartung gemäß VDMA 24649 durchgeführt wird, wird gebeten die Checkliste durchzuarbeiten. In der Checkliste wird nicht das ganze Wartungsprogramm abgefragt, sondern Fragen, die relevant für die Energieeinsparung sind.		
K_E 10.5.3	Treten vermehrt Kalkablagerungen und Korrosionserscheinungen auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Kalkablagerungen, Korrosionserscheinungen und Biofilme sollten vermieden werden, da dies zu Legionellengefahr führt. Bei Kalkablagerungen ist die Härte des Umlaufwassers zu hoch. Kalkbildungen können die Folge von zu geringen Abflutungen oder Störungen der Erhärungsanlage sein. Kleine Kalkablagerungen können selbständig mechanisch gelöst werden, bei größeren Ablagerungen sollte, aufgrund der erhöhten Legionellengefahr, fachlich qualifiziertes Personal (Wartungsfirma) zu Rate gezogen werden.		
K_E 10.5.4	Wenn eine Beckenheizung vorhanden ist, läuft diese nur im Winter?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Es ist zu überprüfen, ob eine eventuelle Beckenheizung nur im Winter läuft und im Sommer ausgeschaltet wird.		
K_E 10.5.5	Wird der Ventilator regelmäßig gereinigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K_E 10.5.6	Ist der Ventilator frequenzgeregelt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis zu K_E 10.5.6: Der Ventilator sollte am besten in Abhängigkeit der Feuchtekugelmperatur der Luft (Kühlgrenztemperatur) oder Wasseraustrittstemperatur geregelt werden.		
K_E 10.5.7	Sind die Lufteintritts- und -austrittsöffnungen frei von Behinderungen, wie z. B. Schmutz, Blätter, damit die Luft frei durchströmen kann? Werden Sie regelmäßig gereinigt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Hinweis: Eine freie Durchströmung ist sehr wichtig, da jede Behinderung des Luftstroms der Ventilator durch eine höhere Leistung ausgleichen muss. Dies führt zu einem höheren Energieverbrauch.		