

Ulrich Mäder

Interpretation und Vorschläge zur
Darstellung der normativen
Berechnungsvorgaben bei der
energetischen Inspektion von Klimaanlage

Bachelorarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Impressum:

Copyright © 2015 GRIN Verlag
ISBN: 9783668672000

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/413248>

Ulrich Mäder

Interpretation und Vorschläge zur Darstellung der normativen Berechnungsvorgaben bei der energetischen Inspektion von Klimaanlage

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Bachelorarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
„Bachelor of Engineering“

**„Interpretation und Vorschläge zur verbesserten Darstellung
der normativen Berechnungsvorgaben bei der energetischen
Inspektion von Klimaanlageen“**

von Ulrich Mäder

Studiengang: Energiesystemtechnik

Hochschule: HS-Offenburg

Fakultät: Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Zeitraum: 11.05.2015 bis 11.08.2015

Abgabetermin: 11.08.2015

Danksagung

Eine Bachelorarbeit über die energetische Inspektion von Klimaanlage, die aktuell enorme Brisanz im Gebiet der technischen Gebäudeausrüstung besitzt, schreiben zu dürfen, ist keine Selbstverständlichkeit.

Deshalb gilt meine erste Danksagung der Schnepf Planungsgruppe Energietechnik GmbH & Co. KG und ihren Geschäftsführern.

Ebenso großer Dank gebührt meinem Betreuer Matthias Kochan, der mir stets bei schwierigen Fragen im Laufe der Bachelorarbeit beiseite stand und durch konstruktive Kritik meine Arbeit immer vorantrieb.

Auch möchte ich meinen Kollegen danken, die mit großer Geduld meine zahlreichen Fragen beantworteten.

Weiterer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott und Dipl.-Ing. Ulrich Kuttruff für die Betreuung seitens der Hochschule Offenburg.

Zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie und Freunden bedanken, die mich während meiner Bachelorarbeit unterstützt haben. Besonders danken möchte ich meinen Eltern und Großeltern, die mich während der Bachelorarbeit täglich mit gutem Essen versorgt haben und meiner Freundin Carolin, die mir oft genug während der Ausarbeitung Mut und Durchhaltevermögen zugesprochen hat.

Aufgabenstellung

Thema der Arbeit:

„Interpretation und Vorschläge zur verbesserten Darstellung der normativen Berechnungsvorgaben bei der energetischen Inspektion von Klimaanlageen“

Seit 2013 sind mit der DIN SPEC 15240 die Vorgehensweise und die Berechnungsvorschriften für die energetische Inspektion von Klimaanlageen im Zusammenhang mit der Umsetzung europäischen Rechts erstmals geregelt. Die Tatsache, dass aber bereits seit 2007 die energetische Inspektion von Klimaanlageen gesetzlich vorgeschrieben ist und diesbezügliche Vergehen mit z.T. hohen Bußgeldern geahndet werden können, untermauert die Notwendigkeit klarer Vorgaben über das Niveau einer SPEC-Norm hinaus.

Aufgrund der teilweise großen Inspektionsumfänge und angesichts des großen nationalen Handlungsbedarfs gerade im Kontext einer wirtschaftlichen Bearbeitung, ist eine klarstrukturierte Dokumentation der aufzunehmenden Daten, der festgelegten einheitlichen Randbedingungen und der erarbeiteten Ergebnisse der Inspektion zwingend erforderlich und heute nur vorschlagsweise gegeben.

Demgegenüber sind aufgrund der schnellen Umsetzung in nationales Recht keine einheitlich festgelegten Darstellungsformen für die energetische Inspektion geregelt. Berechnungsprogramme sind nicht in vollem Umfang vorhanden.

In einem ersten Schritt werden die Historie der energetischen Inspektion, die vorliegenden gesetzlichen und normativen Randbedingungen, die Vor- und Nachteile der energetischen Inspektion für den Inspekteur und seinen Kunden sowie die energetische Inspektion selbst vorgestellt. Besonderes im Vordergrund steht dabei die Interpretation und Klarstellung der Berechnung der Energiekennwerte, verbunden mit allgemeinen Aussagen zur Zweckdienlichkeit dieser Kennwerte. Hierzu sind Vorschläge zu machen, inwieweit es möglich ist, die Einheitlichkeit der Energiekennwerte zu detaillieren, um zu realistischeren Werten mit größerer Aussagekraft zu gelangen.

Abschließend wird am Beispiel einer realen RLT-Anlage eine energetische Inspektion vollzogen, um zu praxisnahen Verbesserungsvorschlägen zu gelangen, die auf dem bewertenden Vergleich der Vorgaben mit der Inspektionstätigkeit selbst beruhen.

Kurzfassung

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird die energetische Inspektion von Klimaanlage nach DIN SPEC 15240 beschrieben. Die normativen Berechnungsgrundlagen werden auf Verwendbarkeit geprüft. Bei Berechnungsschritten, welche durch die DIN SPEC 15240 noch nicht eindeutig vorgegeben sind werden Vorschläge zur einheitlichen Berechnung dieser Kennwerte gegeben.

Eine energetische Inspektion wird an einer Bestandsanlage der Hochschule Offenburg beispielhaft durchgeführt. Anhand dieser Inspektion werden die Energiekennwerte der tatsächlichen Anlage berechnet und mit der EnEV-Referenzanlage verglichen. Es werden Optimierungsmöglichkeiten der Bestandsanlage aufgezeigt, sowie eine Bewertung zu Einsparpotenzialen.

Es wird ein Berechnungsvorschlag für die Bewertung von Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen gegeben. Ebenfalls wird eine Lösung für die Berechnung der Kaltwasserverteilung bei abweichender Anlagenschematik vorgeschlagen.

Die zu inspizierende Bestandsanlage wird durch eine Absorptionskältemaschine mit Kaltwasser versorgt. Im Einzelnen ergibt sich für den Energiekennwert des Lüftungsgerätes ein Wert von **19,5** kWh/(m³/h*a) und für den Energiekennwert der Kälteerzeugung ein Wert von **0,81**.

Beide Werte sind schlechter, als die von der EnEV geforderten Referenzwerte. Daraus zeigt sich, dass die inspizierte Anlage Potenzial zur Optimierung hat.

Inhalt

Aufgabenstellung	I
Kurzfassung	II
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung.....	1
2 Historie der energetische Inspektion.....	4
2.1 Potenzial der Inspektion in Deutschland.....	4
2.2 Energetisches Einsparpotenzial der Inspektion in Deutschland	5
3 Grundlagen.....	6
3.1 RLT-Gerät.....	6
3.1.1 Definition RLT-Gerät.....	6
3.1.2 Definition Klimaanlage	7
3.1.3 Stellschrauben zur Energieeffizienz.....	8
3.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	11
3.2.1 Energy Performance of Buildings Directive.....	11
3.2.2 EnEV	11
3.3 Normative Rahmenbedingungen	12
3.3.1 DIN SPEC 15240	12
3.3.2 DIN V 18599	12
3.3.3 DIN EN 13779	14
3.3.4 DIN EN 15251	15
3.4 Energetische Inspektion	16
3.4.1 Übersicht.....	16
3.4.2 Randbedingungen	18
3.4.3 Inspektionsablauf.....	18
4 Energiekennwerte.....	21
4.1 EER.....	21
4.2 Nennwärmeverhältnis.....	25
4.3 Energiekennwert Luftaufbereitungsgerät.....	27
4.3.1 Definition	27
4.3.2 Heizung.....	28
4.3.3 Kühlung.....	28
4.3.4 Luftförderung	28

4.3.5	Befeuchtung.....	29
4.3.6	Nebenantriebe.....	29
4.3.7	Korrekturen.....	30
4.3.8	Differenzierte Betrachtung des E_{RLT}	38
4.4	Effizienzkennwert Kälteerzeugungssystem	39
4.4.1	Definition.....	39
4.4.2	EER & PLV	39
4.4.3	Rückkühlung (E_{KK}).....	41
4.4.4	Kälteverteilung (E_{KK})	41
4.4.5	Differenzierte Betrachtung des E_{KK}	48
4.5	Sorptionsproblematik.....	49
4.5.1	Primärenergienutzungszahl	49
4.5.2	Vorschlag zur Bewertung, E_{AKM}	50
5	Praktische Inspektion einer Bestandsanlage.....	52
5.1	Einleitung und Versuchsziel.....	52
5.2	Theorie.....	53
5.3	Versuchsaufbau (Beschreibung der versorgten Zonen).....	56
5.3.1	Volumenstrommessung	56
5.3.2	Messung Druckerhöhung.....	59
5.3.3	Leistungsaufnahme Ventilatoren	60
5.3.4	Messungenauigkeit.....	60
5.4	Versuchsdurchführung (Anlageninspektion)	61
5.4.1	Inspektion der Anlage	61
5.4.2	Messung der relevanten Größen	62
5.5	Messergebnisse (Dokumentation der Messwerte).....	64
5.6	Diskussion der Messergebnisse.....	70
5.7	Auswertung.....	72
5.7.1	Anlageninspektion.....	72
5.7.2	Messungen	74
5.7.3	Optimierungspotenzial Gebäude	76
5.7.4	Optimierungspotenzial RLT-Gerät.....	76
5.7.5	Einschub: Betrachtung Einbau der WRG.....	82
5.7.6	Optimierungspotenzial Kälteerzeugung.....	83
5.7.7	Optimierungspotenzial Klimakonzept	84
5.8	Zusammenfassung.....	85
6	Fazit/Ausblick.....	88

7	Literaturangaben.....	91
8	Anhang.....	93
A.1	Primärenergieeinsparung.....	93
A.2	RLT-Gerät.....	94
A.3	Bestimmung der Komponenten.....	95
A.4	Berechnung EER bei abweichenden Systemtemperaturen.....	98
A.5	Energiekennwert Luftaufbereitungsgerät (Teilergebnisse).....	99
A.6	Spezifische Rückkühlenergie	103
A.7	Verwendete Hilfsmittel bei der energetischen Inspektion	104
A.8	EnEV Referenzwerte	105
A.9	Mindestfilterklassen.....	107
A.10	Gesamtlüftungsrate.....	108
A.11	Messunsicherheiten nach DIN EN 12599	109
A.12	KWKK.....	110
A.13	Kühllastberechnung.....	112
A.14	Messen.....	116
A.15	WRG-Nachrüstung.....	117
A.16	Exceltool	121
A.17	Berechnungen	129
A.18	Druckverluste in RLT-Geräten	131

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Vermeidungskostenkurve des Gebäudesektors in Deutschland. Rot umrandet sind Teilgebiete der Optimierung von RLT-Geräten (bearbeitet [1]).....	2
Abbildung 1-2: Vermeidungskostenkurve des Industriesektors in Deutschland. Rot umrandet sind Teilgebiete der Optimierung von RLT-Geräten (bearbeitet [1]).....	3
Abbildung 3-1: Modularer Aufbau der 46 verschiedenen Anlagenvarianten [10]	12
Abbildung 3-2: Inspektionsumfang (eigene Zeichnung)	17
Abbildung 4-1: Korrekturfaktoren für die tägliche Anlagenbetriebszeit [11].....	36
Abbildung 4-2: Leistungszahl in Abhängigkeit von Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur bei Hubkolbenverdichtern, Kältemittel R134a [3].....	40
Abbildung 4-3: Beispiel eines Kaltwasser-Mehrkreisssystems zur Komfortklimatisierung, links mit klar zuzuordnenden Pumpen in den verschiedenen Verteilerkreisen nach DIN V 18599-7 und rechts mit nur zwei Pumpen für mehrere Verteilerkreise (bearbeitet[14]).....	46
Abbildung 4-4: Teillastverhalten von AKM und KKM [19]	50
Abbildung 5-1: Inspektionspflichtiges RLT-Gerät (RLT-B1/3).....	52
Abbildung 5-2: Empirischer Zusammenhang zwischen der Unregelmäßigkeit U in % des Profils und dem relativen Abstand a/Dh der Messstelle von der Störung [20]..	55
Abbildung 5-3: Messstelle Volumenstromregler [eigenes Bild]	56
Abbildung 5-4: Volumenstrommessung [hochschulinterne Quelle]	56
Abbildung 5-5: Flügelradanemometer links Handgerät [21], rechts Flügelradsonde [22]	57
Abbildung 5-6: Messstellen für Flügelradanemometer [hochschulinterne Quelle] ...	57
Abbildung 5-7: Messstelle Zuluft B038 [eigenes Bild]	58
Abbildung 5-8: Micromanometer [23]	59
Abbildung 5-9: rechts Abluftdruckmessung, links Zuluftdruckmessung; rot umrandet sind Messstutzen, grün umrandet Messgerät (eigenes Bild).....	59
Abbildung 5-10: Frequenzumformer [eigenes Bild]	60
Abbildung 5-11: Anlagenschema der Bestandsanlage [hochschulinterne Quelle]	61
Abbildung 5-12: Abluftmessstelle B040 mit a=600 mm und Dh=500 mm [eigenes Bild].....	63
Abbildung 5-13: Messwerte Abluft 038 PC-Tool	64
Abbildung 5-14: Messwerte Zuluft 038 PC-Tool.....	65
Abbildung 5-15: Messwerte Zuluft 040 PC-Tool.....	66
Abbildung 5-16: Messwerte Abluft 040 PC-Tool	66
Abbildung 5-17: Dämmung der Kälteleitung (eigenes Foto)	72
Abbildung 5-18: Motorhalterung (Zuluft) mit abgebrochene Fuß.....	73
Abbildung 5-19: Motorhalterung (Abluft) ohne Vibrationsschutz.....	73
Abbildung 5-20: min./max. Volumenstrom und ermittelter Volumenstrom im Vergleich zum geforderten Volumenstrom nach DIN EN 15251 (Kat. II nicht schadstoffarmes Gebäude)	74
Abbildung 5-21: Primärenergiebedarf in Abhängigkeit von Volumenstrom.....	75
Abbildung 5-22: Energiekennwert der Bestandsanlage mit dem Grenzwert, dem Kennwert für die gemessenen Werte, dem Kennwert mit Korrektur, dem EnEV Referenzkennwert und der möglichen Bestandsanlage mit KVS-Nachrüstung.....	76
Abbildung 5-23: Betriebspunkte der Ventilatoren gemessen (bearbeitet) [24]	78

Abbildung 5-24: Betriebszustände inklusive WRG und Filter (bearbeitet [24]).....	79
Abbildung 5-25: Aufschlüsselung des E_{RLT} in die einzelnen Primärenergien.....	80
Abbildung 5-26: Aufschlüsselung des E_{RLT} in die einzelnen Primärenergien nach Einbau KVS.....	82
Abbildung 5-27: E_{AKM} der Bestandsanlage.....	83
Abbildung 8-1: Hochrechnung der jährlichen Endenergie-Einsparpotenziale auf den Anlagenbestand [2]	93
Abbildung 8-2: Abschätzung für Wärmerückgewinnung aus Umluftanteil bei geregelten Mischkammern [7].....	99
Abbildung 8-3: Anteil Außenluft im Jahresmittel bei geregelten Mischkammern in RLT-Anlagen [7].....	100
Abbildung 8-4: Verwendete Hilfsmittel bei der Energetischen Inspektion [2].....	104
Abbildung 8-5: Funktionsprinzip KWKK [26].....	110
Abbildung 8-6: Kühllast Raum B038 (Excel Tool).....	113
Abbildung 8-7: Kühllast Raum B040 (Excel Tool).....	114
Abbildung 8-8: Gesamtkühllast der versorgten Zonen (Excel Tool)	115
Abbildung 8-9: Kalibrierschein Micromanometer	116
Abbildung 8-10: WRG-Angebot Seite 1	117
Abbildung 8-11: WRG-Angebot Seite 2	118
Abbildung 8-12: WRG-Angebot Seite 3	119
Abbildung 8-13: WRG-Angebot Seite 4	120
Abbildung 8-14: Dokumentation (Excel Tool)	121
Abbildung 8-15: Parameter für die Variantenauswahl nach DIN V 18599-3 (Excel Tool)	122
Abbildung 8-16: Berechnung des E_{RLT} (Excel Tool).....	123
Abbildung 8-17: Vergleich EnEV und Bestandsanlage (Excel Tool)	124
Abbildung 8-18: Kälteverteilung (Excel Tool)	125
Abbildung 8-19: Nutzungsparameter und Art der Rückkühlung (Excel Tool).....	126
Abbildung 8-20: Kältemaschine nach EnEV und Absorptionskälte (Excel Tool)	127
Abbildung 8-21: Berechnung E_{AKM} (Excel Tool)	128

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Lüftungs- und Klimaanlage[n] [4]	6
Tabelle 3-2: Pauschale Faktoren zur Schätzung der Energieeinsparpotenziale von Einzelempfehlungen im Bereich der Raumlufttechnik [2]	8
Tabelle 3-3: Spezifische Energiekennwerte (Auszug) [11]	13
Tabelle 3-4: Jährliche relative Komponentennutzungszeit (Auszug) [11].....	13
Tabelle 3-5: Klassifizierung der spezifischen Ventilatorleistung [12].....	14
Tabelle 3-6: Erweiterte PSFP für zusätzliche Bauteile [4].....	14
Tabelle 3-7::Beispiele für empfohlene Lüftungsraten [13]	15
Tabelle 3-8: Stufen der energetischen Inspektion [7]	16
Tabelle 4-1: Standardwert Nennkälteleistungszahl EER für wassergekühlte Kompressionskältemaschinen [14].....	22
Tabelle 4-2:Nennkälteleistungszahl EER für Raumklimasysteme größer 12 kW luftgekühlt [14]	22
Tabelle 4-3:Standardwert Nennkälteleistungszahl EER für luftgekühlte Kompressionskältemaschinen [14].....	23
Tabelle 4-4:Baualtersfaktor [14]	23
Tabelle 4-5: EER [8]	24
Tabelle 4-6: Nennwärmeverhältnis Teillastfaktoren und mittlere Nutzungsfaktoren Rückkühlung für Ab- und Adsorptionskälteanlagen [14]	26
Tabelle 4-7: Nennwärmeverhältnis (Fortsetzung) [14]	26
Tabelle 4-8: Spezifische Energiekennwerte (Auszug) [11]	28
Tabelle 4-9: Einfluss der Korrekturen bei $\Phi_{rec} = 0,52$, $\theta_{Zul} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $t_{Betrieb} = 10\text{ h}$	37
Tabelle 4-10: Prozentuale Änderung über Korrekturen der Rückwärmzahl, der Zulufttemperatur und der Betriebszeit	37
Tabelle 4-11: Die Anzuwendenden Temperaturen des Kühlmediums und Zeitanteile im Vergleich (ESEER nach Eurovent) [3]	40
Tabelle 4-12:Elektrischer Energieaufwand der Verteilung [14].....	43
Tabelle 4-13: Richtwerte für Nutzungszeiten Raumkühlung und RLT-Kühlung bei bedarfsgeregeltem Betrieb (Auszug) [14].....	44
Tabelle 4-14: Jährliche Betriebszeit der Pumpen [14]	44
Tabelle 5-1: Erforderliche Anzahl der Messpunkte als Funktion des relativen Abstands a durch D_{hvon} einer Störstelle und der relativen Messunsicherheit [20].	53
Tabelle 5-2: Relativer Wandabstand der Schwerlinien [20].....	54
Tabelle 5-3: Messunsicherheiten.....	60
Tabelle 5-4: Messwerte Abluft B038 Schwerlinienverfahren	64
Tabelle 5-5: Messwerte Zuluft B038 Schwerlinienverfahren.....	64
Tabelle 5-6: Messwerte Zuluft B040 Schwerlinienverfahren.....	65
Tabelle 5-7: Druckerhöhung und Leistungsaufnahme der Ventilatoren	66
Tabelle 5-8: Lufttemperaturen	67
Tabelle 5-9: Sollwerttemperaturen	67
Tabelle 5-10 Feststellung der Lüftungsanlage.....	67
Tabelle 5-11: Feststellung der Kälteanlage	68
Tabelle 5-12: Kühlleistungen der Verteilerkreise versorgte Zonen	68
Tabelle 5-13: Feststellung Kaltwasserverteilung	68